

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

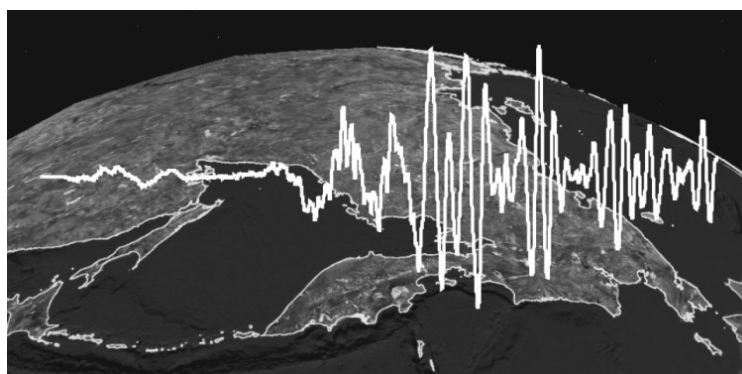
Российская академия наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Единая геофизическая служба Российской академии наук»
Камчатский филиал

Российский фонд фундаментальных исследований

**Седьмая научно-техническая конференция
Проблемы комплексного геофизического
мониторинга Дальнего Востока России**

**29 сентября – 5 октября 2019 г.
г. Петропавловск-Камчатский**



**П Р О Г Р А М М А
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

Петропавловск-Камчатский

2019

Оргкомитет конференции:

Сопредседатели:

Гордеев Е. И. – академик РАН, Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;

Маловичко А. А. – член-корр. РАН, ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск;

Чебров Д. В. – канд. физ.-мат. наук, ФИЦ ЕГС РАН, Камчатский филиал, г. Петропавловск-Камчатский

Ученый секретарь конференции:

Кугаенко Ю. А., – канд. физ.-мат. наук, ФИЦ ЕГС РАН, Камчатский филиал, г. Петропавловск-Камчатский

Быков В. Г. – докт. физ.-мат. наук, Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, г. Хабаровск;

Гусяков В. К. – докт. физ.-мат. наук, Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск;

Еманов А. Ф. – докт. тех. н., ФИЦ ЕГС РАН, Алтай-Саянский филиал, г. Новосибирск;

Завьялов А. Д. – докт. физ.-мат. наук, Институт физики Земли РАН, г. Москва;

Копылова Г. Н. – докт. геол.-мин. наук, ФИЦ ЕГС РАН, Камчатский филиал, г. Петропавловск-Камчатский;

Кочарян Г. Г. – докт. физ.-мат. наук, Институт динамики геосфер РАН, г. Москва;

Левин Б. В. – член-корр. РАН, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск;

Левин Ю. Н. – ФИЦ ЕГС РАН, Сахалинский филиал, г. Южно-Сахалинск;

Марапулец Ю. В. – докт. физ.-мат. наук, Институт космофизических исследований и распространения радиоволн, Камчатский край;

Озеров А. Ю. – докт. геол.-мин. наук, Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;

Ребецкий Ю. Л. – докт. физ.-мат. наук, Институт физики Земли РАН, г. Москва;

Салтыков В. А. – докт. физ.-мат. наук, ФИЦ ЕГС РАН, Камчатский филиал, г. Петропавловск-Камчатский;

Селезнев В. С. – докт. физ.-мат. наук, ФИЦ ЕГС РАН, Сейсмологический филиал, г. Новосибирск;

Собисевич А. Л. – докт. физ.-мат. наук, Институт физики Земли РАН, г. Москва;

Сторчак Д. А. – канд. физ.-мат. наук, Международный центр сейсмологических данных (ISC), Англия;

Фирстов П. П. – докт. физ.-мат. наук, ФИЦ ЕГС РАН, Камчатский филиал, г. Петропавловск-Камчатский;

Шапиро Н. М. – докт. физ.-мат. наук, Парижский институт физики Земли, г. Париж

Шершаков В. М. – докт. техн. наук, НПО «Тайфун», г. Обнинск.

Программный комитет (Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН):

Чебров Д. В., канд. физ.-мат. наук;

Кугаенко Ю. А., канд. физ.-мат. наук;

Абубакиров И. Р., канд. физ.-мат. наук;

Воропаев П. В.;

Дрознина С.Я.

Макаров Е. О., канд. физ.-мат. наук;;

Матвеев Е. А., канд. физ.-мат. наук,

Нуждина И.Н.,

Павлов В. М., канд. физ.-мат. наук,

Салтыков В. А., докт. физ.-мат. наук,

Сенюков С. Л., канд. геол.-мин. наук,

Серафимова Ю. К.,

Фирстов П. П., докт. физ.-мат. наук.

Чеброва А.Ю., канд. физ.-мат. наук;

Чемарев А.С.

Шакирова А.А.

Тематика конференции

- геофизический мониторинг современных геодинамических процессов на Дальнем Востоке России;
- сейсмичность, сейсмическая опасность;
- технические и программные средства геофизического мониторинга;
- исследование предвестников землетрясений и извержений вулканов;
- моделирование в геофизике;
- цунами: опасность и предупреждение.

Проведение конференции поддержано научным проектом РФФИ № 19-05-20104.

Понедельник, 30 сентября 2019 г.

8:30	17:30	Регистрация участников конференции
9:30	10:00	Открытие конференции
10:00	10:30	<i>Гордеев Е.И.</i> История создания и становления Камчатской опытно-методической сейсмологической партии – Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН
	Пленарный доклад	
10:30	11:00	<i>Чебров Д.В.</i> Развитие системы комплексных сейсмологических и геофизических наблюдений на Камчатке и ее сопряжение с аппаратно-программным комплексом «Безопасный город»
	Пленарный доклад	
11:00	11:30	<i>Ребецкий Ю.Л.</i> Глобальное поле тектонических напряжений, новые результаты
	Пленарный доклад	
11:30	12:00	Перерыв. Общая фотография участников конференции на ступенях института. Кофе
<i>Секция «Геофизический мониторинг современных геодинамических процессов на Дальнем Востоке России»</i> <i>Председатели: д.ф.-м.н. П.П. Фирстов, д.г.-м.н. Г.Н. Копылова.</i>		
12:00	12:15	<u><i>Сдельникова И. А., Стеблов Г.М.</i></u> Спутниковый геодезический мониторинг деформационных процессов в зонах субдукции
12:15	12:30	<u><i>Виляев А. В., Жантаев Ж.Ш.</i></u> Мониторинг современных геодинамических процессов на территории Казахстана методами спутниковой геодезии
12:30	12:45	<u><i>Чибисова М.В., Рыбин А.В., Дегтерев А.В.</i></u> Спутниковый мониторинг вулканической активности на Курильских островах
12:45	13:00	<i>Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Петрова В.В., Пилипенко О.В., Рашидов В.А., Трусов А.А.</i> Комплексные исследования подводных вулканов Центральной части Курильской островной дуги
13:00	14:30	Обед

Понедельник, 30 сентября 2019 г.
**Секция «Геофизический мониторинг современных геодинамических процессов
на Дальнем Востоке России»**
Председатели: д.ф.-м.н. П.П. Фирстов, д.г.-м.н. Г.Н. Копылова.

14:30	14:45	<u>Копылова Г.Н., Болдина С.В.</u> Скважинные уровнемерные наблюдения в системе геофизического мониторинга на Камчатке
14:45	15:00	<u>Болдина С.В., Копылова Г.Н.</u> Гидрогеодинамические эффекты сильных землетрясений 2017-2018 гг.
15:00	15:15	<u>Еманов А.Ф., Бах А.А., Еманов А.А.</u> Стоячие волны в зданиях и сооружениях сложных конструкций и алгоритмические основы непрерывного мониторинга.
15:15	15:30	<u>Павлова В.Ю., Акбашев Р.Р., Бубнов А.Б., Василюк И.Н.</u> Опыт применения геофизических методов исследований для решения прикладных задач в сфере строительства (Камчатский край)
15:30	15:45	<u>Останчук А.А., Ружич В.В., Павлов Д.В., Беседина А.Н., Горбунова Э.М., Григорьева А.В.</u> Мультидисциплинарный подход диагностики состояния приповерхностного разлома
15:45	16:00	<u>Любушин А. А., Копылова Г.Н., Рожной А.А.</u> Анализ когерентности данных радиоволнового мониторинга за период наблюдений 2000-2018 гг.
16:00	16:15	Перерыв, кофе
16:15	16:30	<u>Лисунов Е.В.</u> Сейсмическая активность территории Приморского края за период 2013-2018 годы
16:30	16:45	<u>Лиходеев Д.В., Преснов Д.А., Славина Л.Б., Нумалов А.С.</u> Изучение скоростного строения зоны субдукции Камчатки с использованием принципа обратимой волны
16:45	17:00	<u>Нагорский П.М., Корольков В.А., Кобзев А.А., Капустин С.Н., Кабанов М.М., Пустовалов К.Н., Смирнов С.В., Тельминов А.Е.</u> Развитие опасных и неблагоприятных метеорологических явлений по данным пилотного образца измерительно-вычислительной сети ИМКЭС СО РАН, предназначенной для условий Крайнего Севера
17:00	17:15	<u>Будилов Д.И., Акбашев Р.Р., Фирстов П.П., Макаров Е.О.</u> Организация системы наблюдений за параметрами геофизических полей вблизи вулкана Эбеко
17:15	17:30	<u>Акбашев Р.Р., Фирстов П.П.</u> Электризация эруптивных облаков эксплозий вулкана Эбеко и их особенность
17:30	17:45	<u>Дружин Г.И., Малкин Е.И., Фирстов П.П., Чернева Н.В., Уваров В.Н., Санников Д.В., Стасий И.Е.</u> Общие принципы создания локальной сети наблюдений за грозowymi разрядами на активных вулканах полуострова Камчатка
17:45		Дискуссия

Вторник, 1 октября 2019 г.

Секция «Моделирование в геофизике»
Председатели: канд. физ.-мат. наук Д.В. Чебров

9:30	9:45	<u>Гоев А.Г., Косарев Г.Л., Санина И.А., Ризниченко О.Ю.</u> Об устойчивости моделирования скоростного разреза методом функций приемника
9:45	10:00	<u>Долгая А.А., Рашидов В.А.</u> Информационно-поисковая автоматизированная система для работы с данными профильных геофизических исследований и станций драгирования, выполненных в рейсах НИС «Вулканолог» в 1977-1991 гг.
10:00	10:15	<u>Жостков Р.А.</u> Численное моделирование вибросейсмического воздействия при использовании сейсмических барьеров
10:15	10:30	<u>Жостков Р.А.</u> Численное моделирование глубинного зондирования покрытого льдом моря
10:30	10:45	<u>Хубуня С.А., Гонтовая Л.И., Максимов А.П., Хубуня В.С.</u> О магматических очагах, гетерогенности мантии и разноглубинных мантийных источниках базальтов под ключевской группой вулканов (камчатка)
10:45 – 11:00		Перерыв, кофе
11:00	13:00	СТЕНДОВАЯ СЕССИЯ Представление стендовых докладов, 1-3 слайда, ~3 мин.
13:00	14:00	Обед

Вторник, 1 октября 2019 г.

Секция «Сейсмичность, сейсмическая опасность»

Председатели: д.ф.-м.н. Ю.Л. Ребецкий, к.ф.-м.н. Д. Сторчак

- | | | |
|-------|-------|---|
| 14:00 | 14:15 | <u>Storchak Dmitry A.</u> , James Harris, Konstantinos Lentas, Lonn Brown, Domenico Di Giacomo and Kathrin Lieser. ISC Datasets for Seismology |
| 14:15 | 14:30 | Ребецкий Ю.Л. Тектонофизические возможности в выделении участков коры опасных для сильных землетрясений |
| 14:30 | 14:45 | <u>Ландер А.В.</u> , Абубакиров И.Р., Кугаенко Ю.А., Павлов В.М., Салтыков В.А., Титков Н.Н. Существует ли "молчащий" слэб под Командорскими островами? Еще раз о Командорской сейсмической брешии |
| 14:45 | 15:00 | Кучай М.С., <u>Славина Л.Б.</u> К оценке поля напряжений западного сегмента Алеутско-Командорского блока по данным кинематического параметра V_p/V_s и механизмам очагов землетрясений |
| 15:00 | 15:15 | Чебров Д.В., Ландер А.В., <u>Кугаенко Ю.А.</u> , Абубакиров И.Р., Дрознина С.Я., Митюшкина С.В., Павлов В.М., Салтыков В.А., Титков Н.Н., Чеброва А.Ю. Землетрясение Углового Поднятия и условия тектонического растяжения в северо-западном углу Тихоокеанской плиты |
| 15:15 | 15:30 | Кожурин А.И. Активные разломы Центральной Камчатки: параметры, сейсмический потенциал |
| 15:30 | 15:45 | <u>Еманов А.А.</u> , Еманов А.Ф., Фатеев А.В. Эволюция сейсмичности Горного Алтая после Чуйского землетрясения |
| 15:45 | 16:00 | <u>Бурмин В.Ю.</u> , Шемелева И.Б., Аветисян А.М., Казарян К.С. Пространственное распределение землетрясений Кавказа |
| 16:00 | 16:15 | Перерыв, кофе |
| 16:15 | 16:30 | <u>Санина И.А.</u> , Волосов С.Г., Ризниченко О.Ю. 15 лет малоапертурной группе "Михнево" ИДГ РАН. Результаты и перспективы |
| 16:30 | 16:45 | <u>Добрынина А.А.</u> , Саньков В.А., Чечельницкий В.В. Оцифровка и анализ исторических подземных ядерных взрывов на территории Восточной Сибири |
| 16:45 | 17:00 | Лутиков А.И., Андреева Н.В., <u>Габсатарова И.П.</u> , Донцова Г.Ю., Карпенко Л.И. Оценка сейсмической опасности северо-востока РФ (Магаданская область) |
| 17:00 | 17:15 | Писаренко В.Ф., <u>Родкин М.В.</u> Применение методов теории экстремальных значений для оценки сейсмической опасности |
| 17:15 | 17:30 | Любушин А.А. Модуляция свойств фоновых процессов в земной коре неравномерностью вращения Земли |
| 17:30 | 17:45 | <u>Богинская Н.В.</u> , Костылев Д.В., Ичиянаги М., Такахаси Х. Совместное использование возможностей сейсмических сетей о. Хоккайдо и Южных Курильских островов |
| 17:45 | | Дискуссия |

Среда, 2 октября 2019 г.

ЭКСКУРСИИ

Четверг, 3 октября 2019 г.

Секция «Исследование предвестников землетрясений и извержений вулканов»

Председатели: д.ф.-м.н. А.Д. Завьялов, д.ф.-м.н. В.А. Салтыков

9:30	9:45	<i>Завьялов А.Д.</i> Карта ожидаемых землетрясений камчатки на 2013–2018 гг. – успехи и неудачи
9:45	10:00	<i>Федотов С.А., Соломатин А.В., Кирюхин А.В.</i> Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на IX 2019 – VIII 2024 гг.; развитие сейсмического процесса региона в 2018–2019 гг.
10:00	10:15	<i>Бенкендорф О.В., Боков В.Н., Лебедев С.В., Чебров Д.В.</i> Мониторинг геофизических предвестников и триггерных эффектов – основа краткосрочного прогноза землетрясений
10:15	10:30	<i>Копылова Г.Н., Юсупов Ш.С., Серафимова Ю.К., Шин Л.Ю.</i> Гидрогеохимические предвестники землетрясений (по данным наблюдений на Камчатке и в Узбекистане)
10:30	10:45	<i>Беседина А.Н.</i> Анализ параметров низкочастотного микросейсмического фона на Камчатке по данным широкополосной сети
10:45	11:00	<i>Коновалова А.А.</i> Проявление сейсмических аномалий перед сильными землетрясениями Камчатки
11:00	11:15	Перерыв, кофе
11:15	11:30	<i>Гаврилов В.А., Богданов В.В., Бусс Ю.Ю., Морозова Ю.В., Павлов В.В., Гашева О.В.</i> Опыт совместного использования данных комплексных скважинных измерений и результатов ежедневного мониторинга состояния ионосферы при подготовке заключений о сейсмической опасности для Камчатского края
11:30	11:45	<i>Салтыков В.А., Черепанцев А.С., Кугаенко Ю.А., Воропаев П.В.</i> Исследование приливной компоненты сейсмических шумов на камчатке в 2017–2019 гг.
11:45	12:00	<i>Фирстов П.П., Макаров Е.О.</i> Динамика подпочвенного радона и молекулярного водорода в 2018–2019 гг.
12:00	12:15	<i>Антонова В.П., Крюков С.В., Луценко В.Ю., Малимбаев А.М.</i> Предвестники землетрясений в вариациях атмосферного электрического поля и в интенсивности медленных нейтронов на высокогорной станции Тянь-Шаня
12:15	12:30	<i>Широков В.А., Кролевец А.Н.</i> Долгосрочно-краткосрочный прогноз мировых землетрясений с магнитудой $M_w \geq 9.0$ до 2800 г. по данным событий с 1700 г. на основе использования целочисленных резонансных ритмов
12:30	12:45	<i>Родкин М.В.</i> Новый закон сейсмологии?
12:45	13:00	
13:00	14:30	Обед

Четверг, 3 октября 2019 г.

Секция «Исследование предвестников землетрясений и извержений вулканов»

Председатели: д.ф.-м.н. А.Д. Завьялов, д.ф.-м.н. В.А. Салтыков

- | | | |
|-------|-------|--|
| 14:30 | 14:45 | <u>Добрынина А.А.</u> , Чечельницкий В.В., Макаров С.А., Рыбченко А.А. Сейсмологический мониторинг селевых процессов |
| 14:45 | 15:00 | <u>Кугаенко Ю.А.</u> , Салтыков В.А., Воропаев П.В., Абкадыров И.Ф. Пробуждение (seismic & magmatic unrest) Удинских вулканов по сейсмологическим данным |
| 15:00 | 15:15 | <u>Славина Л.Б.</u> , Кучай М.С. К оценке вулканической активности и состояния магматического вещества района вулканов Толбачик – Удина по кинематическому параметру Vp/Vs вулканических землетрясений |

Секция «Технические и программные средства геофизического мониторинга»

Председатели: д.ф.-м.н. Селезнев В.С., к.ф.-м.н. Кугаенко Ю.А.

- | | | |
|-------|-------|--|
| 15:15 | 15:30 | <u>Чеброва А.Ю.</u> , Чемарев А.С., Матвеев Е.А. Единая информационная система сейсмологических данных КФ ФИЦ ЕГС РАН в 2019 г. |
| 15:30 | 15:45 | <u>Чемарев А.С.</u> , Чеброва А.Ю. Интерактивная карта землетрясений как интерфейс доступа к сейсмологическим данным |
| 15:45 | 16:00 | <u>Ларионов И.А.</u> Аппаратно-программный комплекс сбора и обработки геофизических данных |
| 16:00 | 16:15 | Перерыв, кофе |
| 16:15 | 16:30 | <u>Селезнев В.С.</u> , Лисейкин А.В., Адилов З.А., Кречетов Д.В. Мониторинг состояния плотин гидроэлектростанций на основе анализа изменений собственных частот |
| 16:30 | 16:45 | <u>Лисейкин А.В.</u> , Селезнев В.С. Оценка реакции инженерных сооружений на сейсмические воздействия, основанная на методе когерентного восстановления полей стоячих волн |
| 16:45 | 17:00 | <u>Преснов Д.А.</u> , Агафонов В.М., Груздев П.Д., Собисевич Л.Е. Автономный буй ледового класса обеспечивающий регистрацию геогидроакустических сигналов в широком диапазоне частот |
| 17:00 | 17:15 | <u>Гравиров В.В.</u> , Лиходеев Д.В., Кислов К.В., Долов С.М. Прецизионные электронные термосенсоры для корректировки инструментального теплового шума сейсмических устройств |
| 17:15 | 17:30 | <u>Костылев Д.В.</u> , Богинская Н.В. Об опыте использования молекулярно-электронных сейсмических датчиков на Сахалине и Южных Курилах |
| 17:30 | 17:45 | <u>Горнушкин Ю.А.</u> Применение мюонной радиографии для исследований внутренней структуры кратера вулканов |
| 17:45 | | Дискуссия |

Пятница, 4 октября 2019 г.

Секция «Цунами: опасность и предупреждение»

Председатель: д.ф.-м.н. Л.Б. Чубаров, д.г.-м.н. Т.К. Пинегина

9:30	10:00	<i>Козелков А.С., Куркин А.А., Пелиновский Е.Н., Тятюшкина Е.С.</i> Современные тенденции в моделировании волн цунами
		<i>Бейзель С.А., Гусев О.И., Кихтенко В.А., Чубаров Л.Б.</i> Методика локального вероятностного цунамирайонирования (РТНА) и её реализация для побережья Камчатки
10:00	10:15	
10:15	10:30	<i>Пинегина Т.К., Базанова Л.И., Зеленин Е.А., Выдрин Д.С., Хомчановский А.Л., Батанов Ф.И.</i> Повторяемость и параметры цунами на побережье Кроноцкого залива по данным изучения их отложений
10:30	10:45	<i>Пунапенко В.В., Шестаков Н.В.</i> Предупреждение о цунами для российского побережья Японского моря: перспективы использования GPS/ГЛОНАСС
10:45	11:00	<i>Ивельская Т.Н., Золотухин Д. Е., Семенова Е.П.</i> Уточнение пороговой магнитуды для объявления тревоги цунами при возникновении сильного землетрясения у тихоокеанского побережья островов Японского архипелага
11:00	11:15	Перерыв, кофе
11:15	11:30	<i>Ландер А.В., Пинегина Т.К.</i> Методика формирования синтетического каталога цунамигенных землетрясений и ее программная реализация для камчатской зоны субдукции.
11:30	11:45	<i>Королев Ю.П., Лоскутов А.В.</i> Оперативный прогноз цунами по данным ближайших к очагу глубоководных станций, содержащих шумы сейсмического происхождения.
11:45	12:00	<i>Королев П.Ю., Королев Ю.П.</i> Основные характеристики цунами в океане по данным глубоководных станций.
12:00	12:15	<i>Рангелов Б., Кайстренко В.М., Чунг Дж.Ю.</i> Цунами-подобные возмущения уровня океана у берегов антарктиды, вызванные отколами айсбергов. Некоторые обобщения.
12:15	12:30	<i>Тятюшкина Е.С., Козелков А.С., Куркин А.А., Пелиновский Е.Н.</i> Особенности моделирования цунами оползневоего происхождения в рамках уравнений Навье-Стокса
12:30	12:45	<i>Чебров Д.В.</i> Региональный информационно-обрабатывающий центр «Петропавловск» в системе предупреждения о цунами на Дальнем Востоке России
12:45		Дискуссия. Закрытие конференции.
		Обед
14:30	18:00	Рабочие встречи. Посещение Камчатского регионального информационно-обрабатывающего центра КФ ФИЦ ЕГС РАН и сейсмостанции «Петропавловск». Поездка по городу.
		Вечером – ДРУЖЕСКОЕ МЕРОПРИЯТИЕ

Стендовая сессия, 30 сентября - 4 октября 2019 г.

Представление стендовых докладов состоится во вторник, 1 октября 2019 г., в 11-00. Докладчикам предлагается кратко представить свой стендовый доклад (1-3 слайда, 3 мин.). Постеры могут находиться на стендах в течение всего времени работы конференции.

Стендовые доклады секции «Геофизический мониторинг современных геодинамических процессов на Дальнем Востоке России»

Валитов М.Г., Прошкина З.Н., Кулинич Р.Г., Колпацникова Т.Н. Изучение приливных вариаций силы тяжести в зоне перехода от континента к Японскому морю

Воропаев П.В., Кугаенко Ю.А., Салтыков В.А. Мониторинг Ключевской группы вулканов с использованием методики Статистической Оценки Уровня Сейсмичности (СОУС'09) в 2017-2019 гг.

Воропаев П.В., Кугаенко Ю.А., Салтыков В.А. Мониторинг сейсмоактивных областей Камчатского региона с использованием методики Статистической Оценки Уровня Сейсмичности (СОУС'09) в 2017-2019 гг.

Копылова Г. Н., Касимова В.А., Любушин А.А., Болдина С.В., Таранова Л.Н. Эффекты когерентности в изменениях параметров фонового сейсмического шума, Камчатка, 2011-2017 гг.

Кусонский О. А., Бебнев А.С., Бородин П.Б., Черепанова Е.А. Опыт наблюдения региональных аномалий векового хода магнитного поля Земли

Лемзиков М. В. Механизмы очагов вулcano-тектонических землетрясений вулкана Ключевской

Лобачева М.А., Фирстов П.П., Акбашев Р.Р., Будилов Д.И. Сейсмические и акустические сигналы, сопровождавшие извержения вулкана Эбеко (остров Парамушир) в конце 2018 г. – начале 2019 г. и их особенности

Рассказов И.Ю., Федотова Ю.В., Саксин Б.Г. Сеть сейсмического мониторинга Стрельцовского рудного поля

Сенюков С.Л., Нуржидина И.Н., Дрозина С.Я., Кожеевникова Т.Ю., Назарова З.А., Соболевская О.В. Мониторинг активности вулканов северных Курильских островов по данным Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН в 2002-2019 гг.

Шакирова А.А., Фирстов П.П. Периоды возникновения сейсмического режима «drumbeats» во время извержения вулкана Кизимен в 2011 г., обусловленные движением лавового потока по склону

Стендовые доклады секции «Моделирование в геофизике»

Бурмин В.Ю., Кугаенко Ю.А. Уточнение параметров скоростной модели в районе Удинских вулканов по данным о локальных землетрясениях

Жостков Р.А. Численное моделирование распространения поверхностных волн в средах с физическими и геометрическими неоднородностями

Хритова М.А., Мордвинова В.В., Кобелева Е.А., Кобелев М.М., Сенюков С.Л., Назарова З.А. Скоростная глубинная структура земной коры и подкоревой мантии Камчатки по продольным приемным функциям далеких землетрясений

Стендовые доклады секции «Сейсмичность, сейсмическая опасность»

Абубакиров И.Р., Павлов В.М. Массовое определение механизмов очагов Камчатских землетрясений 2014 г. по региональным волновым формам

Алешина Е.И., Курткин С.В., Карпенко Л.И. Исследование региональной сейсмичности на объектах «Хвостохранилище ГОКа «Лунное» и «Хвостохранилище №2, №3 Омсукчанской ЗИФ» Магаданской области

Аптикаева О.И. Очаговые зоны Ванских землетрясений 1976 и 2011 гг. в поле поглощения S-волн

Аширов Б.М., Бектурганова Б. Сейсмические наблюдения в Казахстане сетью "СОМЭ"

Ведерников Е.И., Карпенко Л.И. Чукотский полуостров: сейсмический режим территории

Габдрахманова Ю.В. Сопоставление записей трех северокавказских ядерных испытаний по данным магнитных станций

Добрынина А.А., Чечельницкий В.В., Макаров С.А. Изучение сейсмических эффектов селя на р. Кынгара (республика Бурятия)

Казаков Д.В., Антипов С.М., Нуржумаев Н.О. Создание системы раннего оповещения о сильном землетрясении для г. Алматы

Каримов Ф.Х. О чередовании коровой и мантийной сейсмичности

Кролевец А.Н., Широков В.А. Интерпретация афтершоковых последовательностей некоторых из сильнейших землетрясений Камчатки

Пигулевский П. И., Шумлянская Л.А., Бурмин В.Ю., Герасименко О.А. Результаты оценки параметров очага землетрясений в Азовском море 10 октября 2018 г.

Чеброва А.Ю., Митюшкина С.В., Шевченко Н.А. Результаты работы по улучшению качества и однородности каталога землетрясений Камчатки и Командорских островов

Чеброва А.Ю., Матвеев Е.А., Митюшкина С.В., Раевская А.А. Камчатский сейсмологический бюллетень: исторический очерк

Сенюков С.Л., Нуржидина И.Н., Дроздина С.Я., Кожевникова Т.Ю., Назарова З.А., Соболевская О.В. Пространственно-временной анализ сейсмичности района вулканов Плоский Толбачик, Удина, Зимины и реки Толуд в 2000-2019 гг. для оценки возможного извержения потухшего вулкана Удина

Сенюков С.Л., Соболевская О.В., Кожевникова Т.Ю., Абкадыров И.Ф. Уточнение параметров землетрясений в районе вулканов Удина и Зимины в 2018 г. по данным сети временных станций

Черкашин Р.И., Дубровская И.К., Муравьев Я.Д. Сейсмический фактор в деформационных процессах и подготовке извержений вулкана Ключевской (Камчатка)

Широков В. А., Кролевец А.Н. Использование целочисленных резонансных ритмов для прогноза сильнейших мировых землетрясений с моментной магнитудой $M_w=9.0$ и более до 2400 года

Яроцкий Г.П. Хаилинский высокомагнитудный центр – оценка признаков активизации (?) в период 2006-2018 гг. (Корякский сейсмический пояс)

Стеновые доклады секции «Исследование предвестников землетрясений и извержений вулканов»

Бенкендорф О.В., Боков В.Н., Лебедев С.В., Чебров Д.В. Инициирование деформационных процессов при различных типах механизма очага землетрясений

Богданов В.В., Павлов А.В. Оценка прогностической эффективности ионосферных предвестников для камчатского региона

Дубровская И.К., Широков В.А. Использование эффекта группирования слабых коровых землетрясений континентальной части полуострова Камчатка для краткосрочного прогноза времени возникновения сильных мировых событий

Кравченко Н.М., Коновалова А.А. Аномалии сейсмического затишья перед Ближне-Алеутским землетрясением 17 июля 2017 г.

Кузьмин Ю.Д., Руленко О.П. Термодинамический и газовый мониторинг Верхне-Паратунской гидротермальной системы с целью изучения ее отклика на внешние воздействия

Мальшев А.И., Мальшева Л.К. Статистический алгоритм прогнозирования потока сейсмической энергии

Полетаев В.А. Некоторые особенности поведения химических элементов в напряженных средах (с целью прогноза землетрясений)

Полетаев В.А., Рябинин Г.В., Кузьмин Ю.Д. Геолого-гидродинамические особенности Пиначевского и Верхне-Паратунского полигонов мониторинговых наблюдений

Серафимова Ю.К., Широков В.А. Долгосрочный прогноз сильных ($M \geq 7.5$) землетрясений на основе их связи с лунным 18.613 г. и солнечным 22-летним циклами по методу фазовых траекторий: методические особенности

Чебров Д.В., Салтыков В.А., Серафимова Ю.К. О деятельности Камчатского филиала Российского экспертного совета в 2017–2019 гг.

Черкашин Р.И., Муравьев Я.Д., Дубровская И.К. Сейсмический фактор в деформационных процессах и подготовке извержений вулкана Ключевской (Камчатка)

Широков В.А., Серафимова Ю.К. О группировании сильных землетрясений в Курило-Камчатском регионе и районе о. Сахалин

Щекотов А.Ю., Копылова Г.Н., Будилова Е.А., Серафимова Ю.К. О прогнозировании камчатских землетрясений по данным электромагнитных наблюдений

Щекотов А.Ю., Чебров Д.В. Прогноз положения эпицентров камчатских землетрясений на основе их пространственной статистики и данных электромагнитных измерений

Стендовые доклады секции «Технические и программные средства геофизического мониторинга»

Волович О.Г., Салтыков В.А. Комплекс программ построения карт представительности каталога землетрясений

Гравиров В.В., Кислов К.В., Котов А.Н. REMSDAS-2 - портативная модульная система сбора температурных и сейсмических данных

Лисунов Е.В., Горелов П.В. Результаты сейсмологических и гравиметрических наблюдений на территории Приморского края в 2018 г.

Носкова Н.Н., Виноградов Ю.А. О возможности регистрации сейсмическими станциями сигналов от фрагментов ракет-носителей

Ромашева Е.И., Матвеев Е.А., Чеброва А.Ю. Создание цифрового архива бумажных сейсмограмм: первые результаты

Уваров В.Н. Спектроскопия импеданса в геофизике

Хомутов С.Ю. Прикладные аспекты мониторинга температуры на обсерватории "Паратунка"

Черепанцев А.С. Метрологические аспекты регистрации высокочастотного сейсмического излучения с помощью широкополосного акселерометра

Щекотов А.Ю., Беляев Г.Г., Кобзев В.А. Индукционные датчики магнитного поля (конструкция, обслуживание, калибровка)

Яцук В.В., Дроздин Д.В., Головицкова И.А., Конев А.А., Ушаков В.В., Некрасова М.Ю., Арбугаева О.В. Сеть радиотелеметрических сейсмических станций Камчатки

Яцук В.В., Сергеев В.А., Конев А.А., Иванов В.Ю., Некрасова М.Ю., Арбугаева О.В. Система видеонаблюдений за активными вулканами Камчатки

Яцук В.В., Чебров Д.В., Дроздин Д.В., Сергеев В.А., Конев А.А., Некрасова М.Ю., Арбугаева О.В. Программно-аппаратные комплексные пункты наблюдения за активными вулканами Камчатки

Стендовые доклады секции «Цунами: опасность и предупреждение»

Багдасарова Е. П. Состояние системы связи СПЦ

Ототюк Д.А., Губанова А.А., Нановский В.М., Чебров Д.В. Результаты работы РИОЦ "Петропавловск" в 2017–2019 гг.

Рожной А.А., Соловьева М.С., Шалимов С.Л., Левин Б.В., Шевченко Г.В., Лоскутов А.В., Чебров Д.В., Копылова Г.Н., Коркина Г.М. Воздействие прохождения волн цунами на нижнюю ионосферу.

Хорошавина Я.А., Червова В.А., Феофанов В.А. Модернизация гидрофизической сети побережья Камчатки. Результаты.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Пленарные доклады

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНЫХ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА КАМЧАТКЕ И ЕЕ СОПРЯЖЕНИЕ С АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСОМ «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД» КАМЧАТСКОГО КРАЯ

Чебров Д. В.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: danila@emsd.ru

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН ведет сейсмический и геофизический мониторинг Камчатки, данные которого представляют огромный интерес, прежде всего, для фундаментальной науки. Землетрясения и извержения вулканов, особенно сильнейшие, дают ключ к пониманию деталей внутреннего строения Земли и физическим процессам, происходящим в ее глубинах. Кроме того, эти явления представляют огромную опасность для населения. Поэтому при проведении детального мониторинга уделяется особое внимание вопросам организации оперативного оповещения органов власти о происходящих опасных явлениях. В составе КФ ФИЦ ЕГС РАН функционируют подразделения, которые выполняют эту обязанность в рамках Службы срочных донесений (ССД), Службы предупреждения о цунами (СПЦ), службы мониторинга вулканической активности. Кроме того, функционирует Камчатский филиал Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска (КФ РЭС), который регулярно формирует комплексные экспертные заключения о сейсмической обстановке на Камчатке.

Предполагается, что информация должна использоваться органами управления РСЧС для поддержки принятия решений в случае угрозы стихийного бедствия или при планировании и проведении ликвидации его последствий. Однако до настоящего времени практическая оценка сейсмической или вулканической обстановки и выработка управленческих решений требуют постоянной экспертной поддержки. Это снижает оперативность реагирования на угрозы, возникающие вследствие стихийных бедствий. Таким образом, стоит задача обеспечения адаптации результатов сейсмического и вулканического мониторинга для обеспечения формализованной оценки текущей обстановки.

В данной работе обсуждаются первые результаты сопряжения Системы мониторинга с РСЧС. В рамках этой работы была поставлена задача снизить степень экспертной поддержки при выработке управленческих решений в контуре РСЧС при угрозе землетрясений, цунами и извержений вулканов, а также в случае ликвидации их последствий.

В качестве площадки для сопряжения был выбран Аппаратно-программный комплекс «Безопасный город». Приводятся сведения об интеграционном шлюзе между КФ ФИЦ ЕГС РАН и АПК БГ, через который реализуется информационный обмен и планы его дальнейшего развития. Обсуждается состав данных, которые передаются в РСЧС, а также возможности автоматизации процессов поддержки принятия решений по соответствующим рискам и угрозам. Затрагивается вопрос о базовых требованиях к системе сейсмического и вулканического мониторинга, которая должна включаться в контур АПК БГ.

ГЛОБАЛЬНОЕ ПОЛЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ, НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Ребецкий Ю.Л.

Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, г.Москва, e-mail: reb@ifz.ru

Выполнена тектонофизическая реконструкция глобального поля коровых напряжений по сейсмологическим данным GLOBAL CMT. Использованы данные о 43664 фокальных механизмах землетрясений. Инверсия напряжений осуществлена методом катакластического анализа разрывных смещений. Дается анализ основных закономерностей напряжений в зонах спрединга, субдукции и для внутриконтинентальных орогенов. Показана ключевая роль в объяснении механизма формирования движения литосферных плит напряжений состояния вблизи зон спрединга. Максимальное

горизонтальное сжатие в зонах спрединга и вблизи них в большинстве случаев параллельно простиранию их осей. Таким образом, единственным источником движения литосферных плит остаются силы со стороны зон субдукции. Показано, что в зонах субдукции происходит резкая смена напряженных состояний при переходе через океанических желоб. В коре континентального склона имеет место режим горизонтального сжатия, а в океанической литосфере – горизонтального растяжения. Дается сопоставление полученных данных о природных напряжениях с различными моделями глобального напряженного состояния, рассчитываемого в рамках оценок роли динамической топографии.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В МОДЕЛИРОВАНИИ ВОЛН ЦУНАМИ

Козелков А.С.^{1,2}, Куркин А.А.², Пелиновский Е.Н.², Тятюшкина Е.С.^{1,2}

¹*Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики», г. Саров,*

²*Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.А. Алексеева,
г. Нижний Новгород
askozelkov@mail.ru*

Существующие стратегии численного моделирования цунами несейсмического происхождения, как, впрочем, и сейсмического, подразумевают использование различных моделей на разных стадиях, от образования начального возмущения на поверхности до наката волн на сушу. Современный уровень развития вычислительных технологий, которые уже применяются в инженерной практике при проектировании высокотехнологичных технических изделий, позволяет перевести моделирование в проблеме цунами на качественно новый уровень. Адаптация и доработка существующих алгоритмов численного решения уравнений Навье-Стокса позволит объединить моделирование всех стадий цунами воедино, что, несомненно, скажется на качестве исследований процесса в целом. Уровень развития схем дискретизации позволит с достаточной детализацией описывать требуемые отдельные физические и амплитудные характеристики, а адаптация существующих суперкомпьютерных технологий ускорения расчета позволит в приемлемые сроки просчитать распространение цунами на любые расстояния. В настоящей работе представлено описание технологии расчета цунами, основанной на уравнениях Навье-Стокса [1, 2]. Представлено описание полностью неявного метода интегрирования и технология ускорения расчетов, основанная на многосеточном методе, позволяющая моделировать цунами в реальных акваториях Мирового океана [1]. Метод реализован в пакете программ ЛОГОС – программном продукте инженерного анализа, предназначенном для решения сопряженных трехмерных задач конвективного теплопереноса, аэродинамики и гидродинамики на параллельных ЭВМ [2].

1. Kozelkov A.S., Kurkin A.A., Pelinovsky E.N., Tyatyushkina E.S., Kurulin V.V., Tarasova N.V., *Landslide-type tsunami modelling based on the Navier-Stokes Equations // Science of tsunami Hazards, Journal of Tsunami Society International, 2016, vol. 35, №3, p.106-144.*
2. Kozelkov A. S., Kurkin A. A., Pelinovskii E. N., Kurulin V. V. and Tyatyushkina E. S., *Modeling the Disturbances in the Lake Chebarkul Caused by the Fall of the Meteorite in 2013 // Fluid Dynamics, 2015, V. 50, N. 6, p. 134–149.*

Секция «Геофизический мониторинг современных геодинамических процессов на Дальнем Востоке России»

ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ЭРУПТИВНЫХ ОБЛАКОВ ЭКСПЛОЗИЙ ВУЛКАНА ЭБЕКО И ИХ ОСОБЕННОСТЬ

Акбашиев Р.Р., Фирстов П.П.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, arr@emsd.ru

Во время эксплозий вулкана Эбеко, расположенного вблизи города Северо-Курильск (7.2 км), происходят пепловые выбросы на высоту до 4-5 км. Часто эруптивные облака этих эксплозий сносит в сторону г. Северо-Курильск. На базе сейсмологической станции Сахалинского филиала геофизической службы был установлен комплекс аппаратуры, в том числе два датчика вертикальной составляющей электрического поля атмосферы (E_z ЭПА) на разных высотах от дневной поверхности. Мониторинг E_z ЭПА позволяет регистрировать прохождение эруптивных шлейфов над г. Северо-Курильск. В докладе приведены результаты натурных наблюдений за период октябрь 2018 г.- июнь 2019 г.

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ВУЛКАНОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КУРИЛЬСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ.

**Блох Ю.И.², Бондаренко В.И.³, Долгаль А.С.⁴, Новикова П.Н.⁴,
Петрова В.В.⁵, Пилипенко О.В.⁶, Рашидов В.А.¹, Трусов А.А.⁷**

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ²Москва;

³Костромской ГУ им. Н.А. Некрасова, г. Кострома,

⁴Горный институт УрО РАН, г. Пермь,

⁵Геологический институт РАН, г. Москва,

⁶Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва

⁷ЗАО «ГНПП Аэрогеофизика», г. Москва,

e-mail: rashidva@kscnet.ru

С помощью эффективной технологии количественной интерпретации материалов гидромагнитной съемки в комплексе с эхолотным промером, непрерывным сейсмоакустическим профилированием и анализом естественной остаточной намагниченности и химического состава драгированных горных пород, проведено изучение подводных вулканов и вулканических массивов центральной части Курильской островной дуги, в состав которой входят три подводные вулканические зоны: Расшуа, Симуширская и Броутона. Со склонов и вершин подводных вулканических построек драгированы эффузивные и интрузивные породы, а также значительное количество железомарганцевых образований. Получены данные о составе зерен-носителей естественной остаточной намагниченности, петрографическом и минеральном составе драгированных пород; установлено время, и место их кристаллизации. В породах ряда вулканических массивов обнаружены вторичные минеральные ассоциации, которые являются индикаторами проявления высокотемпературных гидротермальных систем. Установлено, что большие значения естественной остаточной намагниченности образцов обусловлены высоким содержанием однодоменных и псевдооднодоменных зерен титаномагнетита и магнетита. В подводных вулканических постройках выделены периферические магматические очаги и подводящие каналы, оконтурены застывшие магматические системы. Сделаны предположения о времени образования этих построек и установлено, что формирование их происходило в периоды глобальных геомагнитных возмущений. На склонах некоторых подводных вулканических массивов обнаружены находящиеся в гравитационно-неустойчивом состоянии линзы осадочных отложений, создающие потенциальную опасность возникновения подводных цунамигенных оползней.

ГИДРОГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 2017-2018 ГГ.

Болдина С.В., Копылова Г.Н.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, gala@emsd.ru

Приводятся методика расчетов и оценки величин объемной косейсмической деформации водовмещающих пород при сильных удаленных землетрясениях 2017-2018 гг. по данным регистрации косейсмических скачков в изменениях уровня воды в скважине ЮЗ-5 (Петропавловский

геодинамический полигон, ПГП) и по модели Okada, 1985. Косейсмический скачок уровня воды с амплитудой $Dh = 3.8$ см при Ближне-Алеутском землетрясении 17 июля 2017 г., $M_w=7.8$, эпицентральное расстояние $de=750$ км зафиксирован впервые на таком удалении от скважины. В скважине Е-1, ПГП, в 2012-2017 гг. проявлялся тренда понижения уровня воды, который рассматривается в качестве нового гидрогеодинамического признака (предвестника) усиления сейсмической активности в районе сочленения Камчатской и Алеутской островных дуг. РФФИ, проект № 18-05-00337

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ВБЛИЗИ ВУЛКАНА ЭБЕКО.

Будилов Д.И.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, budilov@emsd.ru

Во время извержения вулкана Эбеко, расположенного вблизи города Северо-Курильск (7.2 километра), происходят выбросы на высоту 3-5 км. Часто пепловый шлейф распространяется в сторону населенного пункта. С целью изучения характеристик эруптивного облака, возникающего при извержениях вулкана, установлен комплекс аппаратуры, включающий: два датчика регистрации напряженности вертикальной составляющей электрического поля атмосферы; микробарографа; радиометра для измерения концентрации почвенного радона. Для получения и первичной обработки данных с этих приборов в режиме близкому к реальному времени создана информационная система передачи информации по локальной сети Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН. При разработке были использованы языки программирования Python, JavaScript и микрофреймворк Flask. Передача данных осуществляется по протоколу sftp.

ИЗУЧЕНИЕ ПРИЛИВНЫХ ВАРИАЦИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ В ЗОНЕ ПЕРЕХОДА ОТ КОНТИНЕНТА К ЯПОНСКОМУ МОРЮ

Валитов М.Г., Прошкина З.Н., Кулинич Р.Г., Колпащикова Т.Н.

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, valitov@poi.dvo.ru

В работе представлены результаты мониторинга приливных вариаций силы тяжести в зоне сочленения котловины Японского моря с континентом в пределах Южного Приморья. Целью мониторинга является изучение возможной корреляции приливных и нерегулярных изменений силы тяжести с геодинамикой, гидродинамикой и сейсмогенными процессами в япономорском регионе. Приведен спектр выделенных приливных волн, рассчитаны численные значения главных приливных параметров: амплитудного фактора – δ и фазовой задержки приливной волны – α , обусловленные упруго-вязкими свойствами региональных геосфер. На сегодняшний день продолжительность записи составила более 2330 суток с дискретностью 1 секунда, из них обработано 2306 суток. Это позволило уточнить амплитуду и фазу основных суточных и полусуточных приливных волн (O_1 , M_1 , P_1S_1 , K_1 , M_2 , S_2 , K_2 , M_3) и оценить эти характеристики для длиннопериодных волн (S_{sa} , M_m , M_f , M_{tm}). Помимо вариаций гравитационного поля нами зафиксированы многочисленные реакции прибора, вызванные землетрясениями и техногенной активностью в регионе. Хотя зарегистрированные эффекты нельзя рассматривать как аномальные вариации гравитационного поля (перемещение маятника прибора вызвано не изменением силы тяжести, а ускорениями, связанными с перемещением постаментов), гравиметр, в данном случае, работает как сейсмограф с большим динамическим диапазоном, дополняя тем самым записи сейсмографов.

Работа выполнена в рамках Госзадания ТОИ ДВО РАН Тема №0271-2019-0002, при поддержке грантов ДВО РАН №18-1-004, №14-III-Д-07-029, №13-III-Д-07-004 и №10-III-Д-07-033.

МОНИТОРИНГ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА МЕТОДАМИ СПУТНИКОВОЙ ГЕОДЕЗИИ.

Виляев А.В., Жантаев Ж.Ш.

*Национальный Центр космических исследований и технологий, Институт ионосферы,
vilayev@gmail.com*

Рассматриваются результаты изучения современных геодинамических процессов земной коры Казахстана на основе мониторинговых GPS наблюдений. Новизна работ связана с расширением исследований на всю территорию Республики Казахстан. Начиная с 2016 г. в эксплуатацию введена

сеть из 42 GPS станций системы высокоточной спутниковой навигации (СВСН). Станции размещены в наиболее крупных центрах Республики и покрывают 80% ее площади. Составлены карты распределения скорости движения и компонент смещений земной поверхности территории Казахстана в евразийской системе отсчета координат. Приведены результаты GPS мониторинга и моделирования параметров напряженно-деформированного состояния верхней части земной коры Алматинского сейсмопрогностического полигона. Рассмотрены особенности геодинамических процессов в масштабах страны и отдельно сейсмоактивного региона Северного Тянь-Шаня. Результаты представляют научный интерес для геодинамических исследований Евразии.

МОНИТОРИНГ СЕЙСМОАКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДИКИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ СЕЙСМИЧНОСТИ (СОУС'09) В 2017-2019 ГГ.

Воропаев П.В., Кугаенко Ю.А., Салтыков В.А.

*Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский,
chicoli@emsd.ru*

С использованием методики Статистической Оценки Уровня Сейсмичности (СОУС'09) производится мониторинг сейсмоактивных областей Камчатского региона. Определяется уровень сейсмичности Камчатской сейсмоактивной области, юга Камчатки, Авачинского, Кроноцкого, Камчатского залива, а также Командорского сегмента Алеутской дуги. Результаты мониторинга еженедельно передаются в Камчатский филиал Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений (КФ РЭС).

МОНИТОРИНГ КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДИКИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ СЕЙСМИЧНОСТИ (СОУС'09) В 2017-2019 ГГ.

Воропаев П.В., Кугаенко Ю.А., Салтыков В.А.

*Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский,
chicoli@emsd.ru*

Обеспечен мониторинг уровня сейсмической активности ряда сейсмоактивных областей на территории Ключевской группы вулканов, включая вулканы Ключевской, Безымянный, Толбачик, Удина, Зимина. Используется методика Статистической Оценки Уровня Сейсмичности (СОУС'09). Сделаны успешные прогнозы извержений вулкана Безымянный в 2017-2019 гг. Контролируется текущая сейсмическая активизация вулкана Удина, начавшаяся в октябре 2017 г.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ГРОВОЗОВЫМИ РАЗРЯДАМИ НА АКТИВНЫХ ВУЛКАНАХ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА

Дружин Г.И., Малкин Е.И., Фирстов П.П., Чернева Н.В.,

Уваров В.Н., Санников Д.В., Стасий И.Е.

ИКИР ДВО РАН, drug@ikir.ru

Предлагается создать локальную сеть наблюдений за грозовыми разрядами, пункты которой будут размещены вблизи активных вулканов Камчатки. В этих пунктах будут установлены радиопеленгаторы, датчики электрического поля, система синхронизации данных измерений, вспомогательное оборудование. Это позволит провести запись электромагнитных излучений, анализировать волновые формы и спектрально-временные характеристики, идентифицировать вулканические молнии, определять параметры, по которым вулканические молнии отличаются от обычных. Полученную информацию можно будет использовать в дальнейшем для мониторинга грозовой и вулканической активности.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 19-05-00543 «Механизмы грозообразования в условиях активной вулканической деятельности на полуострове Камчатка».

СТОЯЧИЕ ВОЛНЫ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ СЛОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА

Еманов А.Ф., Бах А.А., Еманов А.А.

АСФ ФИЦ ЕГС РАН, emanov@gs.nsc.ru

Работа посвящена дальнейшему развитию метода стоячих волн в исследовании замкнутых объектов, прежде всего зданий и сооружений и слоёв при сейсмическом микрорайонировании, а так

же блочных сред. Экспериментально изучается полное поле стоячих волн в объекте. Демонстрируется существенное отличие расчётов на моделях и экспериментальных данных. Делается вывод об обязательной верификации расчётной модели для особо ответственных объектов. Представлены алгоритмы сейсмического мониторинга зданий и сооружений и идеи совместной сети сейсмологического и инженерно-сейсмометрического мониторинга.

СКВАЖИННЫЕ УРОВНЕМЕРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ В СИСТЕМЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА КАМЧАТКЕ

Копылова Г.Н., Болдина С.В.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, gala@emsd.ru

В докладе рассматриваются гидрогеосейсмические эффекты в изменениях уровней (давления) подземных вод при сильных местных и удаленных землетрясениях, зарегистрированные в двух скважинах на территории Петропавловского геодинамического полигона, Камчатка, с использованием цифровой аппаратуры. Приводится типизация гидрогеосейсмических эффектов и модели их формирования в системе «скважина – водовмещающая порода. Обсуждается вопрос использования данных о гидрогеодинамических предвестниках, косейсмических и других эффектах при проведении работ по геофизическому мониторингу и прогнозированию сильных землетрясений на Камчатке. Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 18-05-00337 «Типизация и модели гидрогеосейсмических эффектов сильных землетрясений по данным уровнемерных наблюдений в скважинах (на примере Камчатского региона)».

ЭФФЕКТЫ КОГЕРЕНТНОСТИ В ИЗМЕНЕНИЯХ ПАРАМЕТРОВ ФОНОВОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА, КАМЧАТКА, 2011–2017 гг.

Копылова Г.Н., Касимова В.А., Любушин А.А., Болдина С.В., Таранова Л.Н.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, gala@emsd.ru

В статье представлены результаты исследований вариаций фонового сейсмического шума (ФСШ) на Камчатке с использованием данных от сети широкополосных сейсмических станций ФИЦ ЕГС РАН и метода, предложенного А.А. Любушиным. Продемонстрированы пространственно-временные распределения мульти-фрактальных параметров α^* , $\Delta\alpha$ и параметров вейвлет-разложений β и E_n поля ФСШ за период наблюдений 2011–2017 гг. Рассмотрены особенности распределения параметров шума в периоды произошедших на Камчатке сильных землетрясений 2013–2017 гг. с $M \geq 6.6$. Оценка изменчивости поля ФСШ производилась с помощью набора карт, характеризующих пространственно-временное распределение статистик шума и графиков изменения временных рядов медианных значений параметров ФСШ от всех станций сети и от выделенных групп станций. Для оценки когерентного поведения параметров поля ФСШ производилось построение и анализ частотно-временных диаграмм спектральной меры когерентности четырехмерных временных рядов медианных значений α^* , $\Delta\alpha$, β и E_n . Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 18-05-00133.

ОПЫТ НАБЛЮДЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ ВЕКОВОГО ХОДА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Кусонский О. А., Бебнев А.С., Бородин П.Б., Черепанова Е.А.

*Геофизическая обсерватория "Аркти" Института геофизики им. Ю.П. Булашевича. УрО РАН,
zavlab@arudaemon.gsras.ru, magnit@arudaemon.gsras.ru*

На примере Манчажской гравимагнитной аномалии показана принципиальная возможность мониторинга источников магнитного поля геологических масштабов.

Цель работ: а) контроль обсерваторских наблюдений векового хода магнитного поля Земли (МПЗ); б) выделение аномальной составляющей векового хода МПЗ над геологическим объектом по отношению к обсерваторским результатам.

Основное оборудование — компонентный векторный протонный Оверхаузеровский магнитометр QMLab POS-3 (ZT-POS) производства лаборатории квантовой магнитометрии УрФУ. Работы проводились сотрудниками магнитной станции геофизической обсерватории «Аркти» Института геофизики УрО РАН.

С 2013 по 2019 год на площади 50*50 километров в пределах Предуральского краевого прогиба организована сеть из 31 пункта наблюдения векового хода магнитного поля Земли. Построены карты модуля (F) и вертикальной компоненты (Z) вектора магнитной индукции МПЗ, а так-же аномальной

составляющей векового хода F и Z с учетом модели IGRF-12. В докладе изложены методические особенности мониторинга с использованием ZT-POS и предварительные результаты наблюдений.

МЕХАНИЗМЫ ОЧАГОВ ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВУЛКАНА КЛЮЧЕВСКОЙ

Лемзиков М.В.

Институт Вулканологии и Сейсмологии ДВО РАН, lemzikov@kscnet.ru

В работе определены параметры механизмов очагов вулcano-тектонических землетрясений вулкана Ключевской. Применялся метод определения параметров механизма очага, основанный на полярностях первых вступлений Р-волн. Использовались волновые формы, зарегистрированные сетью сейсмических станций, расположенные на конусе, вблизи и вокруг активного вулкана Ключевской. Для определения механизма очага использовались данные максимального количества сейсмических точек наблюдений. Полученные в работе параметры механизмов очагов вулcano-тектонических землетрясений сравнивались с разломами и особенностями расположения эпицентров в районе Северной группы вулканов. Азимуты простираения главных нодальных плоскостей очагов вулcano-тектонических землетрясений вулкана Ключевской совпадают с азимутом простираения плоскостей разломов и расположением эпицентров в этом районе.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ ЗА ПЕРИОД 2013-2018 ГОДЫ

Лисунов Е. В.

ФИЦ ЕГС РАН, г. Владивосток, lisunov.evgeniy@gmail.com

В работе приведено описание сейсмической активности Приморского края, приграничной территории Китая и Корейской Народно-Демократической Республики (КНДР). А также акватории Японского моря на расстоянии до 200 км от берега.

Региональный Информационно Обработывающий Центр (РИОЦ) «Владивосток», ведет свою деятельность с 2009 года и входит в Сейсмическую Подсистему Службы Предупреждения о Цунами (СП СПЦ), Единой Геофизической Службы РАН.

На данный момент в сети РИОЦ «Владивосток» находится 4 сейсмостанции: VLAR-RU (Владивосток), MSH (м. Шульца), PSTR-RU (Посьет), PLTR-RU (Полтавка).

Основная деятельность СП СПЦ - мониторинг землетрясений Японского моря, в зоне ответственности - 1000 км от г. Владивосток. Помимо этого, ведется непрерывный мониторинг сейсмической активности и оперативная обработка остальных (как близких, так и далеких) сейсмических событий. Особое внимание уделено сейсмичности Приморского края, приграничной территории Китая и КНДР.

За период 2014-2018 гг., на территории Приморского края было зарегистрировано 109 сейсмических событий, из которых: 31 коровое землетрясение; 2 ядерных взрыва, произведенных на территории КНДР; 76 глубокофокусных землетрясений.

Результаты наблюдений приведены на карте. Также приведены графики, показывающие количество землетрясений по годам и магнитуде. Проведено сравнение эпицентров землетрясений с зонами возможных очагов землетрясений Приморского края.

ИЗУЧЕНИЕ СКОРОСТНОГО СТРОЕНИЯ ЗОНЫ СУБДУКЦИИ КАМЧАТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПА ОБРАТИМОЙ ВОЛНЫ

Лиходеев Д.В., Преснов Д.А., Славина Л.Б., Нумалов А.С.

ИФЗ РАН, dmitry@ifz.ru

Представлены результаты восстановления трехмерного поля скоростей продольных и поперечных волн для зоны субдукции Камчатки с использованием метода «обратимой волны». Алгоритм метода реализован авторами в виде программного комплекса созданного на языке Matlab. В основу данного метода расчета скоростей Р- и S- волн положен принцип обратимости волновых полей. В качестве исходной информации используются параметры гипоцентров и времена пробега объемных сейсмических волн по данным обработки КФ ФИЦ ЕГС.

Грант Президента Российской Федерации для поддержки научных школ № НШ 5545.2018.5

**СЕЙСМИЧЕСКИЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ, СОПРОВОЖДАВШИЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ
ВУЛКАНА ЭБЕКО (ОСТРОВ ПАРАМУШИР)
В КОНЦЕ 2018 г. – НАЧАЛЕ 2019 г. И ИХ ОСОБЕННОСТИ**

Лобачева М.А., Фирстов П.П., Акбашев Р.Р., Будилов Д.И.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, lobacheva@emsd.ru

В докладе рассматриваются особенности акустических и сейсмических сигналов в октябре 2018 г. - мае 2019 г., сопровождавших извержение вулкана Эбеко (о. Парамушир). Показано, что акустические сигналы, сопровождавшие эксплозии на вулкане Эбеко, воздействовали на грунт в районе сейсмической станции «Северо-Курильск», расположенной на удалении 7.2 км от кратера вулкана. Сейсмические колебания представляли цуги с частотой ~ 10 Гц и длительностью 2-3 с. На основании параметров сейсмических колебаний, вызванных воздействием воздушной волны на грунт, сделаны оценки энергии отдельных эксплозий в тротиловом эквиваленте.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-35-00175.

**АНАЛИЗ КОГЕРЕНТНОСТИ ДАННЫХ РАДИОВОЛНОВОГО МОНИТОРИНГА
ЗА ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЙ 2000-2018 ГГ.**

Любушин А.А., Копылова Г.Н., Рожной А.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю.

Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН)

*Камчатский филиал Федерального исследовательского центра Единая геофизическая служба РАН,
lyubushin@yandex.ru*

Рассматриваются временные ряды амплитуд радиоволн в ионосфере при распространении по 4-м трассам. Данные получены на сети ОНЧ/НЧ принимающих станций, которая состоит из приемника в Петропавловске-Камчатском и шести японских приемников. Источниками сигналов в системе являются низкочастотные навигационные радиопередатчики, расположенные в Австралии (19,8 kHz), на Гавайях (21,4 kHz), в Японии (22,2 kHz), в Японии (40 kHz). Первичной целью организации таких наблюдений является выявление локальных возмущений в атмосфере и ионосфере, связанных с землетрясениями, извержениями вулканов и цунами на фоне глобальных процессов, вызванных атмосферной циркуляцией, солнечной активностью и магнитными бурями. В докладе представлены результаты совместного анализа 4-х временных рядов среднечасовых значений амплитуд радиоволн за период наблюдений длительностью 18 лет (2000-2018 гг.) Целью анализа является выделение эффектов когерентного изменения значений амплитуд. Для этого в скользящем временном окне длиной 672 часа (28 суток) со смещением 24 часа вычислялась множественная функция когерентности, которая визуализировалась в виде традиционных частотно-временных диаграмм. Поиск точки резкого изменения среднего значения множественной когерентности с помощью отношения Фишера выявил статистически значимый эффект ее быстрого увеличения в середине 2011 года. Этот результат сопоставляется с найденным ранее скачком в 2010-2011 гг. средней когерентности ежесуточных временных рядов смещений земной поверхности, фиксированных глобальной сетью GPS [1]. Полученный результат дает основание выдвинуть гипотезу о том, что причиной синхронного увеличения когерентности дрожи земной поверхности, измеряемой сетью GPS [1], могут быть процессы в ионосфере, которые нашли свое отражение в увеличении когерентности данных радиоволнового мониторинга, то есть имеет место некоторое глобальное воздействие ионосферы на процессы в земной коре.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты № 18-05-00133, № 18-05-00337.

Lyubushin A. Global coherence of GPS-measured high-frequency surface tremor motions. GPS Solutions. October 2018, 22:116. <https://doi.org/10.1007/s10291-018-0781-3>

**РАЗВИТИЕ ОПАСНЫХ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ПО
ДАНЫМ ПИЛОТНОГО ОБРАЗЦА ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ИМКЭС
СО РАН, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ УСЛОВИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

Нагорский П.М., Корольков В.А., Кобзев А.А., Капустин С.Н., Кабанов М.М.

Пустовалов К.Н., Смирнов С.В., Тельминов А.Е.

ИМКЭС СО РАН, npm_sta@mail.ru

Для исследования таких опасных явлений как шквалы, вторжения арктических воздушных масс зимой и другие проведена опытная многопунктовая регистрация основных метеовеличин и параметров турбулентности, а также напряженности поля и электропроводности атмосферы. В итоге

получены пространственно-временные ряды основных метеорологических и атмосферно-электрических величин, на основе которых проанализировано с высоким временным разрешением развитие ряда неблагоприятных и опасных атмосферных явлений.

МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ РАЗЛОМЕ

Остапчук А.А., Ружич В.В., Павлов Д.В., Беседина А.Н., Горбунова Э.М., Григорьева А.В.
ИДГ РАН, ostapchuk@idg.chph.ras.ru

В работе представлены результаты комплексных геофизических исследований зоны активных деформаций Приморского разлома Байкальской рифтовой зоны. Исследуемый объект представляет собой участок разлома, эксгумированный с глубины 10-18 км, на котором фиксируются многочисленные признаки разгнейсования, катаклаза и милонитизации. Исследование включало деформационный мониторинг, анализ микросейсмического шума, а также геологическое обследование центральной зоны разлома с отбором образцов тектонитов и их петрофизического описания. Полевые исследования указывают на то, что исследуемый участок Приморского разлома на современном этапе является тектонически-активной геологической структурой, а выбранный комплекс исследований позволяет в полной мере описать его геомеханическую модель
Российский фонд фундаментальных исследований №17-05-01271

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА (КАМЧАТСКИЙ КРАЙ)

Павлова В.Ю., Акбашев Р.Р., Бубнов А.Б., Василюк И.Н.
КамГУ им. В.Беринга, sacura17041988@mail.ru

Применение в инженерно-геологических изысканиях геофизических методов исследований качественно повышают геологическую информативность изучаемой территории. В докладе показан опыт комплексного применения геофизических методов исследований (георадиолокация, электроразведка, сейсморазведка) на различных строительных площадках. Все эти результаты представлены на примере работ на объектах разного уровня социальной значимости в различных районах Камчатского края. Благодаря полученным данным, появляется возможность принять правильные решения при проектировании объектов строительства, в результате чего инженерные изыскания становятся менее затратными.

СЕТЬ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СТРЕЛЬЦОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Рассказов И.Ю., Федотова Ю.В., Саксин Б.Г.
ИГД ДВО РАН, fjulia@mail.ru

Для обеспечения безопасности при освоении удароопасных месторождений требуется выполнять постоянный мониторинг современных геодинамических процессов. Стрельцовское рудное поле (СРП), расположено в Тулукуевской кальдере, на юго-востоке Забайкалья России. СРП – один из ключевых объектов добычи минерального сырья, где ПАО «ППГХО» осуществляет эксплуатацию уникальных по запасам месторождений урановых руд. В радиусе 500 км от центра кальдеры действует 3 региональные сейсмические станции. В этом районе регистрируются землетрясения с М 3.2–5.2. Различие свойств пород кальдеры и наличие активных разрывных структур обуславливают сложные горно-геологические условия разработки месторождений. В последние годы наблюдается четкое нарастание со временем техногенной сейсмической активности на действующих рудниках. | В связи с этим ИГД ДВО РАН, совместно с ПАО «ППГХО» и другими научными институтами, приступили к разработке программы мониторинга «Геодинамический полигон СРП», в рамках которой планируется создание сети сейсмических наблюдений в пределах Тулукуевской кальдеры. Анализ имеющихся данных показал, что для обеспечения качества регистрации событий на обрабатываемых месторождениях СРП необходима установка минимум одной телеметрической станции с привязкой к ФССН (регистрация событий с магнитудой от 3.0-3.5) и трех региональных станций (регистрация событий с магнитудой от 1.5-2.0), увязанных с ней в региональную сеть наблюдений. Станции необходимо оснащать современным цифровым оборудованием для производства непрерывных телесейсмических и региональных наблюдений и передачи данных по каналам связи. Созданная на этой основе сеть должна быть увязана с локальными рудничными микросейсмическими сетями. Для этого на одном из рудников ПАО «ППГХО» необходимо создать

единый информационно-обрабатывающий центр и организовать телекоммуникационные системы обмена данными. В этом случае созданная сеть обеспечит выполнение поставленных задач по мониторингу СРП.

СПУТНИКОВЫЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНАХ СУБДУКЦИИ

Сдельникова И.А., Стеблов Г.М.

Федеральный исследовательский центр Единая геофизическая служба РАН, sdelnikova@gstras.ru

Деформации в зонах субдукции связаны с наиболее активными геодинамическими процессами на Земле. В настоящее время для изучения деформаций земной поверхности широко применяются методы космической геодезии. Высокая точность современных спутниковых геодезических измерений и достаточно густые сети в ряде подвижных регионов предоставили возможность изучения не только пространственных, но и временных вариаций деформационных процессов. Изучение пространственно-временных вариаций деформационных процессов в сейсмически активных регионах позволяет усовершенствовать модели глубинных тектонических процессов и изучить закономерности их развития на разных стадиях сейсмического цикла, и в частности, на стадии подготовки сильнейших межплитовых землетрясений. Это, в свою очередь, позволит усовершенствовать систему мониторинга глубинных тектонических процессов в целом.

МОНИТОРИНГ АКТИВНОСТИ ВУЛКАНОВ СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ ПО ДАНЫМ КАМЧАТСКОГО ФИЛИАЛА ФИЦ ЕГС РАН В 2002-2019 ГГ.

Сенюков С.Л., Нужи́дина И.Н., Дрознина С.Я.,

Кожевникова Т.Ю., Назарова З.А., Соболевская О.В.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, ssl@emsd.ru

Несмотря на частые извержения вулканов Северных Курильских островов, мониторинг их активности проводится по очень ограниченным данным. В настоящее время спутниковые наблюдения позволяют контролировать все вулканы, но очень частая плохая погода в районе Курил скрывает большую часть активности этих вулканов. Сейсмический мониторинг вулкана Алаид начался в 2002 г. с установкой на склоне вулкана радиотелеметрической станции «Алаид». За время ее работы удалось зафиксировать и провести анализ сейсмичности, сопровождавшей извержения в улкана в 2012 и в 2015 гг. В связи с сокращением финансирования дорогостоящие ремонтные работы на такой труднодоступной станции проводились редко. Поэтому ~ 70% от времени наблюдений данные со станции «Алаид» не поступали. В сентябре 2017 г. благодаря совместным усилиям сотрудников Института морской геологии и геофизики (SVERT) и КФ ФИЦ ЕГС РАН была установлена система видеонаблюдения за вулканом Эбеко на сейсмостанции «Северо-Курильск» (SKR), расположенной в 6-7 км от активного кратера. Данные с этой станции в режиме реального времени начали поступать в Петропавловск-Камчатский в 2009 г., но только по сейсмическим данным невозможно было корректно идентифицировать вулканические события без видеонаблюдений. До 01 июня 2019 г. видекамера зафиксировала более 600 пепловых выбросов на вулкане Эбеко с высотой до 6 км над уровнем моря, наиболее сильные из них сопровождались сейсмическими сигналами на станции «SKR». Учитывая близкое расположение вулкана к г. Северо-Курильск КФ ФИЦ ЕГС РАН принял на себя обязательство по срочному оповещению ответственных служб Японии, Аляски (США), Сахалина (SVERT) и МЧС Камчатского края о пепловых выбросах с высотой более 3 км над уровнем моря. За время работы видеосистемы было передано более 280 срочных сообщений о пепловых выбросах на Эбеко.

СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ

Чибисова М.В., Рыбин А.В., Дегтерев А.В.

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, m.chibisova@imgg.ru

На Курильских островах расположено 36 действующих вулканов, извержения которых являются потенциально опасными для населенных пунктов, воздушного и морского транспорта. В 2003 г. для организации мониторинга активных вулканов Курильских островов на базе ИМГиГ ДВО РАН совместно с Сахалинским филиалом Геофизической службы РАН и ФГУ НПП «Росгеолфонд», при поддержке Аляскинской вулканологической обсерватории (AVO, University of Alaska, Fairbanks),

была создана группа SVERT – Сахалинская группа оперативного реагирования на вулканические извержения [1]. Зона ответственности группы SVERT включает территорию от о. Кунашир до о. Онекотан, включительно. Наблюдения за вулканами северной группы островов (Парамушир и Атласова) по взаимной договоренности проводит KVERT - Камчатская группа оперативного реагирования на вулканические извержения.

Основные направления деятельности группы SVERT связаны со сбором и анализом всей доступной информации по активным вулканам Курильских островов и создании на этой основе ежедневных информационных отчетов. Для оперативного мониторинга SVERT использует спутниковые снимки спутников AQUA/TERRA (MODIS), NOAA (AVHRR/POES), поставляемые центром регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН (www.satellite.dvo.ru) и данные с информационного сервиса «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» VolSatView разработанный совместно ИВиС ДВО РАН, ИКИ РАН, ВЦ ДВО РАН и НИЦ «Планета» [2, 3].

В XXI веке На Курильских островах зафиксировано 34 эпизода вулканической активности. Преимущественно непродолжительные (от нескольких часов - до нескольких дней) слабые и умеренные эксплозивные извержения (VEI=0-3). Наиболее часто извергались вулканы о. Парамушир - Чикурачки (9 событий) и Эбеко (5 событий). Самыми мощными извержениями за рассматриваемый период было эксплозивно-эффузивное извержение влк. Пик Сарычева (о. Матуа) 11-19 июня 2009 г. и эксплозивное извержение влк. Райкоке 21-25 июня 2019 г., самым длительным - эффузивное извержение влк. Сноу (о. Чирпой). Общий объем изверженного материала за 2000-2019 гг. не превышает 0,4-0,5 км³ [4].

Как показал опыт деятельности группы SVERT, спутниковый мониторинг на данный момент является наиболее надежным и информативным методом для наблюдения за активными вулканами Курильских островов. Постепенное увеличение количества и качества принимаемых сцен значительно расширяет возможности для выявления предвестников извержений и отслеживания динамики пепловых облаков. Визуальные наблюдения позволяют более точно интерпретировать спутниковые данные. В настоящее время для решения проблем вулcanoопасности и оперативного контроля труднодоступных территорий Курильских островов наиболее оптимальным и экономически целесообразным является развитие методов дистанционного зондирования Земли.

Список литературы

1. Рыбин А.В., Чибисова М.В., Коротеев И.Г. Проблемы мониторинга вулканической активности на Курильских островах // Вестник ДВО РАН. 2010. №3. С. 64–72.
2. Гордеев Е.И., Гирина О.А., Лупян Е.А., и др. Информационная система VOLSATVIEW для решения задач мониторинга вулканической активности Камчатки и Курил // Вулканология и сейсмология. 2016. № 6. С. 1–16.
3. Ефремов В.Ю., Гирина О.А., Крамарева Л.С., и др. Создание информационного сервиса «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9, № 5. С. 155–170.
4. Рыбин А.В., Чибисова М.В., Дегтерев А.В., Гурьянов В.Б. Вулканическая активность на Курильских островах в XXI в. // Вестник ДВО РАН. 2017. № 1. С. 51–62.

ПЕРИОДЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА «DRUMBEATS» ВО ВРЕМЯ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА КИЗИМЕН В 2011 г., ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ДВИЖЕНИЕМ ЛАВОВОГО ПОТОКА ПО СКЛОНУ

Шакирова А.А., Фирстов П.П.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, shaki@emsd.ru

На многих андезитовых и дацитовых вулканах мира экструзивные извержения сопровождаются слабыми вулканическими землетрясениями (магнитуда < 3), возникающими с квазипериодичностью в несколько секунд. Такой режим сейсмичности был назван «drumbeats» - барабанный бой. Во время извержения вулкана Кизимен (полуостров Камчатка) в 2010-2011 гг. наблюдалось несколько периодов сейсмичности режима «drumbeats». Показано, что режим «drumbeats» регистрировался на вулкане Кизимен не только во время образования экструзии, но и при движении по склону вязкого лавового потока. Авторам не известны подобные эффекты в практике вулканических исследований.

Секция «Моделирование в геофизике»

УТОЧНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СКОРОСТНОЙ МОДЕЛИ В РАЙОНЕ УДИНСКИХ ВУЛКАНОВ ПО ДАННЫМ О ЛОКАЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Бурмин В.Ю.¹, Кугаенко Ю.А.²

¹Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, vburmin@yandex.ru

²Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский

Удинская сейсмическая активизация 2017-2019 гг. свидетельствует о пробуждении магматической системы под вулканами Большая и Малая Удина (Ключевская группа вулканов, Камчатка). В настоящее время при определении координат землетрясений этого района используется годограф на основе скоростной модели, разработанной непосредственно для Ключевского вулкана. Однако строение земной коры даже для близкорасположенных вулканических областей характеризуется значительной изменчивостью. Поэтому для детального мониторинга сейсмичности, предваряющей потенциальную активизацию Удинского вулканического комплекса, необходимо уточнение локальной модели скоростного строения среды.

В данной работе опробованы несколько скоростных моделей, взятых из литературных источников. В качестве исходных данных используются времена прихода Р и S волн от землетрясений Удинской активизации на региональные сейсмические станции и станции временной сети с апертурой около 10 км, работавшей в мае-июле 2018 г. в районе Удинских вулканов. Исходя из критерия минимизации невязки расчета гипоцентров определено локальное значение отношения $V_p/V_s=1.83-1.85$. Выполнены расчеты гипоцентров землетрясений Удинской активизации для указанных скоростных моделей с использованием полученных оптимальных значений V_p/V_s . Обсуждаются полученные распределения землетрясений по глубине и их соответствие геологическим представлениям о строении среды под Удинскими вулканами.

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СКОРОСТНОГО РАЗРЕЗА МЕТОДОМ ФУНКЦИЙ ПРИЕМНИКА

Гоев А.Г., Косарев Г.Л., Санина И.А., Ризниченко О.Ю.

Институт Динамики Геосфер РАН, Москва

Метод функций приемника, впервые предложенный более 40 лет назад получил широкое распространение в сейсмологии при решении задач восстановления глубинного скоростного строения. Он применим для создания 3D моделей на основе интерполяции результатов реконструкции скоростных разрезов, полученных по одиночным станциям. Его суть состоит в использовании кратных и обменных волн, генерируемых на контрастных сейсмических границах. В качестве источника возбуждения используются телесеизмические события.

Разделяют два типа функций приемника - Р функцию приемника (PRF) и S функцию приемника (SRF). Они отличаются по типу первой проходящей волны и, соответственно, по пути луча. Возможность рассчитать функции приемника различных типов для каждой отдельно взятой станции зависит от времени наблюдений (около 1 года для получения PRF и не менее 2-3 лет для SRF).

Традиционно, при решении обратной задачи используется совместное обращение как PRF, так и SRF для улучшения устойчивости и точности получаемой модели. Однако, из-за разных путей волн, корректность такого подхода может вызывать сомнения. Отдельным фактором, влияющим на устойчивость получаемой модели, является наличие детальных знаний о структуре приповерхностного низкоскоростного слоя. Он, несмотря на малую, в сравнении с целевой моделью, мощность, ввиду наличия резко контрастных границ генерирует обменные волн больших амплитуд. Тем самым, наблюденная трасса зашумляется, что ведет к риску ее неверной интерпретации.

Рассчитаны синтетические сейсмограммы для моделей с учетом и без учета приповерхностного слоя, проведено сравнение решений, полученных независимо по каждой из функций (PRF) и (SRF) с результатами совместной инверсии. Представлены модели строения верхней мантии по данным наблюдений на вновь установленных широкополосных сейсмических станциях вдоль квазиширотного профиля в центральной части ВЕП.

ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РАБОТЫ С ДАННЫМИ ПРОФИЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И СТАНЦИЙ ДРАГИРОВАНИЯ, ВЫПОЛНЕННЫХ В РЕЙСАХ НИС «ВУЛКАНОЛОГ» В 1977-1991 ГГ.

Долгая А.А.^{1,2}, Рашидов В.А.^{1,3}

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский*

²*Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский*

³*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток*

Информационно-поисковая система «Galses» предназначена для работы с базой данных галсов непрерывных геофизических исследований и станций драгирования, выполненных научно-исследовательским судном (НИС) «Вулканолог» во время изучения областей проявления подводной вулканической деятельности в островных дугах и окраинных морях Тихого океана, а также восточного побережья Камчатки в период 1977-1991 гг.. Программа позволяет загружать данные в систему в различных форматах, сортировать данные по дате и географическим координатам, осуществлять поиск по широкому кругу признаков, а также экспортировать данные в формате MSExcel для последующего использования в работе.

В настоящее время система позволяет работать с 7148 записями о местоположении судна в 11 рейсах в пределах Курильской островной дуги и 12443 записями, полученных в 13 рейсах в других районах Тихого океана.

Мощным инструментом системы является картографический модуль. Для отображения контуров суши используется набор карт открытого проекта OpenStreetMap, рельеф морского дна строится на основании оцифрованных батиметрических карт проекта GEBCO. Разработанный картографический модуль позволяет отображать на карте ход движения судна и станции драгирования, удовлетворяющие условиям поиска в заданной произвольной области и в определенном интервале времени. Оператор может экспортировать полученную карту в графический файл для последующего использования.

В текущей версии системы есть возможность просматривать данные о станциях драгирования – сведения о начале и окончании драгирования (дата, время, координаты, глубина) для 189 станций в пределах Курильской островной дуги и 44 станций в других районах Тихого океана. Для некоторых рейсов в систему уже загружены описания геологического материала, поднятого в процессе драгирования. В дальнейшем планируется расширять базу данных и функционал системы, добавляя новые массивы данных и возможности их обработки.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00410 «Комплексные геолого-геофизические исследования подводного вулканизма центральной и южной частей Курильской островной дуги».

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ

Жостков Р.А.

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва

Представлены результаты моделирования излучения сейсмического вибратора, располагаемого на поверхности упругого полупространства. С помощью сейсмических барьеров показана возможность превращения почти всей энергии излучаемой поверхностной волны в объемные, что приводит к значительному повышению эффективности сейсмического вибратора для глобального зондирования Земли. Рассмотрены различные барьеры, отличающиеся как геометрией, так и физическими параметрами.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛУБИННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПОКРЫТОГО ЛЬДОМ МОРЯ

Жостков Р.А.

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва

С помощью численного моделирования распространения различных типов поверхностных волн, распространяющихся в системе «атмосфера – ледовый покров – водный слой – морское дно» показано, что фундаментальная мода, несущая информацию о структуре морского дна, имеет локальный максимум вблизи ледового покрова. Благодаря этому возможно зондирование морских

недр без использования дорогостоящих донных сейсмостанций, а только лишь с помощью приборов, устанавливаемых на поверхности дна. Процедура зондирования аналогична технологиям, применяемым на суше, за исключением некоторых частных случаев, например, несколько большего времени накопления сигнала. В этом случае изгибная мода, локализованная вблизи ледового покрова, является серьезной помехой. В силу того, что ее скорость меньше скорости звука в воздухе, она не излучает в атмосферу, в отличие от фундаментальной моды, излучающей боковую волну. Поэтому регистрация акустического сигнала в атмосфере над ледовым покровом может оказаться эффективнее для зондирования, чем сейсмические наблюдения, из-за более высокого отношения сигнал/шум.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-05-70034 «Изучение волновых процессов в системе «литосфера – гидросфера – ледовый покров – атмосфера» с целью создания отечественных инновационных технологий разведки и доразведки запасов углеводородов в Арктике» и гранта Президента Российской Федерации для поддержки научных школ № НШ-5545.2018.5 «Развитие методов математической и экспериментальной геофизики в задачах изучения неоднородных структур литосферы на основе анализа сейсмоакустических, тепловых и электромагнитных полей, включая разработку инновационных информационно-измерительных систем».

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН В СРЕДАХ С ФИЗИЧЕСКИМИ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ

Жостков Р.А.

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва

В работе представлены результаты численного моделирования распространения поверхностных волн. Рассмотрено влияние как локальных контрастных включений, так и особенностей рельефа (а также их совместное влияние). Обоснована необходимость учета влияния, вызванного этими особенностями в поле поверхностных волн, при использовании различных геофизических методов сейсморазведки для исследования вулканических построек и других объектов.

СКОРОСТНАЯ ГЛУБИННАЯ СТРУКТУРА ЗЕМНОЙ КОРЫ И ПОДКОРОВОЙ МАНТИИ КАМЧАТКИ ПО ПРОДОЛЬНЫМ ПРИЕМНЫМ ФУНКЦИЯМ ДАЛЕКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

**Хритова М.А.^{1,2}, Мордвинова В.В.¹, Кобелева Е.А.^{1,2},
Кобелев М.М.^{1,2}, Сениуков С.Л.³, Назарова З.А.³**

1 Институт земной коры СО РАН, Иркутск, mordv@crust.irk.ru

2 Байкальский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Иркутск

3 Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский

Для определения направленности потенциально опасных глубинных процессов на п-ве Камчатка необходимо детальное представление о его глубинной структуре, что достигается развитием сейсмической сети в регионе и исследованием распределения скоростей сейсмических волн на различных глубинах.

Довольно плотная сеть сейсмических станций в районе Ключевской группы вулканов позволила исследовать методом продольной приемной функции (P-to-S) [1; 2] земную кору и верхнюю мантию до глубины 75 км вдоль двух взаимно пересекающихся профилей: Каменистая – Безымянный запад – Цирк – Ключи – Байдарная и Крестовский – Цирк – Зеленая (длиной 108 и 27 км, соответственно). Анализировались записи сильных далеких землетрясений, обратные азимуты которых соответствуют направлениям профилей. Именно удаленность используемых событий (> 2000 км) дала возможность применить в качестве зондирующего сигнала близвертикальные сейсмические импульсы. Благодаря им скоростная структура коры и самой верхней мантии исследована в непосредственной близости от пункта регистрации землетрясений – то есть без значительного искажающего сейсмического сноса, неизбежного при использовании наклонных лучей близких и региональных землетрясений. Свойственными сейсморазведке приемами (деконволюция, накопление сигнала, фильтрация), исключено влияние неоднородностей, как в районе землетрясения, так и на пути от него к району исследования. Скоростные и плотностные разрезы получены с шагом от долей километра в наиболее неоднородной верхней части модели до 2–5 км в верхней мантии.

**О МАГМАТИЧЕСКИХ ОЧАГАХ, ГЕТЕРОГЕННОСТИ МАНТИИ И
РАЗНОГЛУБИННЫХ МАНТИЙНЫХ ИСТОЧНИКАХ БАЗАЛЬТОВ ПОД КЛЮЧЕВСКОЙ
ГРУППОЙ ВУЛКАНОВ (КАМЧАТКА)**

Хубуня С.А., Гонтовая Л.И., Максимов А.П., Хубуня В.С.

ИБиС ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: hubsa@kscnet. Ru

Одной из важных проблем вулканизма островных дуг является нарушение геохимической зональности. Для Ключевской группы вулканов (Камчатка) эта проблема стоит наиболее остро. Здесь на ограниченной площади, часто в пределах одного вулкана происходят извержения продуктов умереннокалиевого и высококалиевого субщелочного вулканизма. Это может быть связано либо с гетерогенностью мантии, либо с разными источниками вулканических продуктов. Исследованы минералогические и геохимические особенности умереннокалиевых базальтов и К-трахиандеизбазальтов Ключевской группы вулканов. Радиогенные изотопные отношения Sr, Nd и Pb в умереннокалиевых базальтах и К-трахиандеизбазальтах указывают на их мантийный источник. Сравнительный анализ нормированного распределения некогерентных элементов К-трахиандеизбазальтов с таковыми внутриплитных, рифтогенных и островодужных (надсубдукционных) умереннокалиевых базальтов и андеизбазальтов показал, что источник К-трахиандеизбазальтов наиболее близок к источнику умереннокалиевых пород. Условия образования исходных умереннокалиевых магнезиальных расплавов оценены на основании их состава и предположении их равновесия с мантийным веществом лерцолит - гарцбургитового ряда. Полученные результаты позволяют предполагать отделение расплава от мантии при давлениях 15-20 кбар. Такая оценка проведена на основе диаграммы Ol-Pl-Q-Di с изобарами давлений, определенных по экспериментальным данным в присутствии H₂O. Условия образования исходных умереннокалиевых и К-трахиандеизбазальтовых расплавов под Ключевской группой вулканов свидетельствуют о разной глубине и разной степени плавления одного и того же мантийного источника.

**МАССОВОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ОЧАГОВ КАМЧАТСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
2014 Г. ПО РЕГИОНАЛЬНЫМ ВОЛНОВЫМ ФОРМАМ**

Абубакиров И.Р., Павлов В.М.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: air@emsd.ru

Введение в эксплуатацию в 2010 г. сети широкополосных сейсмических станций на Дальнем Востоке России позволило начать отработку методики расчета тензора сейсмического момента (ТСМ) для камчатских землетрясений с использованием записей, полученных на близких и региональных расстояниях. Ранее было рассчитано около двухсот ТСМ для отдельных событий 2010-2013 гг. преимущественно локализованных в районе Авачинского залива, наиболее полно обеспеченном материалами наблюдений. В данной работе впервые предпринята попытка массового расчета ТСМ для всех землетрясений из зоны ответственности КФ ФИЦ ЕГС РАН с $K_s \geq 11.5$ за 2014 г. В региональном каталоге набралось 40 таких событий. Для каждого из них пытались оценить глубину h эквивалентного точечного источника и ТСМ. Далее по ТСМ определяли моментную магнитуду M_w и фокальный механизм. Расчеты проводили для двух моделей ТСМ: (1) девиаторный тензор (ДТ); (2) двойной диполь (ДД). Для 4 землетрясений ($K_s = 11.6 - 12.0$) получить желаемый результат не удалось. Одно из этих событий относится к Командорскому сегменту Алеутской дуги, остальные – к южному сегменту сейсмофокальной зоны Камчатки. Доля успешных попыток составила 90% (36 землетрясений в диапазоне $K_s = 11.5 - 13.9$, $M_w = 4.3 - 5.8$). Качество полученных оценок контролировали, используя выборку из 16 событий, пересекающуюся с каталогом GCMT. Средние значения разности между нашими оценками M_w и $M_w(GCMT)$ для моделей ДТ и ДД составили -0.05 и -0.07, соответственно; стандартные отклонения для обеих моделей равны 0.06. Среднее значение разности $h-h(GCMT)$ для моделей ДТ и ДД составили -6 км и -7 км, соответственно; стандартные отклонения разностей для обеих моделей равны 7 км. Величина угла Кагана (наименьшего угла поворота осей рассчитанного механизма до их совмещения с осями механизма GCMT) не превосходит 24 градусов для модели ДТ, и 27 градусов для модели ДД. Согласие с каталогом GCMT для обеих моделей вполне приемлемое. В целом, полученные результаты закладывают фундамент для рутинного определения ТСМ для камчатских землетрясений средней силы.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ
«ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ ГОКА «ЛУННОЕ» И «ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ №2, №3
ОМСУЧАНСКОЙ ЗИФ» МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Алешина Е.И., Курткин С.В., Карпенко Л.И.

Магаданский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Магадан, e-mail: kurs@memsd.ru

Проведены работы по детальному сейсмическому районированию (ДСР) участков сооружений хвостохранилище ГОКа «Лунное» и хвостохранилище №2 и №3 Омсукчанской ЗИФ. Выявлены и оценены характеристики сейсмогенерирующих разломов и зон ВОЗ, сейсмические события которых будут представлять опасность для промышленных объектов. Рассчитана максимальная магнитуда «потенциально возможного землетрясения» вблизи сооружений по глубинным разломам. Сотрясаемость, наблюдаемая в окрестностях сооружений не превышает расчетную.

Сотрясения на изучаемой территории до настоящего времени не превышали 5 баллов, что существенно ниже, чем указано на картах ОСР-97. Результаты уточнения исходной сейсмичности в целом согласуются с данными ОСР-97 и СНиП II-7-81*.

Полученные результаты ДСР являются исходными оценками сейсмических воздействий при проведении сейсмического микрорайонирования (СМР).

ОЧАГОВЫЕ ЗОНЫ ВАНСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 1976 И 2011 ГГ. В ПОЛЕ ПОГЛОЩЕНИЯ S-ВОЛН

Антикаева О.И.

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, e-mail: aptikaevaoi@mail.ru

Тектоническая ситуация в районе озера Ван в Турции является следствием дрейфа Аравийской плиты в направлении Евроазиатской плиты. За период с 1111 по 2013 гг. в Восточной Анатолии произошло 19 землетрясений с магнитудой $M > 6.0$, в том числе четыре землетрясения с магнитудой $M > 7.0$ за инструментальный период, начиная с 1900 г.: 28.05.1903 ($M=7.0$), 06.05.1930 ($M=7.3$), 24.11.1976 ($M=7.5$) и 23.10.2011 ($M=7.1$). Очаги двух последних из них локализованы в районе оз. Ван. По ним существуют не только макросейсмические, но и инструментальные данные. Район двух землетрясений с катастрофическими последствиями, которые произошли в течение относительно короткого промежутка времени, представляют для сейсмологов особый интерес. В предлагаемой работе приводятся результаты анализа пространственных вариаций поля поглощения поперечных волн в районе очагов этих землетрясений и сопоставление этих вариаций с сеймотектоникой Ванского района. Поле поглощения получено методом короткопериодной коды по набору огибающих коды 210 землетрясений ($M > 4.0$).

В районе озера Ван прослеживаются такие же, как и в других сейсмоактивных зонах, особенности структуры поля поглощения поперечных волн в мантии. Выделяются блоки слабого поглощения изометричные в плане, в которых поглощение уменьшается в направлении от границ к центральным областям блоков, где добротность (Q_s) достигает 300 и даже 700. Среди зон сильного поглощения наиболее заметна широкая зона, связанная с Северо-Анатолийским разломом ($Q_s \sim 80-110$). Кроме того, выделены линейные зоны сильного поглощения небольшого протяжения, ориентированные в направлениях ЮЗ-СВ и ЮВ-СЗ. Эпицентры сильнейших землетрясений района, в том числе и землетрясений 1976 и 2011 гг., как правило, приурочены к границам добротных блоков и ослабленных зон.

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ СЕТЕЙ О. ХОККАЙДО И ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

Богинская НВ.¹, Костылев Д.В.^{1,2}, Ичианаги М.³, Такахаси Х.³

¹ *Институт Морской Геологии и Геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск*

² *Сахалинский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск*

³ *Институт вулканологии и сейсмологии Университета Хоккайдо, г. Саппоро, Япония
e-mail: fily77@mail.ru*

Дан обзор сетей сейсмических станций Университета Хоккайдо (Япония) и Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН (Россия), участвующих в программе международного сотрудничества [Kasahara et al., 2007; Костылев и др. 2017]. Для района южной части Курило-Камчатской дуги определена одномерная скоростная модель среды [Crosson, 1976]. Рассмотрены результаты определения положения гипоцентров землетрясений для различных глубин в южной части Курило-Камчатской дуги по данным станций Университета Хоккайдо (Япония) и уточненные положения гипоцентров с привлечением данных станций Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН (Россия). Показано, что опыт совместного использования данных сейсмических сетей Университета Хоккайдо и СФ ФИЦ ЕГС РАН позволяет составить более точное представление о пространственно-временном распределении сейсмических событий в южной части Курило-Камчатской дуги [Злобин и др., 2011], а также значительно улучшить качество определения положений гипоцентров землетрясений.

Список литературы:

1. Kasahara M., Okayama M., Ichiyanagi M., Takada M., Yamaguchi T. Continuous crustal movement observation conducted by Hokkaido University since 1971 // Journal of the Geodetic Society of Japan. 2007. № 53. P. 349–357.
2. Костылев Д.В., Горожанцев С.В., Левин Ю.Н. Сейсмологический мониторинг акватории Охотского моря // В сборнике: Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XII Международной сейсмологической школы. 2017. С. 198–201.
3. Crosson R. S. Crustal structure modeling of earthquake data: 1. Simultaneous least squares estimation of hypocenter and velocity parameters // J. Geophys. Res. 1976. № 81(17). P. 3036–3046.
4. Злобин Т.К., Поплавская Л.Н., Полец А.Ю. Глубинное строение и сеймотектоника южной части Охотоморского региона (по профилю Южный Сахалин - Южные Курилы) // Тихоокеанская геология. 2011. Т. 30 № 2 С. 46–57.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КАВКАЗА

Бурмин В.Ю.¹, Шемелева И.Б.¹, Аветисян А.М.², Казарян К.С.²

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

² Институт геофизики и инженерной сейсмологии НАН Армении, Гюмри, Армения
e-mail: vburmin@yandex.ru

Полученные ранее результаты по определению положения очагов коровых землетрясений на Кавказе со всей очевидностью говорят о том, что используемые в практике сейсмической службы методы определения гипоцентров землетрясений не позволяют достаточно точно лоцировать сейсмические события. Кроме этого, привлечение только одной скоростной колонки или одного набора годографов для определения гипоцентров землетрясений для всех станций сети также не способствует точному определению положения гипоцентров землетрясений. Для того чтобы определять положение очагов землетрясений с высокой точностью необходимо иметь достаточно детальное представление о глубинном строении земной коры и верхней мантии в изучаемом регионе. При этом, желательно брать сведения о строении региона не по данным о землетрясениях, а по данным других наблюдений, например, по данным глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ). На основе сейсмологических бюллетеней Кавказа за 1970-2015 гг. произведено переопределение координат гипоцентров землетрясений Кавказа. Общая картина распределения гипоцентров землетрясений в земной коре Кавказа существенно отличается от распределения гипоцентров по каталогу.

Показано также, что на Кавказе кроме коровых землетрясений имеют место и достаточно глубокие мантийные землетрясения. Этот факт, помимо непосредственных определений, подтверждается данными, опубликованными в каталогах и бюллетенях Кавказа. Вопрос существования очагов глубоких землетрясений на Кавказе является чрезвычайно важным как с точки зрения геодинамики, так и с точки зрения сейсмической опасности и сейсмического районирования региона. Ранее считалось, что на Кавказе могут происходить землетрясения, глубина которых не превышает 150 км. Существование более глубоких землетрясений на Кавказе ранее в научной литературе не обсуждалось, однако дискуссия по этому вопросу в последние годы в ряде работ нашла своё отражение. Наличие очагов глубоких землетрясений на Кавказе существенно меняет наши взгляды на строение и геотектонику региона. Очевидно, что коровые землетрясения являются доминирующими в сейсмичности региона, но очевидно также, что мантийные землетрясения вносят в неё существенный вклад. То, что их доля в общем количестве землетрясений гораздо меньше, чем доля коровых землетрясений, может говорить о том, что кора более жесткая и хрупкая, чем верхняя мантия.

ЧУКОТСКИЙ ПОЛУОСТРОВ: СЕЙСМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТЕРРИТОРИИ

Ведерников Е.И., Л.И.Карпенко

Магаданский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Магадан, e-mail: e.vedernikov@gmail.com

С целью уточнения сейсмического потенциала и особенностей развития очаговых зон на территории ЧАО была применена методика расчета параметров сейсмического режима, отработанная в регионе Северного Кавказа [Лутиков и др., 2009]. Был составлен Унифицированный сводный каталог землетрясений ЧАО с 1928 г. по октябрь 2018 г., который насчитывал 705 сейсмических событий. Проведен анализ полученного каталога по представительности землетрясений разных магнитуд в разные периоды времени. На основании анализа был создан сводный каталог представительных землетрясений исследуемой площади, который включал 637 землетрясений (период наблюдений 1968–2018 гг.). Построен график повторяемости землетрясений в интервале магнитуд $3.0 < M < 5.5$. Наклон графика повторяемости составил $b = -0,44$; коэффициент линейной корреляции $R_s = 0,99$. Построена матрица сейсмической активности. Полученное распределение сейсмической активности А3.3 позволило выделить зоны на территории Чукотского полуострова, которые отличаются повышенным уровнем сейсмичности, значительно превышающим окружающие участки.

Полученные результаты исследований могут быть использованы в задачах сейсморайонирования и прогноза сейсмической активности территории.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ЗАПИСЕЙ ТРЕХ СЕВЕРОКОРЕЙСКИХ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО ДАННЫМ МАГАДАНСКИХ СТАНЦИЙ

Габдрахманова Ю.В.

Магаданский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Магадан, e-mail: Julia@memsd.ru

Станции, расположенные на территории Магаданской области входят в международную систему мониторинга по контролю ядерных испытаний. В период с 2009 – 2017 гг. Магаданским филиалом ЕГС РАН было зарегистрировано 5 ядерных взрывов из 6, проведенных Северной Кореей на полигоне «Пунгери». Для сравнительного анализа записей удалось выбрать три события: 25 мая 2009 г., 12 февраля 2013 г. и 3 сентября 2017 г., сигналы которых успешно фиксировались магаданской сетью. Все записи были обработаны, определены времена вступления сейсмических фаз, а также амплитуда и магнитуа событий. Выявлен самый мощный взрыв, произведенный 3 сентября 2017 г. и определена его мощность.

ОЦИФРОВКА И АНАЛИЗ ИСТОРИЧЕСКИХ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Добрынина А.А.^{1,2}, Саньков В.А.^{1,3}, Чечельницкий В.В.⁴

¹ Институт земной коры СО РАН, Иркутск, e-mail: dobrynina@crust.irk.ru

² Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ

³ Иркутский государственный университет, Иркутск

⁴ Байкальский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Иркутск

Выполнена массовая оцифровка исторических аналоговых записей мирных ядерных взрывов, произведенных в период 1976–1987 гг. на территории Иркутской области и Забайкальского края (Восточная Сибирь) и Республики Саха (Якутия). По полученным цифровым сейсмограммам выполнена релокализация эпицентров взрывов, построены региональные годографы прямых и отраженных сейсмических Р- и S-волн и рассчитаны скорости сейсмических волн в земной коре и в верхней мантии. Проведены сопоставления полученных данных с результатами определений скоростей сейсмических волн, выполненных предшественниками на основе других данных.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области, проект № 17-45-388049.

ИЗУЧЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ СЕЛЯ НА Р. КЫНГАРГА (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)

Добрынина А.А.^{1,2}, Чечельницкий В.В.³, Макаров С.А.⁴

¹ Институт земной коры СО РАН, Иркутск, e-mail: dobrynina@crust.irk.ru

² Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ

³ Байкальский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Иркутск

⁴ Институт географии им В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск

Приведены результаты изучения прохождения катастрофического водокаменного селя 27–29 июня 2014 г. на реке Кынгарга (Республика Бурятия) по данным сейсмической станции «Аршан». Анализ сейсмических записей показал, что движение селевых масс, представленных валунно-галечниковыми отложениями, началось 27 июня в 17 часов 19 минут и продолжалось, то ослабевая, то усиливаясь, в течение почти трех суток. На сейсмограммах зафиксировано три продолжительных сейсмических события длительностью 8–12 минут, которые могут быть интерпретированы как движение влекомых наносов в селевом потоке. Спектр этих событий представлен высокочастотными колебаниями (22–48 Гц), также значительный вклад вносит низкочастотная составляющая – 0.35–0.45 Гц. Те же низкочастотные колебания наблюдаются и для фона за весь период селевой активности.

Такое разделение спектра скоростей колебаний на две составляющие может быть объяснено наложением двух процессов – поток водных масс с образованием турбулентных потоков и удары твердой фракции селевого потока о дно и стенки русла. В процессе движения влекомых наносов, а также до их начала и в конце отмечаются разнородные высокочастотные импульсные и достаточно продолжительные события (их длительность может варьироваться от 2 до 30 секунд), которые также представляют собой соударения и волочение камней и обломков горных пород в русле потока. Зарегистрированные упругие

колебания представляют собой поверхностные волны, поляризованные в горизонтальной плоскости с выраженной северо-восточной ориентацией.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области, проект № 17-45-388088.

ЭВОЛЮЦИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ ГОРНОГО АЛТАЯ ПОСЛЕ ЧУЙСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Еманов А.А., Еманов А.Ф., Фатеев А.В.

Алтае-Саянский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Новосибирск, e-mail: alex@gs.nsc.ru

Непрерывные детальные наблюдения в эпицентральной зоне Чуйского землетрясения дали уникальный материал для анализа влияния крупного землетрясения на сейсмический режим Алтае-Саянской горной области. Период преимущественной сейсмичности эпицентральной зоны сменился периодом активизации смежных геологических структур в радиусе до 100 км, а через полтора десятилетия зона влияния расширилась до 300 км. Активизировались структуры с высоким сейсмическим потенциалом, но малосейсмичные в предыдущие периоды. В работе оценивается в целом эволюция сейсмического режима в Алтае-Саянской горной области.

ТЕХНОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАК ТРИГГЕР СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ ВЕРХНИХ ГОРИЗОНТОВ ЛИТОСФЕРЫ

Жигалин А.Д.^{1,2}, Архипова Е.В.³, Брянцева Г.В.², Гусева И.С.³

¹ *Институт физики Земли РАН, Москва, e-mail: zhigalin.alek@yandex.ru*

² *МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

³ *Государственный Университет «Дубна», Дубна*

В качестве техногенных воздействий принимались во внимание бомбардировки и добыча углеводородов - триггеры, которые вызывают наиболее ощутимый отклик геологической среды в областях активных геодинамических преобразований. Для сейсмически активных регионов в разных геодинамических обстановках, включая субдукцию, коллизию и рифтогенез, рассмотрены изменения числа землетрясений на разных глубинных уровнях под влиянием техногенных триггеров. В южном обрамлении РФ выбраны восточный фланг Аравийско-Евразийской зоны коллизии и зона коллизии Индостана и Евразии. На юге Восточной Сибири рассмотрена Байкальская рифтовая система, которая, по существу, представляет собой дивергентную границу в зоне взаимодействия Евразийской и Амурской плит. На Дальнем Востоке анализ выполнен для о-вов Сахалин и Хоккайдо, а также для Курило-Камчатской островной дуги. Для каждой из областей проанализирован спектр возможных техногенных воздействий, способных привести к активизации сейсмичности, на основе выборок из каталога USGS рассчитаны временные ряды годового количества землетрясений, начиная с магнитуды, равной 4,3, со скользящим осреднением за период с 1973 по 2018 гг., и намечены тенденции в изменении поведения сейсмичности верхних горизонтов литосферы под влиянием техногенных триггеров. Выяснилось, что с началом техногенных воздействий прослеживается постепенная активизация верхних уровней литосферы, которая может протекать на фоне общего снижения активности более глубоких горизонтов и не проявляться общим увеличением активности. При этом сейсмическая активизация близповерхностных горизонтов прослеживается не только в районах влияния триггеров, но и в смежных областях, геодинамически связанных в общей системе накопления и разрядки напряжений в пределах крупных мегаструктур. Перестройка системы накопления и разрядки напряжений в пределах сейсмически активных структур под влиянием техногенных триггеров может привести к увеличению катастрофичности последствий сильных землетрясений, а также к большей уязвимости верхних горизонтов к антропогенным воздействиям.

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ О СИЛЬНОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ ДЛЯ г. АЛМАТЫ

Казаков Д.В., Антипов С.М., Нуржумаев Н.О.

Институт сейсмологии, Алматы, Республика Казахстан, e-mail: dkazakov@seismology.kz

За прошедшие 100 лет территория г. Алматы и Алматинской области подверглась ударам разрушительных землетрясений таких как Верненское 1887 г. (эпицентр располагался на территории

современного г. Алматы), Чиликское 1889 г. (эпицентр располагался в 150 км от города) и Кеминское 1911 г. (эпицентр располагался в 40 км от города).

Институтом сейсмологии выявлены сейсмогенерирующие зоны на территории Алматинского региона, приуроченные к эпицентрам произошедших сильнейших землетрясений, и установлено, что наибольшую сейсмическую опасность представляют районы хребтов Заилийский и Кунгей Алатау, где магнитуа землетрясений может достичь значения $M_{\max} = 7.5-8.5$.

В связи с этим создание Системы Раннего Оповещения (СРО) о сильном землетрясении, представляющем опасность для населения города Алматы, чрезвычайно актуально.

О ЧЕРЕДОВАНИИ КОРОВОЙ И МАНТИЙНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

Каримов Ф.Х.

*Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук Республики
Таджикистан, Душанбе, e-mail: farshed_karimov@rambler.ru*

Чередование коровых и мантийных землетрясений свидетельствует о попеременном накоплении и разрядении сейсмической энергии в земных недрах: в течение серии землетрясений с промежуточными очагами «работает» мантия, земная кора свободно, без зацепов и без «консолидированного включения» пропускает Индо-Австралийскую плиту, которая в результате спрединга движется примерно на север и субдуцирует под Евразийскую. Из-за повышенной скорости субдукции мантия ведёт себя как твёрдое тело и в её разломных зонах генерируются землетрясения, также, как генерируются коровые. Из-за плавления слэба в высокотемпературной среде образуется и растёт флюидный резервуар, давление в нём увеличивается, на кору начинают действовать вертикально вверх направленные силы, например из-за подъёма флюидов астеносферы или мантийного плюма к литосфере, частичного расплавления последней и замещения вещества литосферы с её облегчением [6]. Давление в резервуаре растёт и субдукция замедляется, соответственно глубинная сейсмичность ослабевает. Наоборот, из-за действия вертикальных сил касательные напряжения, действующие на разлом, растут, и начинает «работать» коровая сейсмичность. Далее давление в резервуаре падает из-за дегазации и дегидратации, сопротивление субдукции ослабевает и опять начинает расти её скорость с активизацией глубинной сейсмичности – чередование коровой и глубинной сейсмической активности продолжается. Роль флюидных коровых и мантийных резервуаров особенно ярко проявляется в подготовке вулканических извержений в виде предшествующих подъёмов и последующих опусканий земной коры.

АКТИВНЫЕ РАЗЛОМЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ КАМЧАТКИ: ПАРАМЕТРЫ, СЕЙСМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ

Кожурин А.И.

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский
Геологический институт РАН, Москва, e-mail: anivko@yandex.ru*

На Камчатке одновременно развиваются активные разломы разных типов. В пределах Центральной Камчатки доминируют сбросы с западным падением плоскостей, отражающие ее направленное в сторону океана растяжение. Определенные разными методами углы падения составляют порядка 30–40°. Предполагается, что на глубинах порядка 20–30 км (в низах коры) они становятся еще положе, сливаясь там с субгоризонтальной поверхностью срыва. К нижним частям сбросов приурочена слабая коровая сейсмичность Центральной Камчатки. Подвижки по сбросам, вызывающие землетрясения с M до 6,5–6,8, редки (период повторяемости от порядка тысячи до почти 10 тыс. лет). Разломы другой кинематики – взбросы и правосторонние сдвиги – развиты в области сочленения западных Алеут с Камчаткой, свидетельствуют о коллизионном характере взаимодействия двух дуг и поперечном сокращении земной коры Камчатского полуострова. Величина выявленных максимальных разовых смещений по сдвигам позволяет оценить их сейсмический потенциал значением примерно в 7,5. Граница между районами Камчатки с разным типом деформирования земной коры – широкая (от Камчатского полуострова на севере до северной части Кроноцкого полуострова на юге) горизонтальная левосдвиговая поперечная Камчатке флексура, проявленная изгибом в плане доновейших и молодых структур Камчатки, а также оси глубоководного желоба.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ АФТЕРШОКОВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ КРОНОЦКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1997 Г

Кролевец А.Н.¹, Широков В.А.²

¹ *Российская Академия народного хозяйства и Государственной службы, г. Петропавловск-Камчатский*

² *Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский*

e-mail: priemnaya@pk.ranepa.ru

Предсказуемыми движениями блоков среды в пространстве могут быть равномерное движение, движение со скоростью, затухающей по экспоненциальному закону. Сейсмические события, следуют сериями. В случае афтершоков, с повышенными скоростями движется лишь небольшое число блоков и появляется шанс выделить серии наивысшего энергетического класса [1]. Шесть хронологически первых афтершоков Кроноцкого землетрясения (КЗ) класса К не ниже 12.3 попадают на две плоскости, скольжения блоков. Более 80 событий класса не ниже 11.0 с 05/12/97 по 01/01/98 прилегают к этим плоскостям и формируют шесть серий афтершоков, интерпретируемых, как следствие равномерного или затухающего движения. Модель «шести серий» сравнивается с использованием статистического критерия Фишера с моделью Утсу. Нулевая гипотеза о статистической равнозначности моделей отвергается в пользу модели «серий» с вероятностью ошибки порядка 10⁻⁵. Для Пуассоновского потока (ПП) характерным является равенство среднего промежутка времени между событиями стандартному отклонению. Если же сейсмичность порождается движением отдельного блока, стандартное отклонение должно быть значимо меньше периода. Статистически показано, что именно так обстоит дело в первой серии КЗ из шести. Вторая серия является затухающей. Ввиду регулярного увеличения промежутков времени, сравнение среднего периода со стандартным отклонением здесь смысла не имеет. Выбор между регулярностью движения, как отражением блоковой структуры или нестационарным Пуассоновским потоком решено выполнить по значению коэффициента детерминации R² в зависимости от t_i . t_i – время от начала до i -го события в серии. R² во второй серии составляет 0.995. Компьютерная программа «разыгрывала» по методу Монте-Карло последовательности нестационарных затухающих экспоненциально Пуассоновских потоков с параметрами второй серии КЗ. Не меньшее столь высокого значения, R² наблюдалось лишь в двух сериях из 400 «разыгранных». Это указывает на малый шанс того, что вторая серия может рассматриваться, как нестационарный Пуассоновский поток. Более вероятной предлагается рассматривать гипотезу движения блоков. Обсуждаются особенности оставшихся четырех серий.

Список литературы:

Кролевец А.Н.. О Процессы релаксации в среде блочного строения // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Тр.шестой научно-техн. Конф. Петр.-Камчатский 2017. № 1. С. 281–285..

К ОЦЕНКЕ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ ЗАПАДНОГО СЕГМЕНТА АЛЕУТСКО- КОМАНДОРСКОГО БЛОКА ПО ДАННЫМ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА V_p/V_s И МЕХАНИЗМАМ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Славина Л.Б., Кучай М.С.

Институт физики Земли РАН, Москва, e-mail: slavina@ifz.ru

Исследована динамика поля напряжений геолого-геофизической среды западного сегмента Алеутско-Командорского блока по кинематическому параметру V_p/V_s . Используются наблюдения сейсмического режима в реальном времени стационарных сейсмических цифровых станций КФ ГС РАН. Установлено, что по характеру размещения и группируемости аномальных значений параметра V_p/V_s по площади и глубине можно выделить характерные особенности поля напряжений для тектонических структур и разломов, оценить характер и тип смещений по ним. Поле напряжений по кинематике свидетельствует о сдвиговом характере дислокаций вдоль разлома «Беринг», одного из самых сейсмоактивных линеаментов западного сегмента Алеутско-Командорского блока. Для северо-восточной плоскости разлома, погружающейся под Командорскую котловину, характерны пониженные значения V_p/V_s , что может свидетельствовать о дилатансионном характере процесса, области растяжения в поле напряжений. Анализ сопоставления пространственного распределения параметра V_p/V_s и механизмов сильных землетрясений, имевших место в изучаемом регионе, в общих чертах подтверждает наши предположения.

Разрезы, построенные по полю значений V_p/V_s сопоставлены с акустическими разрезами, полученными при морских работах методом непрерывного сейсмического профилирования (НСП) в период Международного геофизического года. Наблюдается определенное согласие между профилями, построенными по методу НСП, и разрезами поля параметра V_p/V_s . Так в шельфовой зоне Тихоокеанского склона о-ва Беринг, выявлено образование, с характерными пониженными значениями поля V_p/V_s . В профиле НСП мы видим отвечающую ему структуру. Это образование может быть ассоциировано с сеймотектонической структурой, для которой характерно разнонаправленность движений – воздымание в одном направлении, в сторону Командор, и опускание в другом, в сторону разлома Стеллера и желоба. Таким образом, наблюдается процесс растяжения и, видимо, он носит долговременный характер.

Распределение землетрясений, т.е. сейсмической активности в пределах Алеутско-Командорского блока так же требует некоторых пояснений. Во-первых, наблюдается ее четкая приуроченность к «транскомандорскому» линеamentу – разлому Беринг. В то же время землетрясения на границе погружающейся Тихоокеанской плиты, желоба и Командорского блока на протяжении более 100 лет отсутствуют. Можно предположить, что, судя по распределению кинематического параметра V_p/V_s вдоль разлома Беринг, Тихоокеанская плита и Командорский блок тесно соединены друг с другом (как бы «припаяны») и совместно испытывают дислокацию сжатия. В свою очередь, граница Командорского блока и Командорской котловины контролируется разломом Беринг. Мы видим погружение плоскости разлома Беринг под Командорскую котловину, с характерными пониженными значениями параметра, соответствующими дислокациям растяжения, что подтверждается сдвиговым характером механизмов землетрясений. Во-вторых, землетрясения группируются в виде отдельных кластеров, приуроченных к блокам, разделенным проливами. Однако, при возникновении сильного события в одном из блоков, сейсмическая активизация наблюдается и в соседних. Это можно видеть по распределению параметра V_p/V_s в период развития сейсмической активности после землетрясения 17.07.2017, с $M_w = 7.8$.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности оперативной оценки поля напряжений методом наблюдения за параметром V_p/V_s , по данным региональной сейсмической сети.

СУЩЕСТВУЕТ ЛИ «МОЛЧАЩИЙ» СЛЭБ ПОД КОМАНДОРСКИМИ ОСТРОВАМИ? ЕЩЕ РАЗ О КОМАНДОРСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БРЕШИ

Ландер А.В.¹, Абубакиров И.Р.², Кузнецов Ю.А.², Павлов В.М.², Салтыков В.А.², Титков Н.Н.²

¹*Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, г. Москва.*

²*Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский
e-mail: land@mitp.ru*

В результате изгиба дуги Алеутская сейсмофокальная зона, маркирующая зону субдукции, постепенно меняет свою максимальную глубину от 250-300 км на восточных и центральных участках границы до ~100 км у 173°E долготы. Западную часть дуги составляет узкий Командорский блок, быст ро (до 35-50 мм/год) перемещающийся вдоль дуги в северо-западном направлении. На его протяжении фиксируются землетрясения с глубинами (за редкими ненадежными исключениями) не превышающими 50-70 км. Однако целый ряд факторов указывает на то, что погруженный слэб Тихоокеанской плиты продолжается и под Командорским блоком.

На возможное существование такого «скрытого слэба» указывают механизмы землетрясений, происходящих в юго-восточной части Командорского блока. Они соответствуют движениям в зоне пологой косо́й субдукции. Причем углы подвижек в очагах этих землетрясений закономерно меняются по мере изгиба дуги, соответствуя относительным движениям Тихоокеанской плиты и Командорского блока. Эти очаговые движения могут отражать срывы в условиях интерсейсмического сцепления на пологой границе погруженного слэба и расположенного выше Командорского блока. Существования такого сцепления хорошо объясняет быстрое перемещение Командорского блока вдоль простирания дуги. Другим проявлением слэба может являться подводный вулкан Пийпа, расположенный в Беринговом море вблизи Командорских островов и проявляющий современную гидро- и газотермальную активность. Его положение относительно глубоководного желоба аналогично более восточным вулканам Алеутской дуги, а состав вулканитов указывает на островодужный генезис. Источником этого вулканизма может быть «скрытый слэб».

Наиболее актуальной проблемой, связанной с возможным существованием «скрытого слэба» является вопрос о существовании Командорской сейсмической брешии. На западе Алеутской дуги, в отличие от остальной ее части, за время инструментальных наблюдений не зарегистрировано

землетрясений с магнитудами больше 8. Однако тектоническая структура региона обладает большим сходством с северо-западным окончанием Зондской дуги, где в 2004 г. произошло катастрофическое Суматранское землетрясение. При этом в данной части Зондской дуги погруженный слэб выражен явно в сейсмичности. Суматранскому землетрясению предшествовало длительное затишье вблизи глубоководного желоба. Аналогичная область низкой активности наблюдается в настоящее время на западе Алеутского желоба, образуя Командорскую брешь. Зондские аналоги превосходят по линейным размерам Командорские структуры в 2-2.5 раза, а по площади в ~5 раз. Исходя из этих величин, магнитуду потенциального Командорского землетрясения можно оценить как 8.1-8.4.

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ СЕВЕРО-ВОСТОКА РФ (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Лутиков А.И.^{1,2}, Андреева Н.В.², Габсатарова И.П.¹, Донцова Г.Ю.¹, Карпенко Л.И.³

¹ФИЦ ЕГС РАН, г.Обнинск, e-mail: ira@gsras.ru

²Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва

³Магаданский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Магадан

Настоящее исследование выполнено с использованием специально собранных данных исторических каталогов и каталогов инструментальных наблюдений сетью станций Магаданского филиала ФИЦ ЕГС РАН, унифицированных по М (магнитуде по поверхностной волне).

На основе крупнейших активных разломов выделены 13 зон ВОЗ: Улаханская, Дапирская, Сигланская, Чай-Юрьинская зоны с прогнозным сейсмическим потенциалом $M_{\max}=7.5$, Янская, Арга-Тасская, Ланкомо-Омолонская с прогнозным сейсмическим потенциалом $M_{\max}=7.0$ и Омчакская, Инская, Иня-Ямская с $M_{\max}=6.5$. Для всей остальной территории была принята фоновая $M_{\max}=5.0$. Схема зон ВОЗ была преобразована в матрицу $M_{\max}$, которая, в свою очередь, использовалась для расчета сейсмической сотрясаемости по методу Ю.В. Ризниченко.

Построены вероятностные карты сейсмической опасности Магаданской области в баллах макросейсмической шкалы, рассчитанные на средний период повторения в 500, 1000 и 5000 лет. Полученные карты балльности в генерализованном виде повторяют карты $M_{\max}$ и сейсмической активности АЗЗ. Наибольшие значения макросейсмической балльности наблюдаются в областях зон с высокой $M_{\max}$ ($M_{\max} \sim 7.0 - 7.5$). Максимальная балльность изменяется от более, чем $I = 7.5$ при $T_{av} = 500$ лет до $I = 8.8$ при $T_{av} = 5000$ лет. В целом, расчетная балльность оказалась немного ниже, чем по ОСР-97 и ОСР-2015. При этом полученные карты балльности оказались более дифференцированными, чем в ОСР-2015.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 075-00453-19-01.

МОДУЛЯЦИЯ СВОЙСТВ ФОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗЕМНОЙ КОРЕ НЕРАВНОМЕРНОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ

Любушин А.А.

Институт физики Земли РАН, Москва, e-mail: lyubushin@yandex.ru

Непрерывные записи низкочастотного сейсмического шума доступны с начала 1997 года на станциях глобальной широкополосной сети и на станциях ряда региональных сетей в Японии, Калифорнии, Камчатке. Их анализ позволил проверить ряд гипотез о том, как подготовка сильных землетрясений влияет на статистические свойства шума, а также о возможностях использования изменений свойств шума для поиска предвестников сильных сейсмических событий [1]. Временная эволюция средних значений свойств сейсмического шума от всей сети и от ее различных частей, когда они оцениваются в скользящем временном окне, демонстрирует ряд особенностей, объяснение которых требует привлечения информации о планетарных причинах, которые может служить источником модуляции.

В докладе предлагается рассмотреть нерегулярность вращения Земли, данные которой доступны с 1962 года - временной ряд продолжительности дня (LOD). Представлены оценки квадратичной когерентности между приращениями LOD и среднесуточными значениями свойств сейсмического шума на различных сетях наблюдения в годовом скользящем временном окне. Максимумы такой когерентности сконцентрированы в узкой полосе частот с периодами от 11 до 14 дней, при этом в 2003 г. наблюдался всплеск максимальной когерентности, который был ранее обнаружен для глобального сейсмического

шума [2]. Эти свойства связи сейсмического шума с LOD сохраняются для региональной сейсмической сети F-net в Японии, но, похоже, ряд особенностей связан с подготовкой сейсмической катастрофы в Тохоку 11 марта 2011 года ($M = 9.1$). В частности, после предыдущего сильного землетрясения у побережья Хоккайдо 25 сентября 2003 г. ($M = 8.3$) изменения в спектре когерентности показали периодичность с периодом около 2 лет, который после события Тохоку изменился на монотонную растущую тенденцию.

Обсуждаются возможности использования функций когерентности с LOD для оценки трендов сейсмической опасности. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-05-00133).

Список литературы:

1. Lyubushin A. Synchronization of Geophysical Fields Fluctuations // Complexity of Seismic Time Series: Measurement and Applications, Elsevier 2018, Amsterdam, Oxford, Cambridge. Chapter 6. P.161-197.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813138-1.00006-7>

2. Lyubushin A. (2018) Global Seismic Noise Synchronization and Seismic Danger Increasing in Connection to Irregularity of Earth's Rotation - 36th General Assembly of the European Seismological Commission, 2-7 September 2018, Valletta - Malta. The book of abstracts of the ESC2018 General Assembly, ISBN: 978-88-98161-12-6, abstract ESC2018-S16-54, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28107.64800>

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ «СИЛЬНЫЕ И ОЩУТИМЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАН»

Петрова Н.В., Диденко В.И.

ФИЦ ЕГС РАН, Обнинск, e-mail: nata4646@mail.ru

Создаваемая в ФИЦ ЕГС РАН База данных «Сильные и ощутимые землетрясения России и сопредельных стран» (далее – БД) предназначена для хранения и анализа инструментальных и макросейсмических данных о землетрясениях России и стран СНГ, опубликованных, в первую очередь, в изданиях ФИЦ ЕГС РАН «Землетрясения России» и «Землетрясения Северной Евразии». За период с 1992 г. по настоящее время эти издания содержат наиболее полную информацию о сейсмичности, механизмах очагов, макросейсмических проявлениях землетрясений на указанной территории.

БД содержит следующие блоки: а) каталог землетрясений России с $M_s \geq 3.5$ за 2004–2016 гг. (14163 записей); б) выборка из Сейсмологического бюллетеня ФИЦ ЕГС РАН землетрясений с $M_s > 3.0$ за 1988–2013 гг. (27548 зап.); в) каталог ISC-GEM за 1904–2014 гг. в границах в границах: 34–90 град.с.ш., 20–180 град.в.д. (5410 зап.); г) Специализированный Каталог Землетрясений Северной Евразии, дополненный данными унифицированного каталога, с исторических времен по 2007 г. (45609 зап.); д) каталог (5266 зап.) и таблицы макросейсмических проявлений в населенных пунктах (20995 зап.) ощутимых землетрясений Северной Евразии за 1996–2011 гг. Каталоги объединены в Базовый каталог (73884 зап.), к событиям которого привязаны растровые и цифровые карты изосейст, библиографические ссылки и публикации. Для работы с БД разработана распределенная web-система EqCatalog (<http://mseism.gsras.ru/EqCatalog>), в которой реализованы функции выборки землетрясений по заданным параметрам; идентификации одинаковых событий в разных каталогах с привязкой в автоматическом и ручном режимах; просмотра карточек землетрясений с возможностью редактирования; сравнения параметров землетрясений в различных каталогах; автоматического вычисления единых магнитуд M_{sc} и M_{wc} . Разрабатываются приложения для визуализации и анализа данных в БД (интерактивные карты, изосейсты, таблицы пункт-балл и т.д.).

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ОЧАГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В АЗОВСКОМ МОРЕ 10 ОКТЯБРЯ 2018 Г.

Пигулевский П. И.¹, Шумлянская Л.А.¹, Бурмин В.Ю.², Герасименко О.А.¹

¹ *Институт геофизики НАН Украины им.С.И.Субботина, lashum@ukr.net*

² *Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, vburmin@yandex.ru*

Сейсмические события в районе Азовского моря достаточно привычное явление. Однако о причинах их возникновения дискуссия отсутствует. Происхождение сейсмических событий в Азовском море рассматривается только с точки зрения разломной тектоники в пределах земной коры, что само по себе семиотически ограничивает возможности рассмотрения причинно-следственных связей, приводящих к накоплению избыточной энергии и дальнейшего ее освобождения в виде землетрясений. Мы попытаемся разобраться каковы же возможные причины землетрясений в этом районе. Для чего были

найжены параметры землетрясения, которое произошло 10 октября 2018 г. в Азовском море; построены механизмы очага при различных глубинах очагов землетрясения. Механизмы рассмотрены с точки зрения морфотектонических причин их возникновения.

В октябре 2018 г. в Азовском море произошло землетрясение с магнитудой $M_b=4,3/5$. Результаты обработки землетрясения были опубликованы на сайтах Геофизической службы России и международной сейсмологической службы ISC. Согласно данным ISC разными сейсмологическими службами получены глубины очага от 5 до 30 км. Нами был проведен расчет параметров по опубликованным на обоих сайтах данных о временах прихода объемных волн, а также по данным полученным на 3-х украинских станциях – Николаев, Днепр, Одесса. Для пересчета использовали программу В.Ю. Бурмина. В результате было получено несколько решений с глубинами $H=114, 125, 152$ км, с почти одинаковыми суммарными ошибками оценки времен прихода, поэтому мы рассматривали все глубины как вероятные.

Задача по определению параметров гипоцентров сложна, и в зависимости от подходов и методик решения могут приводить к различным результатам. Для проверки решения мы сравнили экспериментальные точки годографов, полученных в результате счета, с теоретическими годографами, построенным по скоростям, взятым для земной коры по данным ГСЗ, для мантии – по данным сейсмотомографии. Наименьший разброс точек отвечает очагу с $H=125$ км.

Мы привлекли морфотектонический анализ для выяснения, какие могут быть причины возникновения землетрясения на разных глубинах, с надеждой, что тектоника сможет подсказать, какое из двух решений больше приближено к возможным. К сожалению, нам это не удалось, поскольку в соответствии нашему геолого-геофизическому разрезу псевдосубдукция океанической литосферы Восточно-Черноморской плиты выражается в виде ее подвига под окраину континентальной литосферы. Сил давления на деформируемую окраину недостаточно для полноценной субдукции, но достаточно для возникновения напряжений скола во фронтальной части литосферы Восточно-Европейской платформы, переходящих во взброс и накопления сейсмической энергии, сопровождаемым слабыми и средними землетрясениями.

Таким образом, как взбросовый механизм очага для неглубокого землетрясения, так и сбросовый для глубоких, формирующийся в обстановке разрушения вмещающих пород, равносильно возможны. Морфотектонический анализ оказался не эффективным для выбора наиболее вероятного очага землетрясения. Но показал, что возникновение глубоких землетрясений имеет тектонические предпосылки.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

Писаренко В.Ф., Родкин М.В.

¹*Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, г. Москва.*

e-mail: rodkin@mitp.ru

Показана возможность расчета сейсмической опасности на основе использования методов теории экстремальных значений. Обсуждается 2-х звенная модель закона повторяемости землетрясений, когда землетрясения средней силы описываются законом Гутенберга-Рихтера, а хвост распределения – предельным Обобщенным распределением Парето. Модель позволяет получать теоретически корректные оценки величин $M_{max}(T)$ в масштабе, приближающимся к масштабу карт ОСР. Также приводятся расчеты величин PGA, в частности получены кластеры повышенных значений PGA.

ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ В ВЫДЕЛЕНИИ УЧАСТКОВ КОРЫ ОПАСНЫХ ДЛЯ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Ребецкий Ю.Л.

Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта. г.Москва, e-mail: reb@ifz.ru

Опыт тектонофизического анализа закономерности распределения напряжений в очагах сильнейших землетрясений начала 21 века показал возможность долгосрочного их прогноза. Этот тип прогноза отличен от прогноза по С.А. Федотову, т.к. предусматривает не просто указание места будущего сильного землетрясения, а указывает на специфическую закономерность напряжений в его очагах. Установлено, что неоднородность напряжений в виде крупной зоны пониженного эффективного давления (тектоническое давление минус давление флюида) показывает место очага будущего сильного землетрясения. Таким образом, идеи о выявлении сейсмическими методами участков асперити

(шероховатости), в качестве областей будущих сильных землетрясений (модель асперити) оказались ошибочными. Обзор результатов геомеханических исследований, включающих численное моделирование неустойчивого скольжения с моделью Rate&State, позволил подтвердить результаты тектонофизических исследований реальных землетрясений. По результатам этих расчетов установлено, что возникновение землетрясения на месте зоны асперити невозможно без возникновения здесь ускоряющегося скольжения незадолго до землетрясения (в численных расчетах более двух лет). Это означает, что в этот период времени происходит преобразование области повышенных напряжений в область пониженного давления и общего уровня напряжений. Важным отличием тектонофизического прогноза от прогноза на основе Сейсмических брешей 1-го рода является то, что существует возможность локализации участка, где землетрясения возникнут. Эта зона нуклеации – зарождения землетрясения возникает там, где в зоне будущего очага имеет место участок повышенных напряжений. Он может быть либо на краю очага, либо внутри него. В последнем случае формирование сильного землетрясения соответствует барьерной модели. Зона нуклеации землетрясения, выделяемая тектонофизическими методами, должна являться предметом для специальных сейсмологических и геофизических исследований, которые должны позволить осуществить среднесрочный и возможно краткосрочный прогноз.

О НАУЧНО - ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЫТНО - МЕТОДИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ (ОМГЭ) АКАДЕМИИ НАУК ТАДЖИКИСТАНА (1979 – 2001 ГГ.)

Саломов Н.Г.

*Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН РТ, г.Душанбе
e-mail: seismtadj@rambler.ru*

Опытно-методическая геофизическая экспедиция (ОМГЭ) Академии наук Таджикистана была самой крупной экспедицией среди республик Средней Азии и Казахстана. В организационном плане ОМГЭ состояла из трёх комплексных сейсмологических партий – Северной, Южной и Восточной. В состав этих партий входили отряды полевых наблюдений, соответственно по направлениям научных исследований:

- сейсмологические наблюдения на 33 сейсмических станциях по всей территории Таджикистана;
- наклономерно-деформографические наблюдения на 7 геофизических станциях;
- магнитометрические наблюдения за локальными вариациями геомагнитного поля, число которых возросло с 2-ух в 1979 г. до 10 к 1991 г.;
- сейсмогеохимические наблюдения за изменениями геохимического и физико-химического состава подземных термальных вод на известных месторождениях Ходжаобигарм, Обигарм, Явроз и Шаамбары;
- на всех сейсмостанциях были установлены сейсмометры для регистрации сильных движений ССРЗ;
- в окрестностях водохранилища Рогунской ГЭС велись наблюдения за слабой сейсмичностью с помощью сейсмоаппаратуры «Черепаша» с записью землетрясений на магнитные ленты;
- в эпицентральных зонах сильных землетрясений велись наблюдения за афтершоковой активностью с помощью 3-ёх передвижных сейсмостанций;
- выполнялись макросейсмические обследования в эпицентральных зонах сильных землетрясений;
- в составе ОМГЭ функционировала большая группа по обработке сейсмологических и геофизических данных.

Все эти исследования выполнялись с целью наблюдения за изменениями сейсмического режима и поиска сейсмических, геофизических, гидрогеохимических и гидродинамических предвестников землетрясений на территории Таджикистана.

По результатам научных наблюдений ОМГЭ и Региональным центром по прогнозу землетрясений Средней Азии и Казахстана совместно с ИФЗ АН СССР издавались научные журналы «Прогноз землетрясений» и «Землетрясения Средней Азии и Казахстана».

Автор настоящего доклада в 1984-1992 гг. и в 1997-2001 гг. возглавлял работу ОМГЭ. В 2002 г. Решением Президиума АН Республики Таджикистан ОМГЭ была объединена с Институтом сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН РТ.

**15 ЛЕТ МАЛОАПЕРТУРНОЙ ГРУППЕ «МИХНЕВО» ИДГ РАН.
РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Санина И.А., Волосов С.Г., Ризниченко О.Ю.

Институт динамики геосфер РАН, Москва, e-mail: irina@idg.chph.ras.ru

В 2019 г. исполняется 15 лет со дня начала работы малоапертурной группы «Михнево» (МСГ), созданной в 2004 г. на базе сейсмической станции № 1 в Ступинском районе Московской области. МСГ является частью многофункциональной геофизической обсерватории «Михнево» ИДГ РАН. Целью создания группы была оценка современного уровня естественной сейсмической активности Восточно-Европейской платформы на фоне интенсивной техногенной сейсмичности. Накоплен огромный экспериментальный материал, который позволяет перейти от статистических оценок общего количества событий различной природы к решению фундаментальных задач, которые для территории центральной части ВЕП ранее не ставились: развитие методов дискриминации сейсмических событий; оценка диссипативных свойств среды; исследование структуры верхней мантии. Создание МСГ «Михнево» стимулировало разработку и реализацию методов многоканальной обработки сейсмических наблюдений, позволяющих выделять слабые сейсмические события даже ниже уровня микросейсмического фона. Наблюдения за слабой сейсмичностью на МСГ «Михнево» открыли возможность развития нового подхода к контролю за состоянием площадок размещения особо ответственных объектов.

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ СЕЙСМИЧНОСТИ РАЙОНА ВУЛКАНОВ
ПЛОСКИЙ ТОЛБАЧИК, БОЛЬШАЯ УДИНА, ЗИМИНА И РЕКИ ТОЛУД В 2000-2019 ГГ.
ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ПОТУХШЕГО ВУЛКАНА Б.УДИНА**

**Сенюков С.Л., Нурждина И.Н., Дроздина С.Я., Кожевникова Т.Ю.,
Назарова З.А., Соболевская О.В.**

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: ssl@emsd.ru

Трещинное Толбачинское извержение им.50-летия ИВиС началось 27 ноября 2012 г. и продолжалось до сентября 2013 г. (ТТИ-2012-13). Через некоторое время после его окончания, начиная с октября 2017 г. начали постоянно регистрироваться относительно слабые землетрясения вблизи потухшего вулкана Большая Удина, расположенного в 10 км к юго-востоку от вулкана Плоский Толбачик. Такая сейсмическая активизация вызвала большой интерес среди вулканологов и сейсмологов в связи с возможным «пробуждением» Б.Удины. Пространственно-временной анализ сейсмичности за период с 2000 г. по май 2019 г. показал, что с октября 2017 г. наблюдается устойчивый тренд по заглублению центра выделенной сейсмической энергии (ЦВСЭ) с глубины ~2-5 км до ~15 км и смещение в плане ЦВСЭ в юго-западном направлении от вулкана Б.Удина в сторону р. Толуд примерно на 5 км. Приведенные факты свидетельствуют в пользу гипотезы о том, что после извержения ТТИ-2012-13 начался процесс постепенного опускания и миграции магматического материала к выделенному в этом районе томографическими методами магматическому очагу. Наличие гидравлической связи между районом р. Толуд и районом трещинных извержений Плоского Толбачика также подтверждается теми фактами, что и в 1975 г. и в 2012 г. через несколько дней после начала излияния мощных лавовых потоков происходили сильные землетрясения с $K_s \approx 11$ в районе р. Толуд. Такие факты могут свидетельствовать о компенсационных процессах земной поверхности. Наличие описанной выше гидравлической связи делает вулкан Б.Удина маловероятным местом нового извержения, так как в этом случае магме нужно будет прокладывать путь к поверхности через остывшие, консолидированные и расположенные выше по высоте относительно Толбачинского дола породы постройки этого потухшего вулкана. Работа выполнена в рамках НИОКТР «Комплексные геофизические исследования вулканов Камчатки и северных Курильских островов с целью обнаружения признаков готовящегося извержения, а также прогноза его динамики с оценкой пепловой опасности для авиации» № АААА-А19-119031590060-3.

УТОЧНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В РАЙОНЕ ВУЛКАНОВ УДИНА И ЗИМИНА В 2018 Г. ПО ДАННЫМ СЕТИ ВРЕМЕННЫХ СТАНЦИЙ

Сениюков С.Л.¹, Соболевская О.В.¹, Кожевникова Т.Ю.¹, Абкадыров И.Ф.^{1,2}

¹ Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: sva06@emsd.ru

² Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

Трещинное Толбачинское извержение им.50-летия ИВиС началось 27 ноября 2012 г. и продолжалось до сентября 2013 г. После этого извержения с октября 2017 г. стали регистрироваться относительно слабые землетрясения вблизи считающегося потухшим вулканического комплекса Большая и Малая Удина, расположенного в 10 км к востоку от вулкана Плоский Толбачик. Такая сейсмическая активизация вызвала большой интерес сейсмологов в связи с возможным периодом активизации этого района. Ближайшей станцией для регистрации событий в районе вулкана Плоский Толбачик и комплекса вулканов Удина является сейсмостанция «Каменистая» («КМН»), расположенная приблизительно в 24 км от вершины вулкана Большая Удина. Для уточнения параметров гипоцентров сейсмических событий с 04.05.2018 до 15.07.2018 были установлены 4 временные станции на расстоянии 4.5-8.7 км от вулкана Большая Удина. За отмеченный период по данным постоянной сети станций в районе этого вулкана было локализовано 302 события с глубинами от -1 до 20 км. К данным постоянных станций были добавлены данные с временных станций. Результаты совместной обработки показали, что очаги землетрясений систематически сдвинулись ближе к постройке вулканического комплекса Удина и стали залегать несколько глубже относительно результатов оперативной обработки. Смещения очагов землетрясений находятся в пределах ошибки определения. При этом ошибка локации в плане составила 1.1-4.7 км, а ошибка по глубине - 1.2-5.3 км. Работа выполнена в рамках НИОКТР «Комплексные геофизические исследования вулканов Камчатки и северных Курильских островов с целью обнаружения признаков готовящегося извержения, а также прогноза его динамики с оценкой пепловой опасности для авиации» № АААА-А19-119031590060-3.

ISC DATASETS FOR SEISMOLOGY

**Storchak Dmitry A., James Harris, Konstantinos Lentas, Lonn Brown,
Domenico Di Giacomo and Kathrin Lieser**

International Seismological Centre (ISC), Thatcham, Berkshire, UK, e-mail: dmitry@isc.ac.uk

The mission of the International Seismological Centre (ISC) is to produce the most long-term and complete Bulletin of instrumentally recorded seismicity on a global scale. We describe recent achievements in rebuilding the entire ISC Bulletin using the new ISC locator, ak135 velocity model, more robust magnitudes and addition of the focal mechanisms produced at the ISC and based on polarities of first motions.

In addition, we produce several specially designed data products that stemmed from the ISC Bulletin and allowed ISC to assist several different areas of seismological research. These datasets include recently re-worked ISC-EHB bulletin (1964-2016), ISC-GEM catalogue (1904-2015), IASPEI Reference Event List (GT), ISC Event Bibliography and Seismological Contacts.

We also show the ISC efforts in publishing individual network articles describing the history, current status and earthquake monitoring procedures used by seismic networks around the world. We expect the networks in Russian Far East to join this initiative.

We also introduce a new supplementary ISC service that allows individual researchers or groups to submit for safe keeping and long-term availability their catalogues/bulletins of seismic events as well as results of critical review of regional seismicity, earth structure studies, velocity models, notable earthquake observations etc. This long-term secure repository is likely to be recognised by scientific journals as one of the legitimate independently maintained places for depositing author processed datasets to satisfy editorial board requirements on open access to data.

ДОЛГОСРОЧНЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ДЛЯ КУРИЛО - КАМЧАТСКОЙ ДУГИ НА IX 2019 – VIII 2024 ГГ.; РАЗВИТИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕГИОНА В 2018 – 2019 ГГ.

Федотов С.А., Соломатин А.В., Кирюхин А.В.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: alf55@mail.ru

Уровень сейсмичности на Курило-Камчатской дуге являются одним из самых высоких в мире и наивысшим в России. Здесь в вытянутой вдоль дуги на 2200 км сейсмофокальной зоне в среднем раз в 5 лет происходят землетрясения с $M \geq 7.7$, сила которых может достигать 9 баллов в районе их очагов и прилегающих областях. Для мониторинга опасности сильных землетрясений в Курило-Камчатском регионе с 1965 г. применяется метод долгосрочного сейсмического прогноза С.А. Федотова (ДССП), основанный на проверенных представлениях о свойствах сейсмического процесса: сейсмических брешах и сейсмическом цикле. Наиболее важной прогнозируемой величиной в методе ДССП в настоящее время является вероятность возникновения в течение следующих 5 лет сильнейших землетрясений в различных участках сейсмофокальной зоны. Эта вероятность может меняться в пределах двух порядков величин в зависимости от стадии развития сейсмического процесса. В работе рассматриваются последние результаты исследований по методу ДССП по апробированной методике и дан прогноз для Курило-Камчатской дуги на IX 2019 – VIII 2024 гг. Важной частью метода ДССП являются мониторинг регионального сейсмического процесса, необходимый для выявления основных факторов и уточнения тенденций его развития. В работе рассмотрено развитие сейсмического процесса в Курило-Камчатском регионе в 2018-2019 гг. Полученные ранее результаты относительно влияния сильнейших глубоких охотоморских землетрясений и сильнейших землетрясений прилегающих регионов на сейсмичность Курило-Камчатской сейсмогенной зоны показывают взаимосвязь сеймотектонических процессов в широком пространственном масштабе и ее отражение, прежде всего, в наиболее опасных участках – сейсмических брешах.

Предыдущие данные ДССП указывали на необходимость продолжения и увеличения работ по сейсmobезопасности и предотвращению огромных ущерба и потерь в районе г.Петропавловск-Камчатский. Эти данные с 1985 г. использовались, для обоснования государственных мер по сейсμοзащите и сейсμοукреплению Камчатки как форпоста России на Тихом океане.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ УГЛОВОГО ПОДНЯТИЯ И УСЛОВИЯ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАСТЯЖЕНИЯ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ УГЛУ ТИХООКЕАНСКОЙ ПЛИТЫ

**Чебров Д.В., Ландер А.В., Кугаенко Ю.А., Абубакиров И.Р., Дроздина С.Я.,
Митюшкина С.В., Павлов В.М., Салтыков В.А., Титков Н.Н., Чеброва А.Ю.**

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, e-mail: ku@emsd.ru

На крайнем северо-западе Тихоокеанской литосферной плиты в районе сочленения Камчатского и Алеутского (Командорского) желобов 20 декабря 2018 г. произошло сильное мелкофокусное землетрясение с магнитудой $M_w=7.2-7.4$. Основная часть очага располагалась в центральной части и на северных склонах небольшого Углового поднятия, возвышающегося на внешней стороне обоих желобов. Событие названо землетрясением Углового Поднятия.

На Камчатке землетрясение ощущалось на расстояниях до 500 км. Максимальная интенсивность сотрясений до 6 баллов зафиксирована в пос. Никольское на о-ве Беринга, в 90 км северо-восточнее эпицентра. Максимальное по Камчатской сети GNSS горизонтальное косейсмическое перемещение отмечено там же: ~25 мм в западном направлении на станции BRNG. Землетрясение не вызвало значимого цунами. Серия афтершоков, начавшаяся сразу после основного события, по состоянию на середину мая еще не закончилась. К этому времени зафиксировано около 3.5 тысячи повторных толчков с $M > 2$. Сильнейший из них имел магнитуду $M_w=6.5$. Судя по облаку афтершоков, очаг землетрясения состоит из нескольких разнонаправленных сегментов. Проведено определение тензоров сейсмического момента для главного события и 12 его сильнейших афтершоков. Основным сегмент очага имеет север северо-восточное простирание и включает эпицентр и ~3/4 афтершоков.

Тензор сейсмического момента главного толчка может интерпретироваться как субвертикальная трещина растяжения. Однако механизмы большинства сильных афтершоков соответствуют сдвигам в северо-восточном или северо-западном направлении. Общей характеристикой всех определенных

тензоров является субширотное и субгоризонтальное расположение главной оси растяжения. Такое свойство сброшенных в очаге напряжений подтверждается и моделированием косейсмической подвижки.

Устойчивый характер напряжений, сброшенных во всех очагах, свидетельствует о том, что область в северо-западном углу Тихоокеанской плиты южнее зоны сочленения Камчатской и Алеутской дуг находится в состоянии субширотного растяжения. Преобладающие среди механизмов афтершоков сдвиги по своему простиранию могут быть проинтерпретированы как сколы Риделя.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА И ОДНОРОДНОСТИ КАТАЛОГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КАМЧАТКИ И КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ

Чеброва А.Ю., Митюшкина С.В., Шевченко Н.А.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, mitik@emsd.ru

В докладе представлен промежуточный отчет о результатах многолетней работы по улучшению качества и однородности каталога землетрясений Камчатки и Командорских островов, которая ведется в лаборатории сводной обработки КФ ФИЦ ЕГС РАН с середины 90-х годов. Работа имеет два направления: 1) поиск и расчет гипоцентров землетрясений, пропущенных при рутинной обработке, 2) пересчет положения гипоцентров землетрясений, где были обнаружены различные ошибки в исходных данных или результатах их обработки. Всего в рамках работы добавлено или исправлено в каталоге более 50 000 землетрясений.

КАМЧАТСКИЙ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ: ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Чеброва А.Ю., Матвеев Е.А., Митюшкина С.В., Раевская А.А.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, e-mail: raevs@emsd.ru

Исторический очерк содержит информацию об эволюции процесса формирования сейсмологического бюллетеня о землетрясениях Камчатки и прилегающих территорий за период детальных сейсмологических исследований с 1962 г. по настоящее время. Рассказывается об изменении организации получения и сохранения исходных записей землетрясений; о развитии методик обработки этих записей; об изменении структуры бюллетеня и границ региона, в которых проводилось определение гипоцентров землетрясений. Приводятся сведения о подразделениях, ответственных за формирование сейсмологического бюллетеня и каталога землетрясений Камчатки и Командорских островов; о способах публикации сейсмологического бюллетеня в разные этапы времени. Историческая информация была собрана как из различных литературных источников, так и на основе интервью с людьми, принимавшими участие в процессе формирования камчатского сейсмологического бюллетеня.

СЕЙСМИЧЕСКИЙ ФАКТОР В ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ И ПОДГОТОВКЕ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНА КЛЮЧЕВСКОЙ (КАМЧАТКА)

Черкашин Р.И., Муравьев Я.Д., Дубровская И.К.

ИВиС ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: romainchik@yandex.ru

На одном из самых активных и крупных вулканов мира – стратовулкане Ключевской – за историческое время часто наблюдались разнообразные по масштабу изменения морфологии поверхности его постройки. Эти разрушения в основном локализовались в долгоживущих геологических образованиях – вулcano-тектонических желобах. В ряде работ делались прогнозы обрушений, основанные на рельефе и морфологии вулкана, системе тектонических нарушений в его постройке, локализации побочных извержений, внедрением секущих постройку интрузий и даек, деятельности ледников на склонах и других факторах. Роль сейсмической активности в подготовке и образовании крупных обрушений и оползней на вулкане ранее отдельно не рассматривалась. В данной работе выполнен анализ сейсмичности Ключевского вулкана, связанной с периодами активизации извержений, как одной из ключевых причин развития деформаций и крупных обрушений/оползней разного генезиса на его склонах.

Подразумевается два вида влияния сейсмичности на устойчивость вулканической постройки: 1) долговременный вклад умеренного сейсмического воздействия в процессы постепенной дестабилизации пород, слагающих склоны вулкана; 2) триггерный, т.е. влияние кратковременных и более сильных роев землетрясений на наиболее ослабленные или готовые к обрушению части постройки, инициирующее крупные обвальные события.

Согласно пространственного распределения землетрясений и их сейсмической энергии, наиболее благоприятными для развития крупных обрушений являются северо-западный и юго-восточный секторы

вулкана, что, по-видимому, связано с растяжением постройки относительно трассирующего ее субмеридионального разлома С-СВ простираения.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ РЕЗОНАНСНЫХ РИТМОВ ДЛЯ ПРОГНОЗА СИЛЬНЕЙШИХ МИРОВЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С МОМЕНТНОЙ МАГНИТУДОЙ $M_w = 9.0$ И БОЛЕЕ ДО 2400 ГОДА

Широков В.А.¹, Кролевец А.Н.²

¹ Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: shirokov@emsd.ru

² Российская Академия народного хозяйства и Государственной службы, Петропавловск-Камчатский

Для долгосрочного прогноза землетрясений предлагается использовать целочисленные резонансные ритмы (ЦРР), которые ранее в приближенном варианте использовались в астрономии при изучении обращений вокруг Солнца планет и комет. По аналогии с работами (Широков, 2015, 2017) используются статистически значимые ЦРР, для которых каждый ритм в точности равен произведению отношения двух целых чисел на лунный ритм с периодом (ТЛ=18.613 г.) или солнечный (ТС=1.0 г.). За нулевые фазы всех ритмов условно принята дата 1700.0 г. по Григорианскому календарю. Выбираются такие значимые (по уровню 0.01 и менее) ритмы, для которых каждое из семи событий приурочено к активной фазе ФАКТ. Зная начало Ф НАЧ и конец Ф КОН активных фаз ФАКТ ритмов, время начала и конца опасных интервалов времени рассчитываются с использованием программы Excel по рекуррентным формулам: $t_{НАЧ} = 1700.0 \text{ г.} + n(TX \cdot \Phi \text{ НАЧ})$ и $t_{КОН} = 1700.0 \text{ г.} + n(TX \cdot \Phi \text{ КОН})$, где $n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$ и т.д. Значимость ритмов оценивается по формуле Бернулли $P = (\Phi \text{ АКТ})^7$. Фазы событий меняются по кругу от 0 до 1.0. Так как вне активных фаз семи ритмов землетрясения не происходят, опасные прогнозируемые интервалы отвечают условию одновременного попадания событий в активные фазы всех ритмов. За время окончания прогноза выбран 2400 год. Рассчитана эффективность прогноза по ретроспективным данным.

ХАИЛИНСКИЙ ВЫСОКОМАГНИТУДНЫЙ ЦЕНТР - ОЦЕНКА ПРИЗНАКОВ АКТИВИЗАЦИИ (?) В ПЕРИОД 2006 - 2018 гг. (КОРЯКСКИЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ ПОЯС)

Яроцкий Г.П

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: ecology@kscnet.ru

Исследование обобщает интерпретации многочисленных фактических данных и получения на их основе геолого-геофизической модели системы «тектоника-сейсмичность». Модель получена как результат установления элементов системы и их структурных взаимосвязей. Системный анализ даёт представление об объекте исследования в целом. Таким образом, работа с фактами при определённом подходе к их группировке даёт возможность получить некоторые общие закономерности и заключения.

Наблюдение в 2006-2018 гг. за сейсмичностью центра даёт следующие геологические результаты условия релаксации его глубинных геодинамических напряжений.

- Группа афтершоков убедительно подтверждает правильность выделения зоны продольно-осевого Хаилинского сейсмогенного разлома глыбы с его Левтырыновым землетрясением с $M = 5.0$. Их количество (шесть) – некоторое свидетельство нарастания напряжённости разреза.

- Напряжённое состояние и у Западного ограничения Олюторского эллипса афтершоков – оно подтверждает выделение главного тектонического элемента системы «тектоника-сейсмичность» – поперечного межглыбового Парень-Таловско-Тиличикского разлома.

В целом, афтершоки периода 2006-2018 гг. хотя и с сильным Левтырыновым событием, характеризуют сейсмичность в Хаилинском высокотемпературном центре как безаномальную. По-прежнему афтершоки маркируют Хаилинский сейсмический разлом и глубинный запечатанный экран релаксации напряжений на западном крае эллипса релаксации.

Малая литосферная плита Берингия движется к западу, вращаясь и относительно точки на Чукотке. При фактической неизвестности до Анадырского события сведений о сейсмичности можно считать, что движение Берингии на запад наиболее отражается на её фронте, т.е. юго-западе Корякского сейсмического пояса. Вероятно, нарастающий ряд сильных землетрясений в поясе к западу – знак!

**Секция «Исследование предвестников
землетрясений и извержений вулканов»**

**ПРЕДВЕСТНИКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ВАРИАЦИЯХ АТМОСФЕРНОГО
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И В ИНТЕНСИВНОСТИ МЕДЛЕННЫХ НЕЙТРОНОВ НА
ВЫСОКОГОРНОЙ СТАНЦИИ ТЯНЬ-ШАНЯ**

Антонова В.П., Крюков С.В., Луценко В.Ю., Малимбаев А.М.

*Институт ионосферы Национального центра космических исследований и технологий, Алматы
e-mail: valanta@rambler.ru*

Представлены результаты исследования динамики атмосферного электрического поля и интенсивности медленных нейтронов на высокогорной станции Северного Тянь-Шаня во время активизации сейсмических процессов. Идентифицированы предвестники землетрясений в измеряемых геофизических параметрах. Исследованы их особенности и вероятность появления перед землетрясением.

**ОБЩИЕ ЧЕРТЫ СЕЙСМИЧНОСТИ В ПРЕДЕЛАХ АКТИВНЫХ СТРУКТУР
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА**

Архипова Е.В.¹, Жигалин А.Д.^{2,3}, Брянцева Г.В.^{3,1}, Гусева И.С.¹

¹ Государственный университет «Дубна», с. Орудьево, Московская обл.

² Институт физики Земли РАН, Москва, e-mail: olenageo@mail.ru

³ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Выявленные путем сравнительного анализа долговременных изменений количества землетрясений черты системного геодинамического функционирования современных сейсмоактивных поясов и сопоставление вариаций сейсмических событий, а также выявление их корреляционных взаимосвязей позволяет обнаружить системное единство геодинамических процессов, имеющих общее происхождение и управляемых процессами регионального масштаба, протекающими на границах конвергентных плит. Анализ временных вариаций показал, что верхнекоровые, нижнекоровые и мантийные землетрясения в различных геодинамических обстановках ведут себя обособленно, но, в то же время, в большинстве случаев согласуются по латерали. Близкое совпадение временных вариаций для определенных уровней позволяет говорить о согласованном автономном поведении отдельных оболочек литосферы, которое может быть объяснено различиями вещественного состава и физико-механических свойств отдельных геосфер, а также особенностями их реакции на внешние природные и техногенные воздействия.

**АКТИВИЗАЦИЯ СЛАБОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ С УЧЕТОМ ПРИЛИВНЫХ
ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЗЕМНУЮ КОРУ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

Белослюдцев О.М., Узбеков Н.Б.

Институт сейсмологии МОН РК, Алматы, e-mail: ombel@mail.ru

Анализ периодов активизации слабой сейсмичности Северном Тянь-Шане за период инструментальных наблюдений показал, что накануне сильных землетрясений форшоки ($K = 10-12$), как правило, не проявляются, но во многих случаях отмечается возрастание количества слабых землетрясений с $K \leq 10$. Применение расчетного параметра нормированной активизации позволяет более надежно локализовать эпицентральные зоны сильных землетрясений.

Исследование связей гравитационного лунно-солнечного прилива и слабой сейсмичности показало наличие закономерных изменений нормированной активизации накануне сильных землетрясений. В качестве параметров прилива использовались теоретические значения компонент приливного ускорения, рассчитанные по программам TIDES и TARDY, показавшими их хорошую сходимость, из сейсмических параметров испытывались количество и энергия, условная деформация Беньофа слабых землетрясений.

Воздействие приливных волн (возрастание-убывание) с периодами около года на слабую сейсмичность исследовалось по методике LURR. Результаты ретроспективного анализа показали, что перед большинством из более, чем 20 землетрясениями с $K \geq 13$ проявлялись аномалии, которые могут быть идентифицированы как среднесрочные предвестники. При этом для разных землетрясений аномалии выделены не на всех компоненты прилива. Причиной этого, вероятно, являются особенности тектонического строения очаговых зон. Пространственное расположение аномальных зон часто не совпадает в плане с эпицентром будущего землетрясения.

Приливные воздействия на слабую сейсмичность на периодах около месяца интервал возрастания прилива (около 13.5 суток) вызывают аномалии в условной деформации длительностью не более 2 месяцев, что делает возможность применения метода LURR для краткосрочного прогноза землетрясений. Отмечается зависимость между числом циклов прилива, принятым для расчетов и магнитудой будущего землетрясения.

ИНИЦИИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ МЕХАНИЗМА ОЧАГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Бенкендорф О.В., Боков В.Н., Лебедев С.В.

ООО «Центр геофизических прогнозов «Градиент», Санкт-Петербург, e-mail: viki333@rambler.ru

Исследования по выявлению механизма возникновения землетрясений ведутся уже достаточно давно. В основном, эти исследования основываются на теории сплошных сред и механики разрушений, что в общем позволяет оценить механизм разрушения пород в момент возникновения землетрясений. Однако, в качестве физических явлений, обуславливающих подготовку землетрясений, рассматривают только тектонические и эндогенные процессы. Роль экзогенных процессов исследована очень слабо. В докладе представлены предварительные результаты влияния экзогенных процессов (изменения атмосферной циркуляции) на инициирование механизма очага землетрясений.

Анализ изменения атмосферной циркуляции позволяет определить зарождение «первичной» дизъюнкции для того или иного типа механизма в эпицентре очага землетрясений. Данный процесс происходит в результате чередования во времени (1–2 суток) и смены (2 суток) на пространстве положения циклонов и антициклонов с последующей их заменой. Это приводит к тому, что барические нагрузки на земную кору достаточно быстро меняются на противоположные. Положительные нагрузки меняются на отрицательные и наоборот. Поскольку области сжатия земной коры соответствуют областям высокого атмосферного давления, а области растяжения коры областям низкого атмосферного давления, то смена в течение 2–3 суток пространственного расположения циклонов и антициклонов позволяет уверенно выявить механизм очага – сброс или взброс. Также исследования показали, что в зависимости от расположения им траектории движений антициклонов и циклонов относительно разломов наблюдаются правосторонние или левосторонние сдвиги.

МОНИТОРИНГ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРЕДВЕСТНИКОВ И ТРИГГЕРНЫХ ЭФФЕКТОВ ОСНОВА КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Бенкендорф О.В., Боков В.Н., Лебедев С.В., Чебров Д.В.

ООО «Центр геофизических прогнозов «Градиент», Санкт-Петербург, e-mail: viki333@rambler.ru

Результаты мониторинга геофизических предвестников часто не содержит прогностической составляющей, что практически исключает краткосрочный прогноз землетрясений. Однако мониторинг деформации земной поверхности, вызываемой сопряженными антициклонами, достаточно надежен в интервале 1–4 суток и содержит прогностическую составляющую, что позволит (в зависимости от качества прогностических метеорологических полей) составлять прогноз землетрясений за 2–3 суток.

Атмосферные триггерные эффекты реализуются через различные наборы странных аттракторов, которые представляются атмосферно-циркуляционными предвестниками (АЦП). Ежедневный мониторинг прогностических метеорологических полей позволяет выявить возникающие АЦП для территории Земли и, в соответствии с пространственно-временными изменениями странных аттракторов, определить точку бифуркации, т.е. координаты, а также время землетрясений. Точность возникновения, соответствующего АЦП, зависит от качества прогноза метеорологических полей.

Существенно повысить достоверность краткосрочного прогноза землетрясений возможно при совместном синхронном анализе метеорологической и геофизической информации. В качестве геофизических предвестников возможно использовать измерения литосферных газов (радона), геоакустических шумов, измерения GPS, уровня подземных вод и других.

Необходимым условием успешного применения данных мониторинга геофизических предвестников является наличие пространственной оптимальной сети наблюдений. Приводятся результаты совместного анализа АЦП и данных мониторинга геофизических измерений в регионе Камчатки.

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ НИЗКОЧАСТОТНОГО МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ФОНА НА КАМЧАТКЕ ПО ДАННЫМ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЕТИ

Беседина А.Н.

Институт динамики геосфер РАН, Москва, e-mail: besedina.a@gmail.com

С развитием сейсмических сетей стали активно проводиться оценки состояния геосреды по параметрам регистрируемого микросейсмического шума; в том числе и с точки зрения поиска предвестников сильных землетрясений. В работе представлено исследование микросейсмического фона на Камчатке с 2008 по 2018 года. Для анализа были привлечены данные сейсмической станции PET международной сейсмической сети IRIS (<http://ds.iris.edu/ds/nodes/dmc/forms/breqfast-request/>). Выборка землетрясений и их основных параметров проводилась по данным сейсмического каталога USGS Earthquake catalog (<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>). Для количественной характеристики микросейсмического фона и оценки характерной частоты собственных колебаний был использован алгоритм центра масс. В ходе анализа была проведена оценка спектрального центроида в разных диапазонах частот, который указывает где, главным образом, сосредоточена энергия колебаний. Помимо долгосрочного анализа микросейсмического фона, проводилось исследование результатов регистрации микросейсм до и после сильных землетрясений. В ходе исследования параметров сейсмического фона выделены землетрясения, перед которыми наблюдается понижение спектральной частоты.

Проведено сравнение полученных данных для Камчатки с результатами обработки микросейсмического фона Чилийской зоны субдукции, для которой характерно равномерное распределение областей асперити вдоль всей контактной поверхности. Анализ особенностей низкочастотного микросейсмического шума проводился по сейсмическим данным за 2008–2018 года. В ходе исследования параметров сейсмического фона выделены мега-землетрясения, перед которыми наблюдается понижение спектральной частоты. Перед всеми землетрясениями наблюдается эффект снижения частоты на 0.12–0.26 Гц. В целом, минимальное значение спектрального центроида перед землетрясениями согласуется с теоретическими значениями частот собственных колебаний.

Работа выполнена в рамках государственного задания (проект № 0146-2017-0006) и при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-05-00923).

ОЦЕНКА ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИОНОСФЕРНЫХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ДЛЯ КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА

Богданов В.В., Павлов А.В.

*Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,
с. Паратунка, Камчатский край, e-mail: pavlov@ikir.ru*

В качестве возможных ионосферных предвестников землетрясений Камчатского региона рассмотрены следующие ионосферные возмущения, зарегистрированные в ходе вертикального радиозондирования ионосферы: превышение текущих значений критической частоты foF2 ионосферного слоя F2 над медианными значениями в периоды возмущённого состояния магнитосферы, образование К-слоя и спорадических слоёв Es-spread и Es типа r, F-spread, а также расслоение F2 по частоте и высоте. Проведена оценка эффективности прогноза землетрясений с энергетическим классом $K_s \geq 11.5$ для рассматриваемых ионосферных возмущений за период 2013–2018 гг. по методикам А.А. Гусева и Г.М. Молчана. Показано, что наилучшую прогностическую эффективность имеют К-слой, Es типа r, foF2 в весенне-осенние периоды и расслоение F2 по частоте для сейсмических событий с энергетическим классом $K_s \geq 13.5$.

ОПЫТ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ КОМПЛЕКСНЫХ СКВАЖИННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ЕЖЕДНЕВНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ИОНОСФЕРЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЗАКЛЮЧЕНИЙ О СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ДЛЯ КАМЧАТСКОГО КРАЯ

Гаврилов В.А.¹, Богданов В.В.², Бусс Ю.Ю.¹, Морозова Ю.В.¹, Павлов В.В.², Гашева О.В.²

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

² *Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, с. Паратунка, Камчатский край, e-mail: vgavr1403@mail.ru*

Представляются первые результаты сопоставления данных комплексных скважинных измерений, проводимых ИВиС ДВО РАН на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне, с данными мониторинга ионосферы средствами вертикального радиозондирования, проводимых ИКИР ДВО РАН. Полученные к настоящему времени результаты показывают, что оперативный анализ данных мониторинга ионосферных процессов совместно с данными комплексных скважинных геофизических измерений может позволить значительно повысить эффективность краткосрочного прогноза сильных камчатских землетрясений.

СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СЕЛЕВЫХ ПРОЦЕССОВ

Добрынина А.А.^{1,2}, Чечельницкий В.В., Макаров С.А., Рыбченко А.А.

¹ *Институт земной коры СО РАН, Иркутск, e-mail: dobrynina@crust.irk.ru*

² *Геологический институт СО РАН, Иркутск*

Представлены результаты сейсмических исследований прохождения катастрофического Аршанского водокаменного селя 27–29 июня 2014 г. на реке Кынгарга (Республика Бурятия), а также селя на северном борту Южного Байкала в 2017 году по данным региональных сейсмических станций. Спектрально-поляризационный анализ записей селевых потоков показал, что период селевой активности сопровождался значительным изменением свойств микросейсмических колебаний относительно фонового.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТА ГРУППИРОВАНИЯ СЛАБЫХ КОРОВЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ВРЕМЕНИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СИЛЬНЫХ МИРОВЫХ СОБЫТИЙ

Дубровская И.К.¹, Широков В.А.²

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: rik@kscnet.ru*

² *Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский*

Исследуется сейсмичность в различных зонах континентальной части полуострова Камчатка, где в 99% случаев происходят землетрясения с энергетическим классом K_s менее 8.0. Для выделения временных групп (кластеров) используются события с нижним порогом K_s от 4.5 до 6.5. Выяснилось, что в большинстве случаев выделенные кластеры начинаются ранее сильных мировых событий или их групп, что указывает на то, что выявленный эффект можно рассматривать как «удаленный предвестник» сильных мировых землетрясений. Аналогичный результат был получен авторами ранее для событий с марта 2008 по октябрь 2009 гг. при выявлении временных групп слабых коровых землетрясений в период подготовки и в ходе извержения Корякского вулкана, начавшегося 26 декабря 2008 г.

КАРТА ОЖИДАЕМЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КАМЧАТКИ НА 2013-2018 гг. – УСПЕХИ И НЕУДАЧИ

Завьялов А.Д.

Институт физики Земли РАН, Москва, e-mail: zavyalov@ifz.ru

Алгоритм КОЗ для среднесрочного прогноза землетрясений использует принцип пространственно-временного сканирования каталога землетрясений в пределах исследуемого сейсмоактивного региона. Используя Байесовский подход и комплекс прогнозных признаков, рассчитываются карты распределения условной вероятности $P(D|K)$ возникновения сильного землетрясения в каждой пространственно-временной ячейке. Эти карты получили название Карт

Ожидаемых Землетрясений (КОЗ). В течение последних 30 лет алгоритм КОЗ был протестирован в ряде сейсмоактивных регионов мира, включая и Камчатку. Настоящий доклад является продолжением этой серии работ.

В работе использованы данные регионального каталога землетрясений Камчатки за период 1962–2018 гг., полученные Камчатским филиалом ФИЦ ЕГС РАН. Он насчитывает более 217 тыс. сейсмических событий с энергетическими классами $K \geq 3.0$. Предварительным исследованием было установлено, что каталог заведомо представлен для землетрясений с энергетическими классами $K \geq 9.5$ ($M \geq 4.0$ – 4.5) для всего периода наблюдений и большей части территории Камчатского сейсмоактивного региона. Около 52.5 тыс. таких событий присутствует в каталоге.

Проанализирована прогностическая эффективность карты ОЗ Камчатки с прогнозным периодом 2013–2018 гг., рассчитанной в 2014 г. За это время произошло 16 землетрясений с энергетическим классом $K \geq 13.5$ и их групп с глубинами гипоцентров до 100 км. Анализ карты ОЗ показал, что из 16 сильных землетрясений 12 (75%) событий произошли в зонах с условной вероятностью $P(D1|K) \geq 50\%$. Причем 9 из них оказались в зонах с $P(D1|K) \geq 70\%$.

В 2018 г. были выполнены расчеты новых карт ОЗ для Камчатки. Последняя в серии прогнозная карта ОЗ с $K \geq 13.5$ ($M \geq 5.5$) на период 2019–2024 гг. Она может служить в качестве базовой карты среднесрочного прогноза и использоваться в работе Камчатского филиала Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений при анализе текущей сейсмической обстановки.

Работа выполнена в рамках программы государственного задания Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ 14-СУТОЧНЫХ ВАРИАЦИЙ ПАРАМЕТРА pH НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ ТАДЖИКИСТАНА

Каримов Ф.Х., Саломов Н.Г., Манский В.Н.

Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Республики Таджикистан, Душанбе, e-mail: farshed_karimov@rambler.ru

Наблюдениями над вариациями параметра pH на месторождениях подземных термальных вод установлена периодичность в его ходе, равная примерно 14 суткам, на сейсмогеохимической станции Шаамбары, где установлена самая глубокая из функционирующих скважина глубиной около 1400 м. Обнаружено, что за несколько суток до моментов ряда местных землетрясений происходит сбой в ходе этой периодичности. Сбой периодичности интерпретируется как результат нарушения регулярных колебаний ближайших к станции геоблоков под действием лунных приливов из-за временных зацепов между ними.

СЕЙСМОФЛЮИДОГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ (СФГД) ИССЛЕДОВАНИЯ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ – ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Керамова Р.А., Кудрявцева Е.Н., Гулиева Ш.О.

*Республиканский Центр Сейсмологической Службы при НАН Азербайджана, Баку
e-mail: keramovar@mail.ru*

В статье приведены этапы развития круглогодичных СФГД исследований в Азербайджане, которые были разработаны и внедрены в РЦСС при НАНА за период 1979–2019 гг.:

1979–1986: а) выбор информативных объектов; б) создание информативной сети СФГД мониторинга; в) унифицированные методы экспресс-анализов макро- и микроэлементов в подземных водах различного химсостава и генезиса;

1987–1999: а) новые методы визуальной интерпретации данных СФГД мониторинга; б) автоматизация расчёта данных химанализа; в) “Банк данных СФГД мониторинга” за 1986–1999;

2000–2008: а) экспресс-методы (формулы) ежедневного выявления аномалий и расчёта интервалов координат, магнитуды, времени реализации землетрясения; б) “Шкала градации землетрясений”; в) “Атласы эталонных СФГД “портретов” очагов сильных-слабых землетрясений в Каспии и Азербайджане, а также сильных – в разных регионах мира;

2009–2013: а) “Комплексная, автоматизированная технология №1 для оперативной оценки сейсмической обстановки и оперативного сейсмопрогноза только на основе СФГД мониторинга в Азербайджане”; б) новое направление: “Сканирование микросейсмозон в сейсмогенных зонах Азербайджана по аномалиям в СФГД полях”;

2014: “Автоматизированная технология №2 для оперативной оценки сейсмической обстановки и оперативного, дистанционного сейсмопрогноза только на основе СФГД в Азербайджане”;

2017: а) оперативный, дистанционный сейсмопрогноз в Дагестане и Каспии только на основе СФГД мониторинга в Азербайджане”; б) получение награды (ПОЧЁТНАЯ ГРАМОТА) из ГУ МЧС (Россия–Дагестан);

10.01.2019: получение 2-х Патентов – “Авторских свидетельств на программное обеспечение” для оперативного прогноза землетрясений на основе СФГД мониторинга.

СФГД исследования продолжаются до настоящего времени (2019).

ПРОЯВЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ ПЕРЕД СИЛЬНЫМИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ КАМЧАТКИ

Коновалова А.А.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: seismo@emsd.ru

Мониторинг вариаций фоновой сейсмичности позволяет обнаружить аномалии сейсмического режима в районах, приуроченных к местам подготовки сильных землетрясений. В настоящее время такой мониторинг организован в лаборатории сейсмического мониторинга КФ ФИЦ ЕГС РАН и используется при комплексном анализе сейсмичности Камчатки. Одной из используемых методик является методика среднесрочного прогнозирования «Z-функция», ориентированная на выделение сейсмического затишья. Работа направлена на анализ обнаруженных аномалий с целью выявления особенностей проявления аномально низкой сейсмичности перед сильными землетрясениями Камчатки.

Отслеживаются аномалии сейсмического затишья со значимым ($Z > 3$) изменением интенсивности потока землетрясений выбранного энергетического диапазона $ML \geq 3.5$. Аномалия характеризуется максимальным значением Z , определяющим статистическую значимость различий в скоростях сейсмического потока на двух временных участках, и параметром, определяющим величину этих различий $SRD(t) = 1 - R_2/R_1$, где R_1 и R_2 – средние величины скорости потока землетрясений в сравниваемых временных интервалах. Длительность аномалии определяется длительностью превышения величины SRD порогового значения. Предвестниковыми считаются аномалии с уменьшением сейсмического потока в 8 и более раз ($SRD \geq 0.875$) в течение не менее года. Время тревоги согласно методике для признания прогноза успешным не должно превышать 36 месяцев. Время ожидания (интервал времени между завершением аномалии и сейсмическим событием) является упреждением при интервале, не превышающем время тревоги. Ожидается, что сильное землетрясение произойдет на краю или в пределах аномальной области. Используется очищенный от группированных событий камчатский региональный каталог землетрясений. Район исследования ограничен координатами по широте 50–57°N и долготы 156–168°E, объем выборки – представительным энергетическим классом $K = 8.5$.

С 2014 г. по июнь 2019 г. в зоне мониторинга произошло 17 землетрясений с магнитудой $M \geq 6.0$. В окрестности каждого из них выявлены области временного снижения сейсмической активности, определяемые Z-методикой, как сейсмические затишья.

Отдельно выделены примеры пространственно-временной согласованности проявления прогностического параметра и глубокой сейсмичности. Это допускает использование методики для прогноза и глубоких землетрясений камчатской сейсмофокальной зоны.

Перекрывающиеся в пространстве и времени области сейсмических затиший и сопоставленные им землетрясения указывают возможные места проявления сильной сейсмичности в окрестности выделяемых аномалий: землетрясения $M \geq 6.0$ происходят преимущественно вблизи границ аномальных областей, а также в местах пересечений разнесенных во времени аномалий.

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДВЕСТНИКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ НА КАМЧАТКЕ И В УЗБЕКИСТАНЕ)

Копылова Г.Н.¹, Юсупов Ш.С.², Серафимова Ю.К.¹, Шин Л.Ю.²

¹ Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: gala@emsd.ru

² Институт сейсмологии АН РУз, Ташкент

По данным многолетних наблюдений КФ ФИЦ ЕГС РАН и Института сейсмологии АН РУз за изменениями концентраций растворенных минеральных макрокомпонентов и газов в химическом

составе подземных вод источников и самоизливающихся скважин на Камчатке и в Узбекистане рассматриваются общие закономерности и особенности проявления гидрогеохимических предвестников перед сильными землетрясениями. Обсуждаются вопросы генезиса гидрогеохимических предвестников и их использования для сейсмического прогноза.

АНОМАЛИИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ЗАТИШЬЯ ПЕРЕД БЛИЖНЕ-АЛЕУТСКИМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ 17 ИЮЛЯ 2017 г.

Кравченко Н.М., Коновалова А.А.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: hope_k@emsd.ru

17 июля 2017 г. в районе Командорских островов (55.35° с.ш., 168.9° в.д.) на глубине 7 км произошло сильное землетрясение с M_w 7.8 – Ближне-Алеутское землетрясение (БАЗ).

БАЗ предшествовала значительная форшоковая активизация. Землетрясения 05.09.2016 г. с M_w 6.1 и 17.07.2017 г. (за 12 часов до основного события) с M_w 6.3 произошли в непосредственной близости к эпицентру БАЗ. Эллипс рассеяния группированных сейсмических событий, вызванных сильнейшим форшоком 02.06.2017 г. с M_w 6.7, пересекает очаговую область БАЗ в ее юго-восточном окончании. В северо-западной части очаговой области БАЗ 25.01.2018 г. произошел сильнейший афтершок (M_w 6.2), сопровождаемый собственной афтершоковой последовательностью.

В окрестностях наиболее значимых сейсмических событий подготовки и развития БАЗ при ретроспективном анализе изменений фоновой сейсмичности перед сильным землетрясением были выделены сейсмические затишья двумя независимыми методами *RTL* и *Z*-функция. *Z*- и *RTL*-аномалии похожи по расположению и развитию во времени. Выделяются юго-восточная (2014 г.), северо-западная (2015 г.) и «центральная» (2016 г.) аномалии.

В интервале времени до 3 лет после окончания затиший на краю аномалий 2014 г. произошли наиболее сильные форшоки и БАЗ, на краю аномалий 2015 г. – сильнейший афтершок. В 2016 г. сейсмическое затишье проявилось между аномалиями 2014 и 2015 гг. Затишье прервано форшоком 05.09.2016 г., через 10 месяцев произошел форшок 17.07.2017 г. и БАЗ, еще через полгода афтершок 25.01.2018 г. Эпицентры этих событий также приурочены к краям затиший.

Эпицентры всех обсуждаемых землетрясений (помимо форшока 02.06.2017 г.) лежат на пересечении аномалий сейсмических затиший. Это обстоятельство интересно не только «многоступенчатостью» развития сейсмического процесса в области подготовки сильного землетрясения, но и возможностью лучшим образом локализовать местоположение возможного сильного события при использовании предвестниковых методик.

ПРОБУЖДЕНИЕ (SEISMIC & MAGMATIC UNREST) УДИНСКИХ ВУЛКАНОВ ПО СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Кугаенко Ю.А.¹, Салтыков В.А.¹, Воронаев П.В.¹, Абкадыров И.Ф.^{1,2}

¹ *Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: ku@emsd.ru*

² *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Пробуждение и динамика магматического аппарата под вулканом может отражаться в сейсмичности. В условиях отсутствия других видов наблюдений сейсмические данные являются единственным источником информации о потенциальной активизации вулкана, относящегося по существующей классификации к потухшим. Именно такая уникальная ситуация (сейсмическая активизация под потухшим вулканом Удина на Камчатке) наблюдается с октября 2017 г. (seismic unrest). Землетрясения относятся к длиннопериодным (LP, 0.5–5 Гц) сейсмическим событиям, которые, по существующим представлениям, связаны с резонансными явлениями при продвижении вязкой магмы в канале питающей системы вулкана (magmatic unrest). В докладе обсуждается динамика сейсмичности прилегающей к вулкану Удина территории по данным камчатского каталога землетрясений и уточняется положение сейсмогенерирующего объекта при привлечении дополнительных сейсмических станций. Пространственно-временной анализ сейсмичности и интерпретация сейсмологических данных в комплексе с имеющейся геологической информацией формируют основу для разработки возможных сценариев поведения вулкана Удина.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, грант № 2019-05-00204.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ И ГАЗОВЫЙ МОНИТОРИНГ ВЕРХНЕ-ПАРАТУНСКОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ЦЕЛЬЮ ИЗУЧЕНИЯ ЕЕ ОТКЛИКА НА ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Кузьмин Ю.Д.¹, Руленко О.П.²

¹ Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: kuzy@emsd.ru

² Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

Из разных точек радон/тороновых наблюдений, на которых ранее проводились наблюдения, 2 точки оказались наиболее информативно интересными. Это опытная скважина на стационаре ИВиС, Паратунка и 4-х метровая сухая скважина на ПКН «Карымшина».

Паратунская скважина интересна тем, что в ее суточных колебаниях отбиваются приливные воздействия Луны, которые также коррелируют с местными метеоусловиями. На ПКН «Карымшина» одновременно ведутся радон/тороновые наблюдения в сухой 4 м скважине и в поверхностном почвенном слое. Результаты данных наблюдений помогли разобраться в поведении радона и торона и их реакции на внешние воздействия.

Работы показали взаимосвязанность между радон-тороном, атмосферным электричеством и геоакустикой. Ретроспективно отмечен краткосрочный предвестник в радон-тороновом поле перед японским сильным землетрясением в 2011 году на о.Хонсю.

Данные, полученные при регистрации температуры и давления в глубокой напорной скважине ГК-37 позволяют представить Верхне-Паратунскую систему объемным деформографом, который реагирует на внешний тепловой поток и геодинамическое давление. Регистрация этих реакций происходит в форме флуктуаций колебаний температуры и давления. Временной спектр данных колебаний четко указывает только на солнечную составляющую. При этом наблюдаются регулярные суточные колебания, которые нарушаются по-разному. Данные длительные непрерывные наблюдения показывают реакцию гидротермальной системы на климатические сезонные изменения, в основном таяние снега, в виде понижения температуры на 0.7°C ежегодно (3 года). Выяснить механизм околосуточных колебаний, нарушение их регулярности еще предстоит, ибо известные модели воздействий и их реакций не подходят.

Таким образом, можно сделать вывод, что для реализации получения краткосрочного прогноза землетрясений, необходимо решать данную проблему комплексно, используя кроме общепринятых, синхронные наблюдения за радон/тороном в информативных тензочувствительных точках с геоакустикой и атмосферным электрическим полем.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТОКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Малышев А.И., Малышева Л.К.

Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, e-mail: malyshev@igg.uran.ru

В августе 2018 г. в течение месяца выполнялось тестирование возможности оперативного мониторинга сейсмической активности в прогнозных целях с использованием уравнения динамики саморазвивающихся природных процессов (ДСПП).

Результаты показали техническую возможность ежедневного мониторинга и выявили основную проблему – обилие быстропротекающих процессов, затрудняющих выделение устойчивых тенденций к затуханию или активизации. Для решения этой проблемы предполагается использовать обширные статистические данные, полученные при оценке прогнозируемости потока сейсмической энергии при обработке трёх каталогов: Всемирного каталога землетрясений геологической службы США (USGS, 2 114 663 события на 31 декабря 2016 г.), Регионального каталога японского метеорологического агентства (JMA, 2 935 248 событий на 31 августа 2017 г.) и Камчатского регионального каталога (ЕИССД, 378 225 событий на 31 декабря 2018 г.). Эти данные были проанализированы в локальных гипоцентральных выборках с радиусами 1.5, 3, 7.5, 15, 30, 60 и 150 км. В общей статистике используется 16 млн прогнозных определений, в том числе 2 млн по активизации и 14 млн по затуханию. Выявлены области параметров уравнения ДСПП, дающие наибольший вклад в нелинейность и связанные с прогнозируемостью сильных землетрясений ($M = 5-8$). Область сильных землетрясений расположена в нижней части области нелинейности, т.е. соответствует более низким значениям коэффициента k . Сама область нелинейности характеризуется тонкими наклонными структурами, что соответствует цикличности сейсмического процесса разных временных масштабов от быстропротекающих до наиболее длительных. С более длительными

связаны сильные землетрясения. Это позволяет отфильтровать быстропротекающие процессы, препятствовавшие прогновному мониторингу на прошлом этапе тестирования.

СЕЙСМИЧЕСКИЕ И СЕЙСМОПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ЗАПАДЕ УКРАИНЫ В КАРПАТСКОЙ ОПЫТНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ПАРТИИ (1987–2019 гг.)

Назаревич А.В., Назаревич Л.Е.

Карпатское отделение Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Львов

e-mail: nazarevych.a@gmail.com

Представлены результаты сейсмических и сейсмопрогностических геофизических исследований, проводимых на западе Украины в Карпатской опытно-методической геофизической партии в 1987–2019 гг., в том числе микросейсмических, сейсмоакустических, геоакустических, деформографических, геотермических и пр.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В НАПРЯЖЕННЫХ СРЕДАХ (С ЦЕЛЮ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ)

Полетаев В.А.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: polet@emsd.ru

Рассматривается поведение наиболее информативных в качестве среднесрочных предвестников сильных землетрясений показатели гидрохимического опробования режимных водопроявлений станций (полигонов): Пиначево, Хлебозавод, Морозная и Верхняя Паратунка в связи с геологическим строением территории и региональным геолого-структурным их положением, геохимическими особенностями горных пород.

Анион хлора Cl^- . Наблюдается снижение концентрации во временных рядах за период до пяти месяцев (Хаткевич Ю.М., Рябинин Г.В., 2003). Хлор легко растворим в воде, его отличает высокая миграционная способность. Отрицательный заряд исключает поглощение коллоидами глинистых и гумусовых образований, поэтому для него не характерны геохимические барьеры (Перельман А.И., 1979). Кларк концентрации хлора для кислых пород почти в пять раз превышает таковой для основных. Снижение концентрации хлора в обводненной среде в процессе нарастания напряженно-деформационного состояния пород может объясняться высокой миграционной подвижностью и способностью преодолевать геохимические барьеры.

Приводятся причины уменьшения концентраций *гидрокарбонат-иона HCO_3^-* , увеличения концентраций *катионов кальция Ca^{2+} и натрия Na^+* , *сульфат-иона SO_4^{2-}* , *углеводородных газов* в воде режимных скважин.

ГЕОЛОГО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПИНАЧЕВСКОГО И ВЕРХНЕ-ПАРАТУНСКОГО ПОЛИГОНОВ МОНИТОРИНГОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Полетаев В.А., Рябинин Г.В., Кузьмин Ю.Д.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: polet@emsd.ru, kuzy@emsd.ru

При всех некоторых чертах сходства-различия: геологии, структурном положении, химическом и газовом составе воды для целей среднесрочного прогнозирования землетрясений, по нашему мнению решающее значение имеют геолого-структурные особенности полигонов (станций). Так на Пиначевской станции, кроме общего юго-восточного простирания структур зоны Авачинского глубинного разлома, отмечается связь с глубинной долгоживущей структурой северо-восточного простирания. Тогда как на Верхне-Паратунской определяющее значение имеют, кроме Вилучинского глубинного разлома (лениамента) юго-восточного простирания, субмеридиональные и субширотные раздвиговые зоны. Поэтому Пиначевская станция в большей степени способна отмечать напряженно-деформационные состояния не только к юго-востоку, но и в северо-западном направлении, что и подтверждается данными многолетних газо-гидрохимических наблюдений (по результатам опробования).

НОВЫЙ ЗАКОН СЕЙСМОЛОГИИ?

Родкин М.В.

*Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, Москва
e-mail: rodkin@mitp.ru*

Результаты анализа обобщенной окрестности сильного землетрясения, благодаря накоплению большого объема данных, позволяют, кроме детального описания интенсивности потока фор- и афтершоков, выявить типовую аномалию, проявляющуюся для значительного числа различных параметров сейсмичности и нарастающую к моменту обобщенного сильного события как минус логарифм времени до момента этого землетрясения. Обсуждается возможность интерпретации характера аномалии в рамках различных подходов к описанию сейсмического режима.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЛИВНОЙ КОМПОНЕНТЫ СЕЙСМИЧЕСКИХ ШУМОВ НА КАМЧАТКЕ В 2017–2019 гг.

Салтыков В.А.¹, Черепанцев А.С.², Кузнецов Ю.А.¹, Воронин П.В.¹

¹ Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: salt@emsd.ru

² Южный федеральный университет, Таганрог

Приводятся сведения, касающиеся организации нового пункта наблюдений высокочастотных сейсмических шумов (ВСШ) на базе сейсмостанции «Крутоберегово». Полученные результаты подтверждают возможность обнаружения приливной компоненты ВСШ в этой точке и, соответственно, обосновывают перспективы ее использования для исследования предвестников сильных землетрясений.

Приводятся результаты использования в реальном времени разработанной ранее методики выявления предвестника сильного землетрясения по вариациям приливной компоненты ВСШ на пункте «Карымшина» в 2017–2019 гг.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, грант № 2017-05-00185.

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ СИЛЬНЫХ ($M \geq 7.5$) ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИХ СВЯЗИ С ЛУНЫМ 18.613 г. И СОЛНЕЧНЫМ 22-ЛЕТНИМ ЦИКЛАМИ ПО МЕТОДУ ФАЗОВЫХ ТРАЕКТОРИЙ: МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Серафимова Ю.К., Широков В.А.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: yulka@emsd.ru

В 2006 г. авторами предложен новый методический подход для решения задачи долгосрочного прогноза сильных землетрясений, основанный на совместном изучении их отклика на лунный 18.6 г. и 22-летний солнечный Хейловский циклы. На основе предложенного метода фазовых траекторий (МФТ) проведен анализ совместного распределения по фазам указанных двух циклов землетрясений восьми регионов Тихоокеанского и четырех регионов Альпийско-Гималайского сейсмических поясов. Обнаруженные статистически значимые связи между группированием землетрясений и определенным соотношением их фаз позволили дать прогнозы ожидаемых сильных землетрясений и оценить их эффективность по ретроспективным данным. В 2015 г. появился новый каталог мировых землетрясений в шкале моментных магнитуд с 1900 г. (<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search>). Мы полагаем, что этот каталог имеет более точные оценки магнитуд и может считаться однородным для разных регионов мира. В связи с этим в данной работе без изменения самой методики прогнозирования заново рассчитаны опасные временные интервалы возникновения сильных землетрясений в различных регионах мира. Проведено сравнение эффективности прогнозов для двух вариантов используемых каталогов.

К ОЦЕНКЕ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И СОСТОЯНИЯ МАГМАТИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА РАЙОНА ВУЛКАНОВ ТОЛБАЧИК – УДИНА ПО КИНЕМАТИЧЕСКОМУ ПАРАМЕТРУ V_p/V_s ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Кучай М.С., Славина Л.Б.

Институт физики Земли РАН, г.Москва, e-mail: kuchay@ifz.ru

Представлены результаты исследования поля отношения скоростей сейсмических Р и S волн – параметра V_p/V_s – в южном сегменте СГВ по данным вулканических землетрясений,

зарегистрированных сетью телеметрических сейсмических станций КФ ГС РАН. Значения параметра V_p/V_s определяются в обычных условиях механическими свойствами горных пород. Однако, в областях активного вулканизма на значение параметра оказывают влияние термодинамические параметры и физическое состояние вещества. Значения равные 1.73 ± 0.05 («пуассоновы») считались нормальными, ≤ 1.68 – пониженными, значения $V_p/V_s \geq 1.78$ – повышенными. Рассматриваются вопросы отражения в поле параметра V_p/V_s динамики сейсмической и вулканической активности, в районе вулканов Плоский Толбачик, группы вулканов Зимина, Большая и Малая Удина, Толудской зоны шлаковых конусов. Исследовано распределение параметра V_p/V_s во времени, по глубине и по площади в этой части Северной вулканической группы, в период развития БТТИ 1975-76 гг., ТТИ 2012-13 гг., последующие годы. Параметр V_p/V_s в периоды развития процесса вулканической активности не остается постоянным ни во времени, ни в пространстве. Значение параметра в этом случае определяется скорее составом, температурой и физическим состоянием вещества, чем геодинамическим полем напряжений. Магматическая питающая система, накопление, перемещение и, возможно, состояние магматического вещества, отражаются в поле отношения скоростей. Для различных периодов активности и структурных элементов вулканов характерны разные значения параметра V_p/V_s . Так, например, в период Трещинного извержения (ТТИ) вулкана Плоский Толбачик в промежуточном магматическом очаге на глубинах 3-5 км., наблюдались низкие значения параметра. В период настоящей активизации группы вулканов Удина (с октября 2017 г. по настоящее время) на глубине 3-5 км наблюдается слой характеризующийся существенно пониженными значениями параметра V_p/V_s под вулканами этой группы и Плоским Толбачиком. На глубине 15-20 км под вулканом Большая Удина и Толудской зоной шлаковых конусов выделяются вулканические очаги с повышенными значениями V_p/V_s . Видны каналы подъема магматического вещества с «пуассоновыми» значениями V_p/V_s из очаговых областей к указанному слою и каналы, ведущие от этого слоя в постройки вулканов. Землетрясения в постройках вулканов имеют в основном повышенные значения V_p/V_s . Очевидна тесная связь областей питания названных вулканов. Вероятно, областью питания указанных вулканов, являются периферические очаги, расположенные на глубине 15-20 км под вулканами группы, включая и Толудскую зону шлаковых конусов. Они характеризуются относительно высокими значениями V_p/V_s . Активизация в этой области наблюдалась и в предыдущие периоды Трещинных извержений Плоского Толбачика. Однако, во время настоящей активизации вулкана Удина, поступление магматического вещества и разогрев магмы, видимо, недостаточен для нового извержения. К области питания вулканов этой группы по нашему мнению также относится выделенный нами ранее под вулканами СГВ «слой нейтральной плавучести». Заметим, что по распределению значений параметра V_p/V_s и сейсмической активности нет основания для выделения в рассматриваемой области тектонических, блоковых структур и разломов, отмеченных разными авторами на геолого-тектонических схемах.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА В РАЗЛИЧНЫХ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Умурзаков Р.К.

Институт сейсмологии АН РУз, Ташкент. e-mail: Lika_7170@mail.ru

Анализ изменения многолетних наблюдений газового состава на примере молекулярного водорода в подземных водах в юго-западной части Каржантауского разлома позволил получить картину распределения концентрации водорода по площади. Выявлена различная концентрации водорода в зоне разлома, связанная с неоднородностью геолого-структурного строения.

ДОЛГОСРОЧНЫЙ СЕЙСМИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ДЛЯ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ДУГИ НА IX 2019 – VIII 2024 гг.; РАЗВИТИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕГИОНА В 2018–2019 гг.

Федотов С.А., Соломатин А.В., Кирюхин А.В.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: alf55@mail.ru

Уровень сейсмичности на Курило-Камчатской дуге является одним из самых высоких в мире и наивысшим в России. Здесь в вытянутой вдоль дуги на 2200 км сейсмофокальной зоне в среднем раз в 5 лет происходят землетрясения с $M \geq 7.7$, сила которых может достигать 9 баллов в районе их очагов и прилегающих областях. Для мониторинга опасности сильных землетрясений в Курило-Камчатском регионе с 1965 г. применяется метод долгосрочного сейсмического прогноза С.А.

Федотова (ДССП), основанный на проверенных представлениях о свойствах сейсмического процесса: сейсмических брешах и сейсмическом цикле.

Наиболее важной прогнозируемой величиной в методе ДССП в настоящее время является вероятность возникновения в течение следующих 5 лет сильнейших землетрясений в различных участках сейсмофокальной зоны. Эта вероятность может меняться в пределах двух порядков величин в зависимости от стадии развития сейсмического процесса.

В работе рассматриваются последние результаты исследований по методу ДССП по апробированной методике и дан прогноз для Курило-Камчатской дуги на IX 2019 – VIII 2024 гг.

Важной частью метода ДССП являются мониторинг регионального сейсмического процесса, необходимый для выявления основных факторов и уточнения тенденций его развития. В работе рассмотрено развитие сейсмического процесса в Курило-Камчатском регионе в 2018–2019 гг.

Полученные ранее результаты относительно влияния сильнейших глубоких охотоморских землетрясений и сильнейших землетрясений прилегающих регионов на сейсмичность Курило-Камчатской сейсмогенной зоны показывают взаимосвязь сеймотектонических процессов в широком пространственном масштабе и ее отражение, прежде всего, в наиболее опасных участках – сейсмических брешах.

Предыдущие данные ДССП указывали на необходимость продолжения и увеличения работ по сейсмобезопасности и предотвращению огромных ущерба и потерь в районе г. Петропавловск-Камчатский. Эти данные с 1985 г. использовались, для обоснования государственных мер по сейсмозащите и сейсмоукреплению Камчатки как форпоста России на Тихом океане.

ДИНАМИКА ПОДПОЧВЕННОГО РАДОНА И МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА В 2018–2019 гг.

Фирстов П.П., Макаров Е.О.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: firstov@emsd.ru

Рассмотрена динамика подпочвенных радона и молекулярного водорода в период 2018 г. – первая половина 2019 г. на сети пунктов Петропавловск-Камчатского геодинимического полигона. В 2018 г., в отличие от предшествующих годов, наблюдалось уменьшение тензочувствительности пунктов радонового мониторинга, что проявилось в отсутствие отклика в поле подпочвенного радона на подготовку сильных землетрясений района Авачинского залива. Одновременно отмечается повышение концентрации молекулярного водорода в воздухе подпочв и появление аномалий перед сильными землетрясениями района полуострова Камчатка, что позволило сделать ряд успешных прогнозов. На взгляд авторов, этот факт свидетельствует о перестройке поля напряжений в районе полигона.

О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАМЧАТСКОГО ФИЛИАЛА РОССИЙСКОГО ЭКСПЕРТНОГО СОВЕТА В 2017–2019 гг.

Чебров Д.В., Салтыков В.А., Серафимова Ю.К.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: danila@emsd.ru

Представлены результаты работы Камчатского филиала Российского экспертного совета по оценке сейсмической опасности и риска (КФ РЭС) в 2017–2019 гг. Показаны методики, по которым были выявлены предвестники и/или давались прогнозы перед наиболее значительными сейсмическими событиями. Приводятся данные о реализованных прогнозах и предвестниках сильных ($M \geq 6.0$) землетрясений Камчатки за период 2017–2019 гг.

СЕЙСМИЧЕСКИЙ ФАКТОР В ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ И ПОДГОТОВКЕ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНА КЛЮЧЕВСКОЙ (КАМЧАТКА)

Черкашин Р.И., Муравьев Я.Д., Дубровская И.К.

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
e-mail: oblomoff_92@mail.ru*

На одном из самых активных и крупных вулканов мира – стратовулкане Ключевской – за историческое время часто наблюдались разнообразные по масштабу изменения морфологии поверхности его постройки. Эти разрушения в основном локализовались в долгоживущих геологических образованиях – вулcano-тектонических желобах. В ряде работ делались прогнозы

обрушений, основанные на рельефе и морфологии вулкана, системе тектонических нарушений в его постройке, локализации побочных извержений, внедрением секущих постройку интрузий и даек, деятельности ледников на склонах и других факторах. Роль сейсмической активности в подготовке и образовании крупных обрушений и оползней на вулкане ранее отдельно не рассматривалась. В данной работе выполнен анализ сейсмичности Ключевского вулкана, связанной с периодами активизации извержений, как одной из ключевых причин развития деформаций и крупных обрушений/оползней разного генезиса на его склонах. Согласно пространственного распределения землетрясений и их сейсмической энергии, наиболее благоприятными для развития крупных обрушений являются северо-западный и юго-восточный секторы вулкана, что, по-видимому, связано с растяжением постройки относительно трассирующего ее субмеридионального разлома С-СВ простирания.

ДОЛГОСРОЧНО-КРАТКОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ МИРОВЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С МАГНИТУДОЙ $M_w \geq 9.0$ ДО 2800 г. ПО ДАННЫМ СОБЫТИЙ С 1700 г. НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ РЕЗОНАНСНЫХ РИТМОВ

Широков В.А.¹, Крелевец А.Н.²

¹ Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: shirokov@emsd.ru

² Петропавловский филиал Российской академии Народного Хозяйства и Государственной службы (РАНХиГС), Петропавловск-Камчатский

Для прогноза мировых землетрясений с моментной магнитудой $M_w \geq 9.0$ и глубиной очагов менее 100 км с 1700 г. ($N = 7$, каталоги А.А. Гусева и NEIC GS USA) используются целочисленные резонансные ритмы (ЦРР), рассчитываемые как произведение отношения двух целых чисел, умноженного на лунный (ТЛ = 18.613 г.) и солнечный (ТС = 1.0 г.) ритмы. ЦРР зависят от возмущающих сил, связанных с движением Луны вокруг Земли и их центра масс вокруг Солнца. До 2012 г. ЦРР для прогноза землетрясений и извержений вулканов не использовались. Для прогноза землетрясений нами используются 8 ЦРР с уровнем значимости 0.025 и менее. Выбор ритмов определяется условием попадания семи исходных событий в активные фазовые коридоры шириной от 27% до 59%. Два ритма, выделенные жирным шрифтом, связаны с ТЛ = 18.613 г. и с полным циклом резонанса 781.746 г. равенством $(6 \cdot (130.291 \text{ г.})) = (7 \cdot (111.678 \text{ г.})) = 781.746 \text{ г.} = 42 \cdot (18.613 \text{ г.})$. Полный цикл резонанса равен произведению двух выделенных ритмов, поделенному на модуль их разности. Остальные 6 ЦРР рассчитаны при делении 781.746 г. на числа 12, 14, 15, 20, 60, 100. Алгоритм прогноза прост: землетрясения происходили и ожидаются только в интервалах, соответствующих активным фазам используемых резонансных ритмов.

Прогнозируемые интервалы по данным восьми ЦРР рассчитывались с использованием программы Excel по рекуррентным формулам аналогично работе предыдущего совещания КФ ФИЦ ЕГС РАН (Широков, 2017). Используется также значимый резонансный ритм 0.2 г., связанный с ТС = 1.0 г. равенством $(1/5) \cdot (1.0 \text{ г.}) = 0.2 \text{ г.} = 73 \text{ суток}$. Активная фаза этого ритма составляет 25 суток, поэтому прогноз именуется долгосрочно-краткосрочным. Прогноз рассчитан до 2800 г., т.е. дается на полный цикл резонанса: 2019.0 г. + 781.746 г. = 2800.746 г. После 2019 г. выявлены 7 прогнозируемых интервалов общей длительностью 2.07 г., что составляет 0.265 % от времени прогноза. Существенно, что в течение ближайших пяти сот лет, т.е. до 2519 года, землетрясения с $M_w \geq 9.0$ не ожидаются. Эффективность прогноза по определению А.А. Гусева (1974 г.) по ретроспективным данным равна 377. Сделан вывод о резонансной природе процессов разрушения геосреды при сильнейших землетрясениях, а Земля рассматривается как многоритмичный резонатор в гравитационно-устойчивой системе Солнце–Земля–Луна.

О ГРУППИРОВАНИИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В КУРИЛО-КАМЧАТСКОМ РЕГИОНЕ И РАЙОНЕ о. САХАЛИН

Широков В.А., Серафимова Ю.К.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: yulka@emsd.ru

Выделены временные группы землетрясений между событиями трех соседних тектонических зон: 1 – Камчатский край (условно Камчатка); 2 – Курильские о-ва с близлежащей зоной северной части Хоккайдо (условно Курилы); 3 – о. Сахалин. Выделялись пары главных землетрясений с интервалом Δt между событиями выделенных трех тектонических зон до одного года по данным землетрясений с $M \geq 7.3$ и глубиной гипоцентров 0–100 км на интервале 1737–2014 гг. в зонах 1 и 2.

Для о. Сахалин уровень сейсмичности значительно слабее, поэтому магнитуды для зоны 3 соответствуют нижнему порогу 7.0. Для периода 1901–2014 гг. выделено 14 групп. Из них 10 групп соответствуют комбинации Курилы – Камчатка ($N = 8$) и Сахалин – Камчатка ($N = 2$), т.е. в 10 случаях из 14 камчатские землетрясения происходят позже. Такая статистика может использоваться для прогноза камчатских событий, т.к. можно рассчитать вероятность возникновения сильных камчатских событий после предваряющих событий в зонах 2 и 3.

О ПРОГНОЗИРОВАНИИ КАМЧАТСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Щекотов А.Ю.¹, Копылова Г.Н.², Будилова Е.А.², Серафимова Ю.К.²

¹ *Институт физики Земли РАН, Москва, e-mail: oldresident@yandex.ru*

² *Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский*

В докладе рассматривается методика прогнозирования величины магнитуды, расположения эпицентра и времени ожидаемого землетрясения по данным непрерывных наблюдений с использованием магнитометра-вариометра на КГО «Карымшина», Камчатка. В основу сейсмопрогностического метода положены эмпирически установленные электромагнитные явления, возникающих в процессе подготовки землетрясений: 1 – образование УНЧ ионосферной депрессии и 2 – УНЧ-КНЧ излучение. С использованием данных Регионального каталога землетрясений Камчатки, составленного в КФ ФИЦ ЕГС РАН, приводятся статистические оценки связи между произошедшими землетрясениями и сделанными прогнозами в режиме реального времени и ретроспективно. Рассматриваются направления развития сейсмопрогностического метода для увеличения его надежности и точности при прогнозировании пространственно-временных и энергетических параметров землетрясений.

ПРОГНОЗ ПОЛОЖЕНИЯ ЭПИЦЕНТРОВ КАМЧАТСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТАТИСТИКИ И ДАННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Щекотов А.Ю.¹, Чебров Д.В.²

¹ *Институт физики Земли РАН, Москва, e-mail: oldresident@yandex.ru*

² *Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский*

В докладе рассмотрен алгоритм оценки положения эпицентров предстоящих землетрясений. Он базируется на анализе их пространственной статистики и азимутального распределения УНЧ-КНЧ излучения, возникающего в период их подготовки. В основе метода лежит гипотеза, что эти излучения вызваны извергающимися газами из Курило-Камчатского и Алеутских желобов. При этом предполагается, что газ из очага распространяется по кратчайшему пути к жёлобу. Прогнозируемая область представляет собой трапециевидный четырехугольник с узкой стороной, равной размеру источника излучения, расположенной на жёлобе. Параллельно ей, расположенной в сторону полуострова, широкой стороной на расстоянии, обеспечивающем попадание в эту область событий с заданной вероятностью и двух боковых, соединяющих эти границы.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГИДРОГЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДВЕСТНИКОВ СУСАМЫРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ (1992 г.) В РАЗНОРАНГОВЫХ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ ВОСТОЧНОГО УЗБЕКИСТАНА

Юсупов Ш.С., Нурматов У.А., Шин Л.Ю., Юсупджанова У.А.

Институт сейсмологии АН РУз, Ташкент, e-mail: shuhrat-1951@mail.ru

Сусамырское землетрясение с магнитудой 7.5 произошло 19.08.1992 г. (глубина 25 км) на территории Киргизстана. Землетрясение затронуло большую территорию Центральной Азии, в том числе, все сейсмогенные зоны Узбекистана. На многих сейсмопрогнозных станциях Узбекистана наблюдались аномальные проявления гидрогеосейсмологических (ГГС) и геофизических параметров. В подтверждении этого можно привести аномальные проявления в скважинах станций Чартак, Ходжабад, Чимион, Хаватаг и Ташкент. Во всех станциях величина M/LgR имела значение больше 2.5. В докладе приводятся материалы ГГС данных по данному землетрясению.

Секция «Технические и программные средства геофизического мониторинга»

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И ЛОКАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ NSDL. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ

Асминг В.Э

Кольский филиале ФИЦ ЕГС РАН, Апатиты Мурманской обл., e-mail: AsmingVE@mail.ru

С 2015 года в Кольском филиале ФИЦ ЕГС РАН разрабатывается система автоматического детектирования и локации NSDL. В настоящее время система используется для рутинной обработки данных сейсмостанций Европейской Арктики (Фёдоров А.В. и др., 2018). В 2017 году начато внедрение системы в ряде подразделений ФИЦ ЕГС РАН. Система состоит из нескольких программ, среди которых основными являются программа одностанционной обработки NSS и программа ассоциации NAS. NSS производит первичное детектирование событий, отбраковку ложных срабатываний, предварительную локацию с определением азимутов поляризационным анализом для трехкомпонентных станций и алгоритмом beamforming для сейсмических групп (Asming V.E., 2015). NSS может использоваться как в составе системы, так и отдельно. Вторая программа -NAS производит ассоциацию данных, полученных NSS для станций сейсмической сети, более точно лоцирует события, формирует Интернет-бюллетень. Также программа может применяться отдельно для переобработки сейсмических бюллетеней (Mogozov A.N et all 2018). Изначально система разрабатывалась для региона с относительно слабой сейсмичностью, с редким потоком сейсмических событий и малым количеством сейсмических станций. В регионе много выходов коренных пород, поэтому, как правило, станции устанавливаются на эти выходы, уровень шума на них невелик, поляризационный анализ работает устойчиво и с небольшими ошибками. Внедрение системы в регионах с другой сейсмической обстановкой и другими грунтами приводит к техническим проблемам, решение которых, в свою очередь, помогает совершенствовать систему (Асминг В.Э., 2018). Так, например, внедрение системы в Байкальском филиале показало, что в условиях плохих грунтов в некоторых случаях поляризационный анализ не работает вообще, а в некоторых – с большой погрешностью. В результате система была модифицирована для различного учета оценок поляризации на разных станциях. В результате работы по внедрению системы на станциях северного Кавказа обнаружилось, что в некоторых случаях в установке станций встречаются погрешности – неверные полярности каналов, ошибочная идентификация каналов, ошибки в ориентации датчиков. Для поиска таких ситуаций была сделана специальная утилита, которая по замерам собственных векторов Р-волн записей событий на анализируемой станции и по правильным координатам этих событий подбирает перестановки каналов и полярностей, повороты датчиков для получения наиболее правильных азимутов на события. При попытке обработать данные Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН, относящихся к афтершоковой последовательности в районе Углового поднятия в районе сочленения Курило-Камчатского и Алеутского желобов обнаружилось, что в условиях плотного потока сейсмических событий, происходящих в компактной области, программа одностанционной обработки часто неверно ассоциирует Р и S фазы от разных событий, что приводит, с одной стороны, к «перестрелам» в локации, а с другой – пропускам событий. Применение ряда технических усовершенствований, в частности, увеличенных весов вариантов локации, попадающих в заранее указанные области, позволило смягчить эту проблему и получить достоверную картину временного развития данной последовательности.

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ВБЛИЗИ ВУЛКАНА ЭБЕКО

Будилов Д.И., Акбашиев Р.Р., Фирстов П.П., Макаров Е.О.

*Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail:
budilovdmi@gmail.com*

Во время извержения вулкана Эбеко, расположенного вблизи города Северо-Курильск (7.2 километра), происходят выбросы на высоту 3-5 км. Часто пепловый шлейф распространяется в сторону населённого пункта. С целью изучения характеристик эруптивного облака, возникающего при извержениях вулкана, установлен комплекс аппаратуры, включающий: два датчика регистрации

напряженности вертикальной составляющей электрического поля атмосферы; микробарографа; радиометра для измерения концентрации почвенного радона. Для получения и первичной обработки данных с приборов создана информационная система передачи информации по локальной сети Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН. При разработке были использованы языки программирования Python, JavaScript и микрофреймворк Flask. Передача данных осуществляется по протоколу sftp.

КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ ПРЕДСТАВИТЕЛЬНОСТИ КАТАЛОГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Волович О.Г., Салтыков В.А.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: olga@emsd.ru

Изменение конфигурации сети, технических средств и методов регистрации землетрясений приводит к изменению представительности каталога. Для статистического анализа параметров сейсмичности необходимо знать оценки пространственно-временного распределения представительности каталога зарегистрированных землетрясений. Представленный комплекс программ реализует алгоритм, позволяющий определить значение представительного класса для заданных областей и построить карты представительности каталога землетрясений.

ПРИМЕНЕНИЕ МЮОННОЙ РАДИОГРАФИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ КРАТЕРА ВУЛКАНОВ

Горнушкин Ю.А.

Объединенный институт Ядерных исследований, Дубна, e-mail: gornushk@yandex.ru

Методика мюонной радиографии (мюонографии) зародилась в 60-х годах и основана на использовании повсеместно доступного и обладающего глубокой проникающей способностью потока космических мюонов для исследования структуры плотности масштабных природных, археологических или промышленных объектов. С начала 2000-х годов в дополнение к другим методам в мире проводятся исследования вулканов с помощью мюонографии с использованием как электронных, так и фотоэмульсионных детекторов. В связи с техническим прогрессом достигнутым в последние годы в области детекторов возможности мюонной радиографии и область ее применения расширяются. Дается краткий обзор состояния этих исследований, рассматриваются возможные постановки исследований, ограничения методики, преимущества и недостатки используемых инструментов, достигнутые результаты, описываются перспективы использования методики в изучении вулканов в России.

ПРЕЦИЗИОННЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕРМОСЕНСОРЫ ДЛЯ КОРРЕКТИРОВКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ШУМА СЕЙСМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Гравиров В.В.^{1,2}, Лиходеев Д.В.¹, Кислов К.В.², Долов С.М.^{3,4}

1 ИФЗ РАН, ИТПЗ РАН, Москва, e-mail: gravirov@mail.ru

2 Институт теории прогнозирования землетрясений и математической геофизики РАН, Москва,

3 Геофизическая служба Российской академии наук (ГС РАН), Обнинск

4 Кабардино-Балкарский государственный университет, Кабардино-Балкарская Республика,

Одним из хорошо известных основных помехогенерирующих факторов, вызывающих шум в длиннопериодных сейсмических приборах, а также высокочувствительных наклономеров, являются колебания температуры механических элементов приборов, а также колебания температуры во внутреннем пространстве данных приборов. Как одно из возможных решений по уменьшению влияния шумов подобного типа можно использовать адаптивную фильтрацию регистрируемых сейсмических сигналов с использованием данных по одновременной регистрации температурного режима элементов приборов и окружающего их пространства. Однако до последнего времени таким способом было невозможно достичь значительных практических результатов, поскольку не было систем, способных регистрировать изменения температуры с достаточной точностью. Разработанная серия высокочувствительных термосенсоров позволяет одновременно контролировать температуру в нескольких наиболее важных точках любого сейсмического прибора с точностью порядка 0,001 градуса Цельсия. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации в поддержку ведущих научных школ № НШ-5545.2018.5.

PEMSDAS-2 - ПОРТАТИВНАЯ МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА СБОРА ТЕМПЕРАТУРНЫХ И СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Гравиров В.В.^{1,2}, Кислов К.В.², Котов А.Н.²

1. ИФЗ РАН, ИТПЗ РАН, Москва, e-mail: gravirov@mail.ru

*2. Институт теории прогнозирования землетрясений и математической геофизики РАН,
Москва*

Сейчас в сейсмологии получение новых знаний происходит путем анализа записанных экспериментальных данных, позволяющих раскрыть тайну недр Земли при помощи сейсмических волн. Однако процесс сбора сейсмических данных далеко не прост, так как для этих целей нужно иметь системы сбора информации, обладающие действительно широким динамическим диапазоном, что позволит регистрировать всю картину сейсмических явлений: от приливных вариаций до микросейсм. Также существенные ограничения накладываются на подобные системы по напряжениям питания, потребляемой мощности, входным диапазонам напряжений, рабочему температурному диапазону и т.п. К сожалению, не существует идеальной системы способной решить подобные задачи. Как одно из возможных решений мы представляем второе поколение автономной модульной портативной системы сбора данных на основе малопотребляющего 24-разрядного аналого-цифрового преобразователя. Система построена по модульно-блочному принципу, что позволяет гибко изменять количество полностью независимых каналов входных данных, а также тип / модель контроллера в соответствии требованиями решаемых задач. Рабочий прототип системы сбора базируется на использовании в качестве управляющего контроллера микрокомпьютер типа Raspberry Pi 3. Данный прототип системы был разработан для исследования и регистрации температурных режимов современных сейсмометров. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации в поддержку ведущих научных школ № НШ-5545.2018.5.

НАБЛЮДЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ В СЛОЕ F2 ИОНОСФЕРЫ НАД ЗОНАМИ СУБДУКЦИИ

Дубров М.Н., Смирнов В.М., Смирнова Е.В.

*Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,
Фрязино, e-mail: mnd139@ire216.msk.su, start1mn@mail.ru*

Представлены результаты дистанционной регистрации деформационно-барических процессов в литосфере и атмосфере, а также вариаций ТЕС ионосферы Земли во время катастрофических землетрясений: 25.09.2003 г., Хоккайдо, $M = 8.3$; 26.12.2004 г., Суматра, $M = 9.1$ и других крупных сейсмических событий. Мониторинг деформационно-барических процессов выполнялся длинноточными лазерно-интерферометрическими инструментами, установленными на подземном лучеводном Полигоне в Подмоскowie. Мониторинг состояния ионосферы Земли осуществлялся с использованием средств спутниковой навигационной системы GPS-ГЛОНАСС и наземных пунктов наблюдения международной геофизической сети (IGS). Исследуется взаимодействие интенсивных геофизических процессов регионального и глобального масштабов, регистрируемых на поверхности Земли, в атмосфере и в околоземном пространстве. Обнаружена взаимосвязь пространственно-временных вариаций электронного содержания в слое F2 ионосферы с тектоническим строением литосферных плит. В частности, отмечены характерные особенности вариаций, зарегистрированных спутниковой навигационной системой над зонами субдукции в Тихом и Индийском океанах. Временные вариации интегральной электронной концентрации составляют 0,2-0,5 TECU/с стандартных единиц (TEC units) при пересечении зоны субдукции подионосферной точкой траектории спутника.

ЗАПАТЕНТОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ 2-х ТЕХНОЛОГИЙ ОПЕРАТИВНОГО, ДИСТАНЦИОННОГО ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО СЕЙСМОФЛЮИДОГЕОДИНАМИЧЕСКИМ (СФГД) ПОЛЯМ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Керамова Р. Ага-Д.

*Республиканский Центр Сейсмологической Службы (РЦСС) при НАН Азербайджана,
Азербайджан, Баку, e-mail: keramovar@mail.ru*

В январе 2019 года, в Азербайджане, который является одним из сейсмоопасных регионов нашей планеты, получены два “Авторских свидетельства на программное обеспечение” по решению данной проблемы на основе данных круглогодичного СФГД мониторинга (РЦСС при НАНА - Керамова Р.А., Аббаслы О.А.). Эти исследования в течение 1979-2019 гг. представлены

сейсмогеохимическими и сейсмогидрогеодинамическими методами. Собран статистически огромный фактический материал. Изучение режимных вариаций проводилось на 24~27-ми объектах (в разные годы), которые представлены подземными водами и морской водой Каспия, газов, растворённых и свободно выделяющихся в водах, а также – радиоактивными элементами. За период 1998-2016 гг. были разработаны, протестированы и внедрены две автономные и принципиально разные “Автоматизированные технологии №1 и №2 для оперативной оценки сейсмической обстановки и оперативного сейсмопрогноза только на основе мониторинга сейсмогеодинамического режима флюидов (СФГД) в Азербайджане”. На их основе определяются “интервалы-диапазоны” основных сейсмологических параметров: (координаты; магнитуда; время, оставшееся до реализации). Регионы нашего оперативного дистанционного сейсмопрогноза: 1. Кавказско-Каспийский регион (Каспий; Азербайджан; Россия-Чечня, Дагестан; Грузия); 2. Анатолийско-Иранский регион (Иран, Турция). 3. Страны глубокофокусных сейсмогенных зон Гиндукуш ($m_b \geq 90$ км: Таджикистан; Афганистан; Пакистан). 4. Очаги катастрофических планетарных землетрясений (Италия; Индонезия; Япония; Филиппины, Чили). Эта география может быть расширена при необходимости. Достоверность всех полученных результатов достигает 80÷85%.

ОБ ОПЫТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-ЭЛЕКТРОННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ НА САХАЛИНЕ И ЮЖНЫХ КУРИЛАХ.

Костылев Д.В., Богинская Н.В.

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, e-mail: predont@yandex.ru

В работе изучен опыт эксплуатации молекулярно-электронных сейсмометров на Сахалине и Южных Курилах. В 2018-2019 выполнены работы по созданию экспериментальных пунктов сейсмологических наблюдений на Юге Сахалина и о-ве Кунашир с использованием молекулярно-электронных сейсмических датчиков нового поколения. Выполнен анализ регистрационных возможностей сейсмического оборудования. Представлены результаты натурных гидроакустических наблюдений с использованием молекулярно-электронных гидрофонов.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС СБОРА И ОБРАБОТКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Ларионов И.А.

ИКИР ДВО РАН, Камчатский край, с. Паратунка, e-mail: igor@ikir.ru

Комплексный анализ акустических и электромагнитных сигналов для оценки уровня сейсмической опасности и предупреждения природных и техногенных катастроф. Одним из важных вопросов при создании удалённых автономных систем регистрации научных данных является их энергоэффективность при высокой вычислительной способности и их гибкой настройке под изменяющиеся требования. Представлена разработка программно-технических средств комплексного анализа сигналов геоакустической и электромагнитной эмиссий для автоматизированной оценки состояния системы поверхностный слой Земли - низкие слои атмосферы в периоды предшествующие опасным сейсмическим событиям. В работе приведён пример создания унифицированных устройств сбора цифровых данных с удалённых пунктов наблюдений ИКИР ДВО РАН на основе энергоэффективных микрокомпьютеров. Проведена апробация системы наблюдения на реальных потоках сигналов геоакустической и электромагнитной эмиссий с сети станций наблюдения ИКИР ДВО РАН.

ОЦЕНКА РЕАКЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ, ОСНОВАННАЯ НА МЕТОДЕ КОГЕРЕНТНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЛЕЙ СТОЯЧИХ ВОЛН

Лисейкин А.В., Селезнев В.С.

СЕФ ФИЦ ЕГС РАН, Новосибирск, e-mail: lexik@ngs.ru

Многие исследователи дают оценку сейсмостойкости сооружений на основе математического моделирования, при котором рассчитывают поведение сооружения на то или иное сейсмическое воздействие в его основании. Известно, что при воздействиях происходит усиление колебаний от основания к верху сооружения преимущественно на собственных частотах. Опыт экспериментальных исследований показывает, что часто не совпадают теоретически и экспериментально определенные собственные частоты, формы и декременты затухания сооружения. В ФИЦ ЕГС РАН разработан метод когерентного восстановления полей стоячих волн, позволяющий по данным регистрации

микросейсмических колебаний, с заданной точностью и детальностью изучать собственные колебания зданий и сооружений. С использованием алгоритмов на основе фильтров Винера, позволяющих пересчитывать разновременные колебания в одновременные, достигается высокая детальность построений при использовании малоканальной аппаратуры. Задача данной работы заключается в разработке способа, позволяющего использовать результаты детального обследования сооружения методом стоячих волн для определения реакции на различные сейсмические воздействия в его основании. Решается тем, что система наблюдения дополняется опорной точкой, расположенной в основании сооружения. Рассчитывается фильтр, позволяющий пересчитывать колебания основания в опорную точку, расположенную на сооружении. На следующем этапе выполняется пересчет полученных колебаний из данной точки в каждую точку на сооружении. Имея набор таких сейсмограмм, можно оценивать различные деформационные параметры, например, изгибные деформации тела плотины, возникающие в процессе сейсмического воздействия. С использованием экспериментальных данных на крупном инженерном сооружении – плотине Саяно-Шушенской ГЭС (Россия), а также на административном здании в г. Тайбэй (Тайвань), показано, что теоретические сейсмограммы в целом соответствуют по амплитуде реальным записям в верхней части сооружений.

РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ И ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ ЗА 2018 ГОД

Лисунев Е.В., Горелов П.В.

*ФИЦ ЕГС РАН, Региональный информационно-обрабатывающий центр «Владивосток»,
г. Владивосток. e-mail: lisunov.evgeniy@gmail.com*

За 2018 год на территории Приморского края и прилегающей морской акватории было зарегистрировано 10 сейсмических событий. Глубины гипоцентров составили от 3 км до 456 км, магнитуды от $M = 1.5$ до $M = 4.4$. В работе описываются результаты сейсмологических и гравиметрических наблюдений на территории Приморского края за 2018 год. Представлены волновые формы сейсмических событий. Проведено сравнений волновых форм, зарегистрированных сейсмометром и гравиметром. Рассмотрены общие особенности тектонического строения Приморского края в соответствии со схемой сейсмически опасных районов. Все прошедшие сейсмические события нанесены на карту разломов, что позволяет проверить, какие разломы оказывают наибольшее влияние на возникновение землетрясений.

СЕЙСМИЧЕСКИЕ И ИНФРАЗВУКОВЫЕ ГРУППЫ КАЗАХСТАНА В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА

Михайлова Н. Н., Смирнов А. А.

*Институт геофизических исследований МЭ Республики Казахстан, Алматы, e-mail:
mikhailova@kndc.kz*

В Казахстане в состав сети наблюдений Института геофизических исследований входят пять сейсмических и три инфразвуковые группы. Дополнительно в реальном времени в Центр в г. Алматы поступают данные двух сейсмических и одной инфразвуковой группы соседних стран. Это дает возможность проводить обнаружение и обработку сигналов от различных по природе источников, в том числе зарегистрированных в комплексе как сейсмическими, так и инфразвуковыми станциями. Приводятся примеры регистрации, параметризации и распознавания таких сейсмоакустических источников, как ядерные и промышленные взрывы, землетрясения, болиды, падения ракет-носителей, ледниковые явления. Создается база данных эталонных сейсмоакустических событий для повышения эффективности мониторинга.

О ВОЗМОЖНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИМИ СТАНЦИЯМИ СИГНАЛОВ ОТ ФРАГМЕНТОВ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

Носкова Н.Н., Виноградов Ю.А.

*Институт геологии имени академика Н.П. Юшкина Коми научного центра УрО РАН, г. Сыктывкар,
e-mail: nataliyageo@mail.ru*

В 2016 г. состоялся первый запуск с нового космодрома «Восточный» в Амурской области. Ракета-носитель (РН) «Союз-2.1а» успешно вывела на орбиту три научных спутника. Летные испытания «Союза-2» начались на космодроме «Плесецк» в Архангельской области в 2004 г. Для

запуска РН «Союз-2» с космодрома «Плесецк» с наклоном 62.8° на территории Республики Коми отведены два штатных района падения (РП) отделяющихся частей РН. Обеспечение безопасности, в том числе, экологической, вдоль трасс запусков космических аппаратов является важным элементом космической деятельности. Сейсмической станцией «Сыктывкар» Института геологии Коми НЦУРО РАН за 2011–2018 гг. были зарегистрированы сигналы от 13 пусков РН «Союз-2а, б». На сейсмограммах фиксируются два мощных импульса, с разницей прихода 12–20 сек, при этом первый импульс всегда более сильный. Иногда отмечается 2 или 3 пары вступлений, менее четких, растянутых по времени. Длительность сигналов составляет, в среднем 6–8 сек., преобладающие частоты – 1.5, 4–6 и 12–16 Гц. Характерной особенностью является то, что сигналы, зарегистрированные в зимние месяцы, обычно приходят позже в среднем на 10–12 сек., чем в весенне-летне-осенние. | Источником таких сигналов являются снижающиеся со сверхзвуковой скоростью створки головного обтекателя, отделяющиеся от РН «Союз» и штатно падающие в отведенный РП «Железнодорожный», расположенный в 90 км северо-восточнее сейсмической станции. То, что эти сигналы инфразвуковые, подтверждается расчетным временем прихода, частотным спектром. В зависимости от состояния атмосферы от одного источника сигнала могут наблюдаться множественные приходы на станцию, вызванные отражением от градиентных границ в атмосфере (стратопазы и мезопазы). Отмечено, что средняя скорость распространения сигнала в зимние месяцы ниже, чем в другие сезоны из-за снижения скорости звука в атмосфере с понижением температуры. В то же время регистрация сигналов в зимний период более уверенная в связи с большей стабильностью атмосферы зимой. Предполагается, что аналогичные сигналы могут регистрироваться сейсмическими станциями дальневосточного региона при проведении пусков ракет-носителей с космодрома «Восточный», и поэтому должны быть учтены при проведении сейсмического мониторинга в этом регионе.

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ПОВЫШЕННОЙ ТЕХНОГЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ В СИСТЕМЕ КОМПЛЕКСНОГО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИДНЕПРОВЬЯ

Пигулевский П.И.¹, Тяпкин О.К.², Бурлакова А.О.²

1 – Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина

2 – Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», Днепр, Украина

Современная горнодобывающая деятельность уже достигла таких масштабов, что способна генерировать природно-техногенные землетрясения, опасность которых в Украине усугубляется их проявлением в экономически освоенных районах с экологически опасными объектами. В первую очередь, это касается ее центральной части – Промышленного Приднестровья, где сосредоточена масштабная добыча железа, марганца, урана, угля и др. полезных ископаемых. В частности, в Криворожском железорудном бассейне (Кривбассе) в последние два десятилетия было зарегистрировано ряд землетрясений, большинство из которых характеризуются магнитудой $M \geq 4,0$, что в частности свидетельствует о том, что платформенная часть территории Украины стала более сейсмоактивной. На фоне этого, дополнительная техногенная нагрузка в Кривбассе (в т.ч. ~3 млрд. тон отходов обогащения железной руды в хвостохранилищах и >9 млрд. тон вскрышных пород в отвалах, массовые взрывы (~384 т взрывчатого вещества на один взрыв) при проведении горных работ и др.) значительно активизирует геомеханические процессы. При дальнейшей масштабной добыче железной руды с использованием мощных взрывов в Кривбассе могут происходить землетрясения с $M \geq 4,6$. Для постоянного наблюдения за напряженно-деформационным состоянием геологической среды территории Кривбасса в 2012 году в г. Кривой Рог была установлена сеймостанция UK15. На ее базе планируется создание локальной сети сейсмомониторинга, способной телесеизмической методами точно локализовать участки современной активизации тектонических структур с наведенной сейсмичностью и организовать передачу данных в European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC). Эта локальная система сейсмомониторинга вместе с подобными системами на территориях других районов добычи полезных ископаемых Промышленного Приднестровья (в первую очередь Никопольского марганцеворудного и Западодонбасского угольного) будет интегрирована в региональную систему экологического мониторинга в Днепропетровской области – СЭМ «Приднестровье», которая постоянно развивается с начала 1990-х годов.

АВТОНОМНЫЙ БУЙ ЛЕДОВОГО КЛАССА ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ РЕГИСТРАЦИЮ ГЕОГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

Преснов Д.А., Агафонов В.М., Груздев П.Д., Собисевич Л.Е.

ИФЗ РАН, г. Москва, e-mail: presnov@physics.msu.ru

Развитие методов математической и экспериментальной геофизики в задачах изучения неоднородных структур литосферы на основе анализа сейсмоакустических, тепловых и электромагнитных полей, включая разработку инновационных информационно-измерительных систем. Представлены результаты разработки, создания опытных образцов и натурных испытаний геогидроакустических измерительных буйев нового поколения. Они предназначены для использования как самостоятельно, при проведении акустических, сейсмических, гидроакустических и сейсмоакустических измерений в море, или на суше (в том числе и в скважинах), так и в составе распределенных антенных систем ледового класса, предназначенных для мониторинга покрытых дрейфующими льдами морских акваторий. Геогидроакустический ледовый буй представляет законченный информационно-измерительный автономный прибор, в составе которого предусмотрено применение как сменных приемных модулей – комбинированных векторно-скалярных гидроакустических (0,01–2,5 кГц) и широкополосных молекулярно-электронных приемников (0,03–50 Гц) нового поколения, так и авторских средств оцифровки принимаемой информации, записи во внутреннюю память и последующей оперативной передачи получаемых научных данных. Результаты продолжительных лабораторно-стендовых испытаний, проведенных в геофизической обсерватории ГС РАН в г. Обнинск, показали высокие технические возможности разработанных геогидроакустических буйев нового поколения.

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО АРХИВА БУМАЖНЫХ СЕЙСМОГРАММ: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Ромашева Е.И., Матвеев Е.А., Чеброва А.Ю.

КФ ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: esenechka@yandex.ru

Архив бумажных сейсмологических данных КФ ФИЦ ЕГС РАН содержит сейсмограммы региональных и временных сейсмических станций с регистрацией на фотобумагу с 1958 г. по 2005 г. Для сохранения первичных материалов наблюдений в виде бумажных сейсмограмм требуется большое помещение с определенным микроклиматом, постоянный уход за лентами. Но, не смотря на создание необходимых условий хранения, со временем сейсмограммы начинают желтеть, фотоэмульсионный слой начинает осыпаться. В 2019 г. в КФ ФИЦ ЕГС РАН началась работа по сканированию бумажных сейсмограмм и созданию архива цифровых копий непрерывных сейсмических записей аналоговых стационарных станций Камчатской сети. В работе рассказывается, как на базе Единой информационной системы сейсмологических данных КФ ФИЦ ЕГС РАН создается цифровой архив бумажных сейсмограмм. Обсуждается вопрос оцифровки отсканированных записей.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПЛОТИН ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЗМЕНЕНИЙ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ.

Селезнев В.С., Лисейкин А.В., Адилов З.А., Кречетов Д.В.

СЕФ ФИЦ ЕГС РАН, Новосибирск, e-mail: sel@gs.sbras.ru

Для контроля целостности конструкций инженерных сооружений широко распространены способы мониторинга, основанные на анализе изменений во времени различных параметров поля стоячих волн (прежде всего, собственных частот). Данные изменения не всегда свидетельствуют о появлении каких-либо дефектов в сооружении. Например, собственные частоты плотин ГЭС меняются при сезонных колебаниях уровня водохранилища. Поэтому для исключения неверной интерпретации, необходимо подробно изучить все факторы, на них влияющие. Предлагается способ мониторинга собственных частот плотин гидроэлектростанций по данным непрерывных сейсмических наблюдений на станциях, установленных внутри плотины и/или на расстоянии от нее. Объектом исследования является крупнейшая в России арочная плотина Чиркейской ГЭС. На первоначальном этапе детально изучены собственные колебания плотины методом когерентного восстановления полей стоячих волн с определением собственных частот сооружения и их мод. Исследования проведены дважды при минимальном и максимальном уровнях наполнения водохранилища (УВБ) и изучены особенности сезонных изменений полного поля стоячих волн.

Установлены моды, частоты которых можно использовать для непрерывного мониторинга технического состояния плотины путем периодического определения их значений по записям сейсмической аппаратуры. Рекомендуется использовать пункты наблюдения, расположенные в областях пучностей стоячих волн. Значения собственных частот уменьшаются с ростом УВБ. Определено, что существуют дополнительные факторы, приводящие к эффекту гистерезиса в зависимости между значениями УВБ и собственных частот, предположительно, связанные с релаксационными процессами в теле плотины и/или в системе плотина-основание после изменения УВБ. Предложена методика мониторинга состояния плотины, основанная на сопоставлении наблюдаемых значений частот с прогнозными. Последние определяются по линейным зависимостям от УВБ с учетом временных сдвигов, связанных с процессами релаксации.

СПЕКТРОСКОПИЯ ИМПЕДАНСА В ГЕОФИЗИКЕ

Уваров В. Н.

ИКИР ДВО РАН, Камчатский край, с. Паратунка, e-mail: uvarovvnnng@yandex.ru

Кратко рассмотрены основы спектроскопии импеданса -- метода, используемого в акустике, технике, биофизике, физической химии, где используется контролируемый тестирующий источник. Рассмотрены возможности и особенности его применения в геофизике с использованием в качестве тестирующего источника естественного электромагнитного излучения КНЧ-СНЧ диапазона. Показано, что неселективное усреднение импеданса позволяет оценить параметры среды распространения в окрестности приемника. Использование селекции сигнала методами однопунктовой пассивной локализации позволяет сделать оценки импеданса среды как в окрестности приемника, так и области селекции. Комбинация неселективных оценок с селективными позволяет оценить импеданс в области селекции. Приведены примеры спектров импеданса в форме диаграмм Найквиста и Боде для наблюдаемых данных.

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОБСЕРВАТОРИИ "ПАРАТУНКА"

Хомутов С.Ю.

ИКИР ДВО РАН, Камчатский край, с. Паратунка, e-mail: hom@ngs.ru

Изменения температуры - один из факторов, который может оказывать существенное влияние на процесс измерений и должен так или иначе приниматься во внимание при анализе полученных результатов. Проблема осложняется тем, что эффект может быть прямым (например, при температурной зависимости датчиков) или опосредованным, когда меняются сопутствующие условия при измерениях (например, устойчивость основания для датчиков). Воздействие может быть нелинейным. Важным обстоятельством является неоднородность температурного поля в области установки аппаратуры. На Геофизической обсерватории "Паратунка" ИКИР ДВО РАН выполняются мониторинговые наблюдения за атмосферным электричеством и магнитным полем Земли. Опыт показывает, что результаты этих наблюдений зависят от температуры. Для изучения этих зависимостей организована система контроля температуры, включающая (1) несколько серийных метеорологических станций (Davis, WS), внешние датчики которых разнесены вдоль поверхности и по высоте (на единицы и десятки метров), (2) сеть из более чем десяти цифровых термодатчиков DS18B20, расположенных внутри павильонов с аппаратурой и на улице, (3) датчики, встроенные в штатные магнитометры и электрометры. В докладе приведены результаты многолетних температурных измерений на обсерватории, показаны проявления температурных эффектов в магнитных наблюдениях и результаты их учёта, рассмотрены некоторые аспекты связи вариаций температуры с атмосферным электрическим полем.

ЕДИНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ КФ ФИЦ ЕГС РАН

Чеброва А.Ю., Чемарев А.С., Матвеев Е.А.

КФ ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: ayuch@emsd.ru

В работе рассказывается об устройстве и функционировании Единой информационной системы сейсмологических данных (ЕИССД) по состоянию на 2019 г. Структуру ЕИССД можно представить в виде совокупности полностью автоматических или автоматизированных подсистем, предназначенных для выполнения определенных задач и включающих в себя набор программ и/или

приложений, взаимодействующих с базой данных ЕИССД. Ряд подсистем ЕИССД обеспечивает сбор и систематизацию параметрических характеристик землетрясений Дальнего Востока (положение гипоцентра, энергетические оценки, макросейсмические проявления, механизмы очагов землетрясений и др.) Одна из подсистем разработана с целью контроля и ассоциирования данных к тому или иному событию. Подсистема доступа к данным ЕИССД представляет собой веб-сайт с широкими функциональными возможностями: позволяет просматривать и сохранять каталоги землетрясений, информацию о станциях и каналах, а также с помощью интерактивной карты в удобном и наглядном виде получать комплексную информацию по землетрясениям.

ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КАК ИНТЕРФЕЙС ДОСТУПА К СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Чемарев А.С., Чеброва А.Ю.

КФ ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: chemarev@emsd.ru

В КФ ФИЦ ЕГС РАН для доступа к комплексной информации о землетрясениях из Единой Информационной Системы Сейсмологических Данных (ЕИС СД) используется интерактивная карта. Первоначально, при её разработке в 2018 г., карта имела жесткую привязку к ЕИС СД. В работе рассматривается реализация интерактивной карты, как инструмента, позволяющего работать не только с данными ЕИС СД КФ ФИЦ ЕГС РАН, но и другими информационными системами имеющими необходимый WEB API.

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕГИСТРАЦИИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ШИРОКОПОЛОСНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА

Черепанцев А. С.

Институт компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета, Таганрог, e-mail: s6319a@mail.ru

Приведены требования к аппаратуре регистрации сверхмалых колебаний поверхности Земли амплитудой 10^{-10} - 10^{-11} м в диапазоне частот 10-100 Гц. Показана ограниченная возможность использования имеющейся стандартной аппаратуры регистрации. Предложен новый тип акселерометра на основе S-моды изгибных колебаний. Такой тип преобразователя позволяет повысить чувствительность и расширить частотный диапазон регистрации. Описан принцип действия акселерометра и приведены его основные технические характеристики.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, грант № 2017-05-00185.

ИНДУКЦИОННЫЕ ДАТЧИКИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ (КОНСТРУКЦИЯ, ОБСЛУЖИВАНИЕ, КАЛИБРОВКА)

Щекотов А.Ю., Кобзев В.А.

ИФЗ РАН, г. Москва, e-mail: oldresident@yandex.ru

Рассматриваются датчики магнитного поля, установленные в 1998 г. в районе КГО «Карымшина». С помощью этих датчиков были обнаружены сейсмо-электромагнитные явления на стадиях подготовки землетрясений Камчатской сейсмофокальной зоны, которые используются в форме сейсмопрогностических заключений в работе советов по прогнозу землетрясений в Камчатском крае. Многолетняя эксплуатация датчиков, их физический износ и моральное устаревание требуют их специального обслуживания и метрологической поверки. Этим вопросам посвящен настоящий доклад.

СЕТЬ РАДИОТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ КАМЧАТКИ

**Ящук В.В., Дроздин Д.В., Головщикова И.А., Конев А.А.,
Ушаков В.В., Некрасова М.Ю., Арбугаева О.В.**

КФ ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: mary_n@emsd.ru

Камчатская сеть радиотелеметрических сейсмических станций (РТСС) создана для оперативного контроля сейсмической обстановки на всей территории Камчатского края и Северных Курил, контроля сейсмической активности в районе действующих вулканов, а также для изучения

развития сейсмических процессов. Система радиотелеметрических сейсмических станций включает в себя передающие пункты и центры сбора информации. В настоящее время сеть состоит из 45 сейсмических станций, включая 34 радиотелеметрические (на 3 станциях РТСС имеются как аналоговые, так и цифровые комплекты аппаратуры) и 11 цифровых широкополосных сейсмических станций. Достоинством аналоговых станций сети РТСС являются: возможность длительной работы в автономном режиме в экстремальных условиях; низкое энергопотребление; высокая надежность; доступ к данным всех сейсмометрических каналов станций в режиме реального времени; высокая точность привязки всех станций РТС к единой шкале времени, низкая стоимость сейсмических датчиков. Достоинством цифровых станций является большой динамический диапазон и широкий частотный спектр регистрируемых событий.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ ПУНКТЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА АКТИВНЫМИ ВУЛКАНАМИ КАМЧАТКИ

*Ящук В.В., Чебров Д.В., Дроздин Д.В., Сергеев В.А.,
Конев А.А., Некрасова М.Ю., Арбугаева О.В.*

КФ ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: mary_n@emsd.ru

Комплексные пункты наблюдения за активными вулканами (ПНВ-А) предназначены для сбора геофизической информации с целью обнаружения и регистрации извержений действующих вулканов Камчатки. Решаются задачи обнаружения активизаций вулканов по данным комплексных наблюдений в автоматическом и автоматизированном режиме для идентификации извержений вулканов с вероятностной оценкой их типов и мощности в автоматическом и автоматизированном режиме.

СИСТЕМА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЙ ЗА АКТИВНЫМИ ВУЛКАНАМИ КАМЧАТКИ

*Ящук В.В., Сергеев В.А., Конев А.А., Иванов В.Ю.,
Некрасова М.Ю., Арбугаева О.В.*

КФ ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: mary_n@emsd.ru

Важное значение для наблюдений за вулканической активностью имеют визуальные данные. Качественный скачок в обеспечении визуальными данными произошел с появлением непрерывных видеонаблюдений в реальном времени с их точной привязкой к абсолютному времени (точность ± 1 секунда обеспечивается GPS-приемником). Со времени установки первой видеокамеры для наблюдения за вулканами прошло 19 лет. За этот период произошла модернизация системы видеонаблюдения с переходом от аналоговых видеокамер к цифровым IP-камерам. В настоящее время ведутся видеонаблюдения за вулканами: Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Авачинский, Корякский, Кизимен, Горелый, Толбачик, Жупановский и Эбеко. Видеонаблюдения производятся с помощью IP видеокамер. Архив видеоснимков хранится на сервере КФ ФИЦ ЕГС РАН. Кроме того, на некоторых пунктах осуществляется запись непрерывного видео mpeg4 с частотой 1 кадр в сек.

Секция «Цунами. Опасность и предупреждение»

СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ЦУНАМИ (СПЦ)

Багдасарова Е.П.

*Всероссийский Научно-исследовательский институт Гидрометеорологической Информации –
Мировой центр Данных, г. Обнинск, elena@meteo.ru*

1. Архитектура Системы связи СПЦ:

- верхний уровень (обмен сообщениями между российскими и зарубежными Центрами цунами, донесения в Росгидромет, МЧС и т.д.);
- нижний уровень (сбор данных от автоматических постов (АП) наблюдения за уровнем моря, обмен телеграммами с ГМС).

2. Состояние системы сбора данных:

Камчатка. В настоящее время из 7 имеющихся АП работают 5 (Корф, Никольское, Озерная, Петропавловск и Семячик). В 1 кв. 2019 г. поступило 97.6 % измерений (показатель работы связи). Сбор данных от этих АП составил 96.0 %.

Сахалин. В настоящее время из 11 имеющихся АП работают 5 (Корсаков, Поронайск, Стародубское, Углегорск, Холмск). В 1 кв. 2019 г. поступило 95.6 % измерений (показатель работы связи). Сбор данных от этих АП составил 95.6 %.

Приморье. Сбор данных от всех 6 АП Приморского УГМС осуществляется устойчиво. В 1 кв. 2019 г. составил 99.4 %.

Дальневосточное УГМС. В Дальневосточном УГМС работает 1 АП. В 1 кв. 2019 г. работа связи достигла 100 %. Средний процент сбора данных составил 99.9 %.

3. Проведение учебных тревог цунами в Камчатском, Сахалинском и Приморском УГМС.

МЕТОДИКА ЛОКАЛЬНОГО ВЕРОЯТНОСТНОГО ЦУНАМИРАЙОНИРОВАНИЯ (РТНА) И ЕЁ РЕАЛИЗАЦИЯ ДЛЯ ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ

Бейзель С.А.¹, Гусев О.И.¹, Кихтенко В.А.¹, Чубаров Л.Б.^{1,2}

¹*Институт вычислительных технологий СО РАН, г. Новосибирск, chubarovster@gmail.com*

²*Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск,*

В докладе представлены результаты реализации методики вероятностного цунамирайонирования побережья, известной под названием РТНА (Probabilistic Tsunami Hazard Assessment) как для создания обзорных карт цунамиопасности Дальневосточного побережья РФ, так и для получения необходимых оценок для малых акваторий и их побережья. Обсуждаются методологические основы подхода, проблемы построения сейсмотектонических моделей основных цунамигенных зон, численные методики получения расчетных каталогов высот волн на побережье.

Приведены примеры обзорных карт и локальных оценок для различных повторяемостей, построенных с применением методики РТНА и представленных с помощью созданного веб-приложения WTMap. Упомянуты также некоторые проблемы применения методики РТНА, связанные как с недостаточностью имеющихся наблюдательных данных, так и со сложностью выполнения большого объема сценарного численного моделирования.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИ ВЛОЖЕННЫХ СЕТОК В ЗАДАЧАХ ЛОКАЛЬНОГО ЦУНАМИРАЙОНИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЛИНЕЙНО-ДИСПЕРСИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ВОЛНОВОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

Гусев О.И.¹, Хакимзянов Г.С.¹, Чубаров Л.Б.^{1,2}

¹*Институт вычислительных технологий СО РАН, г. Новосибирск, gusev_oleg_igor@mail.ru*

²*Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск,*

В докладе рассматривается возможность снижения ресурсоемкости серийных сценарных расчётов распространения волн цунами с учетом эффектов нелинейности и дисперсии при помощи телескопически вложенных сеток. При наличии высокочастотных компонент в начальном возмущении свободной поверхности или при длительном распространении волн целесообразно учитывать их частотную дисперсию, поэтому для таких случаев предлагается использовать НЛД-модель мелкой воды второго приближения.

На границе вложенных подобластей используется интерполяция по пространству и времени искомых величин на детальную сетку с менее детальной. Работоспособность алгоритма проверяется на модельных задачах с дном постоянной глубины путем оценки амплитуд волн, отражённых от этих «внутренних» границ. В задачах с батиметрией, моделирующей рельеф дна в окрестности Курило-Камчатского желоба, исследуется возможность комбинирования НЛД- и бездисперсионной моделей мелкой воды на разных уровнях вложения. Такая методика также способствует снижению требований к необходимым вычислительным ресурсам. Показано, что адекватный выбор иерархии вложенных подобластей обеспечивает достаточную точность воспроизведения характеристик моделируемых волн на самой детальной равномерной сетке.

УТОЧНЕНИЕ ПОРОГОВОЙ МАГНИТУДЫ ДЛЯ ОБЪЯВЛЕНИЯ ТРЕВОГИ ЦУНАМИ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ У ТИХООКЕАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОСТРОВОВ ЯПОНСКОГО АРХИПЕЛАГА

Ивельская Т.Н.¹, Золотухин Д.Е.², Семенова Е.П.³

¹ *Центр цунами, ФГБУ «Сахалинское Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», г. Южно-Сахалинск, ivelskaya@mail.ru*

² *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск,*

³ *Сахалинский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск,*

В настоящей работе выполнен анализ тревог цунами Российской СПЦ для побережья Курильских островов на основании каталогов проявлений цунами в северо-западной части Тихого океана, у побережья островов Японского архипелага.

Проведены вычислительные эксперименты для исторических очагов цунами в районе исследования. На основании результатов представленных в данной работе вычислительных экспериментов могут быть приняты решения о детализации магнитудно-географического критерия цунамиопасности в зависимости от положения очага цунамигенного землетрясения. Это повысит эффективность Службы предупреждения о цунами, как за счет сокращения числа ложных тревог, так и за счет снижения риска фатального пропуска цунами.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦУНАМИ В ОКЕАНЕ ПО ДАННЫМ ГЛУБОКОВОДНЫХ СТАНЦИЙ

Королёв П.Ю., Королёв Ю.П.

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, pasha200482@mail.ru

Характерные особенности волн цунами: амплитуда накатывающейся волны, ее длительность, – являются главными определяющими ее воздействие на берега, сооружения. Для цунамирайонирования побережья и расчета разрушительной силы цунами необходима информация о высотах возможных заплесков, продолжительность затопления берега волной цунами. Накат цунами определяется не столько периодом главной составляющей в спектре цунами, сколько амплитудой и длительностью головной волны.

Цунами в океане представляется как длинная волна с практически неизменным периодом и относительно медленным затуханием. Согласно другим представлениям, цунами – волна, на эволюцию которой оказывает влияние дисперсия. Эффекты проявления дисперсии в реальных волнах цунами и условия применимости перечисленных моделей не исследованы.

В работе представлены результаты анализа трансформации некоторых реальных цунами от источника до побережья: изменение амплитуды и длительности головной волны с расстоянием (временем пробега до точки регистрации). Для длинных волн в зависимости от времени пробега t затухание амплитуды оценивается как $a \sim t^{-1/2}$, длительность первого периода ожидается постоянной. Для диспергирующих волн затухание амплитуды оценивается как $a \sim t^{-1}$, увеличение длительности первого периода – как $T \sim t^{1/3}$.

Цунами, возбужденные землетрясениями с $M=7.4-8.3$: Симуширские 2006, 2007 и 2009 гг., Аляскинское 2018 г., и слабое цунами 9.03.2011 г., практически от очага до точек регистрации являлись диспергирующими. Цунами, возбужденные землетрясениями с $M=8.0-9.1$: Перуанское 2007 г., Чилийское 2014 г. Чилийское 2015 г., Тохоку 2011 г. – практически в течение всего времени распространения (15–17 час.) можно отнести к длинным волнам, лишь на последнем этапе распространения (от 17 до 24 час.) увеличение периода может свидетельствовать о проявлении дисперсии.

Влияние дисперсии на цунами, возбужденные в очагах с большой глубиной океана, проявляется гораздо раньше, чем на цунами, возбужденные в мелководных очагах.

ОПЕРАТИВНЫЙ ПРОГНОЗ ЦУНАМИ ПО ДАННЫМ БЛИЖАЙШИХ К ОЧАГУ ГЛУБОКОВОДНЫХ СТАНЦИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ШУМЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Королёв Ю.П., Лоскутов А.В.

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, y.korolev@imgg.ru

В настоящее время оперативный прогноз цунами осуществляется на основе магнитудно-географического метода. Как следствие, службы предупреждения о цунами объявляют свыше 75 % ложных тревог.

Повысить качество прогноза возможно на основе гидрофизических методов, использующих данные глубоководных станций о цунами в открытом океане (станции системы DART). Очевидно, что оперативность, заблаговременность прогноза зависит от близости станций к очагу цунами. Данные таких станций могут содержать шумы сейсмического происхождения, наложенные на полезный сигнал. Разделить полезный сигнал и шум в такой ситуации, по-видимому, невозможно. Это обстоятельство может стать препятствием для получения адекватного прогноза. В условиях оперативного режима требуется за короткое время оценить степень опасности цунами, не вдаваясь в проблему разделения сигналов.

Главная задача работы – прогноз цунами по данным о цунами с шумом. Представлял интерес выяснить, насколько наличие шума в записи урванной станции влияет на результат прогноза.

Расчеты (прогноз) выполнены для северо-западной и северной части Тихого океана для событий 2006–2009 гг. (Симуширские цунами) и 2018 г. (Аляскинское цунами с эпицентром вблизи о. Кодьяк). Рассчитывались формы ожидаемого цунами в точках нахождения удаленных станций DART и в некоторых точках вблизи пунктов о. Хоккайдо, о. Кунашир и Западного побережья США с доступными данными о цунами.

Вопреки предположению, что сейсмический шум в записи цунами на ближних к очагу станциях может повлиять на качество прогноза, численный эксперимент показал, что наличие шума оказывает незначительное влияние на результаты прогноза.

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО КАТАЛОГА ЦУНАМИГЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ЕЕ ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ДЛЯ КАМЧАТСКОЙ ЗОНЫ СУБДУКЦИИ

Ландер А.В.¹, Пинегина Т.К.²

¹*Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, г. Москва,*

²*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский,
land@mitp.ru*

Одним из главных подходов к решению задачи цунамирайонирования является использование синтетического каталога землетрясений, моделирующего сейсмический процесс в исследуемом регионе. Каталог должен обладать статистическими свойствами максимально приближенными к потоку реально наблюдаемых событий для всех параметров землетрясений, влияющих на возникновение и распространение цунами. Результатом работы является компьютерная программа, реализующая генератор случайной последовательности модельных землетрясений. Частоты появления параметров модельных событий соответствуют эмпирическим распределениям, построенным на основе изучения региональной сейсмичности верхней (цунамигенной) части зоны субдукции. Каталог охватывает всю Камчатскую и север Курильской зон субдукции на протяжении ~900 км и до глубин ~70 км. К параметрам, для которых построены распределения, относятся: географическое положение, глубина и механизм землетрясения, размеры очага и величина подвижки в нем. В распределениях учтены тренды в изменении параметров вдоль простираения зоны субдукции. Размеры синтетических очагов и амплитуда подвижки определяются эмпирическими соотношениями, связывающими их с магнитудой события. Для удобства использования в задаче районирования результирующие синтетические каталоги выдаются отдельно для каждой фиксированной магнитуды. Поэтому графики повторяемости магнитуд программой не используются и, при необходимости, должны задаваться дополнительно. Результирующий каталог, включающий все перечисленные параметры, выдается в виде стандартной электронной таблицы, а также может быть представлен в графическом виде.

ПОВТОРЯЕМОСТЬ И ПАРАМЕТРЫ ЦУНАМИ НА ПОБЕРЕЖЬЕ КРОНОЦКОГО ЗАЛИВА ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ИХ ОТЛОЖЕНИЙ

**Пинегина Т.К.¹, Базанова Л.И.¹, Зеленин Е.А.²,
Выдрин Д.С.^{3,4}, Хомчановский А.Л.¹, Батанов Ф.И.¹**

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский,*

²*Геологический институт РАН, г. Москва*

³*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва*

⁴*Институт океанологии им. П.П. Шишова, г. Москва
pinegtk@yandex.ru*

Впервые в районе устья р. Кедровая (побережье Кроноцкого залива) летом 2018 г. были проведены палеосейсмологические исследования. При описании геологических шурфов и торфяных кернов нами были идентифицированы отложения 30 цунами произошедших за последние ~5200 лет. Наиболее полная летопись событий цунами и их параметров была получена для последних ~2000 лет, включая и исторические цунами 1737, 1792, 1841, 1923, 1952 гг. В двух шурфах были идентифицированы отложения Чилийского телецунами 1960 г. Судя по полученным данным, средняя повторяемость сильных цунами в Кроноцком заливе составляет 70–90 лет.

По результатам изучения геологического строения морской аккумулятивной террасы в районе р. Кедровая, три палеоземлетрясения вызвавших цунами в Кроноцком заливе сопровождались крупноамплитудными (1–2 м) вертикальными косейсмическими опусканиями побережья. Еще два косейсмических опускания (вероятно с меньшими амплитудами) удалось идентифицировать по резкой смене условий осадконакопления в прибрежных торфяниках.

В ходе исследований были отобраны образцы торфа на радиоуглеродное датирование и образцы тефры для проведения электронной микроскопии и определения состава вулканического стекла. На основе данных анализов была создана надежная тефрохронологическая шкала и определен возраст отложений и форм рельефа, связанных с цунами и косейсмическими деформациями.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ О ЦУНАМИ ДЛЯ РОССИЙСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ: ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ GPS/ГЛОНАСС

Пупатенко В.В.¹, Шестаков Н.В.^{2,3}

¹*Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, pvv2.dv@gmail.com*

²*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток,*

³*Институт прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток*

Для близких к эпицентру подводного землетрясения регионов предупреждение о цунами должно быть выдано уже через 5–15 минут после землетрясения. Это требование фактически ограничивает широкий перечень классических методов прогноза цунами только магнитудным критерием. Магнитудный критерий практически исключает вероятность пропуска цунами, но приводит к недопустимо высокому количеству ложных тревог и не позволяет дифференцировать степень угрозы.

Одним из перспективных новых способов раннего предупреждения о цунами для близких к эпицентру землетрясения побережий является использование данных Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), полученных на прибрежных стационарных пунктах наблюдений, с целью оперативного моделирования очага землетрясения. ГНСС-подсистемы служб предупреждения о цунами уже начинают функционировать в Японии и Индонезии, но они нацелены на сильнейшие ($M > 8.5$) землетрясения в зонах субдукции.

В работе на основе численных экспериментов показано, что ГНСС-данные могут использоваться и для оперативного моделирования цунами, вызванных землетрясениями с магнитудой 7–8. На примере российского побережья Японского моря показана перспективность применения данных ГНСС для целей предупреждения о цунами. В Приморском крае в XX веке отмечено не менее пяти случаев опасных цунами, вызванных произошедшими у западного побережья о-вов Хоккайдо и Хонсю землетрясениями таких магнитуд. В работе показано, что подсистема предупреждения о цунами, использующая данные ГНСС-станций в Японии и Приморье, может быть создана уже сегодня.

ЦУНАМИ-ПОДОБНЫЕ ВОЗМУЩЕНИЯ УРОВНЯ ОКЕАНА У БЕРЕГОВ АНТАРКТИДЫ, ВЫЗВАННЫЕ ОТКОЛАМИ АЙСБЕРГОВ. НЕКОТОРЫЕ ОБОБЩЕНИЯ

Рангелов Б.¹, Кайстренко В.М.², Чунг Дж.Ю.³

¹ Университет геологии и горного дела, София, Болгария

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

³ Институт океанографии, Сеульский национальный университет, Сеул, Республика
Koreavict-k@mail.ru

Регулярные отколы айсбергов от ледового покрова Антарктиды вызывают локальные цунами-подобные волны. В период с 1 декабря 2000 г. по 10 января 2001 г. удалось зарегистрировать 20 таких возмущений уровня высотой до 2 м у побережья Южного залива о. Ливингстона во время проведения Болгарской Антарктической национальной экспедиции (BANE 2000–2001) [Rangelov, 2002]. Заплески таких волн четко отслеживались визуально на берегу вблизи Болгарской Антарктической базы «Св. Климент Охридский», принадлежащей Болгарскому Антарктическому институту Софийского университета. Наблюдения прерывались вследствие непогоды. Замеренные заплески (с точностью 0.1 м) корректировались на прилив. Откол айсбергов также вызывал сейсмический сигнал, регистрировавшийся сейсмографом.

Анализ последовательности цунами-подобных возмущений показал, что она приближенно пуассонова, так же, как и цунами [Geist and Parsons, 2008]. Анализ повторяемости зарегистрированных высот заплесков был проведен по методике, описанной в [Kaistrenko, 2014]. Эмпирическая функция повторяемости, как и в случае сильных цунами, имеет экспоненциальный вид.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ВОЛН ЦУНАМИ НА НИЖНЮЮ ИОНОСФЕРУ

Рожной А.А.¹, Соловьева М.С.¹, Шалимов С.Л.¹, Левин Б.В.², Шевченко Г.В.²,

Лоскутов А.В.², Чебров Д.В.³, Копылова Г.Н.³, Коркина Г.М.³

¹ ФГБУН Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, г. Москва, rozhnoi@ifz.ru

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск,

³ Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский,

Данные наблюдений очень низкочастотных и низкочастотных (ОНЧ/НЧ) электромагнитных сигналов, зарегистрированных на принимающих станциях в Петропавловске-Камчатском, Южно-Сахалинске и Мошири (Япония), были использованы для анализа возмущений в нижней ионосфере при прохождении волн цунами, вызванных Курильским землетрясением 2006 г., Японским землетрясением 2011 г., Чилийским землетрясением 2010 г. и землетрясением 2004 г. вблизи о-ва Суматры в Индонезии. Аномалии в ночное время в амплитуде и фазе сигналов были найдены после землетрясений во время прохождения волн цунами вдоль трасс передатчик-приемник. Спектральные характеристики ОНЧ вариаций показали хорошее совпадение частотных максимумов с данными in-situ записей колебаний уровня моря на DART и GPS станциях, расположенных по трассе передатчик - приемник. Полученные результаты подтверждают, что обнаруженные возмущения в нижней ионосфере вызываются внутренними гравитационными волнами, создаваемыми цунами.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЦУНАМИ ОПОЛЗНЕВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В РАМКАХ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ-СТОКСА

Тятюшкина Е.С.^{1,2}, Козелков А.С.^{1,2}, Куркин А.А.², Пелиновский Е.Н.²

¹ Российский Федеральный Ядерный Центр – ВНИИ экспериментальной физики, г. Саров,

² Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.А. Алексеева,
г. Нижний Новгород, askozelkov@mail.ru

Существующие подходы к численному моделированию цунами подразумевают использование принципиально разных математических моделей на стадиях генерации в источнике, распространения в океане и наката волн на сушу. Однако, современный уровень развития вычислительных технологий, которые уже применяются в инженерной практике, позволяет перевести моделирование цунами на качественно новый уровень. Наиболее адекватной гидродинамической моделью, позволяющей учесть особенности оползневых цунами на всех стадиях, является система уравнений Навье-Стокса [1]. В докладе представлена математическая модель моделирования всех стадий цунами оползневого происхождения. Основу математической модели составляют трехмерные уравнения Навье-Стокса и метод Volume of Fluid (VOF) [2]. Это позволяет единым образом моделировать движение и взаимное

влияние оползневой, водной и воздушной сред. Доклад содержит решение задач верификации численного алгоритма для трех стадий оползневых цунами: возникновение, распространение и накат. В качестве примера рассматривается задача об оползневом цунами вблизи о. Сахалин.

1. Козелков А.С. Методика численного моделирования цунами оползневого типа на основе уравнений Навье-Стокса // *Вычислительная механика сплошных сред*, 2016, том 9, №2, стр. 218-236.
2. Hirt C.W., Nichols B.D. Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries // *J. Comput. Phys.*, Vol. 39, p. 201-225., 1981, Ubbink O. Numerical prediction of two fluid systems with sharp interfaces // PhD thesis, Imperial College, University of London, 1997.

**РЕГИОНАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР
«ПЕТРОПАВЛОВСК» В СИСТЕМЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ЦУНАМИ
НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ**

Чебров Д.В.

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия, danila@emsd.ru

Новая система предупреждения о цунами на Дальнем Востоке России, созданная в 2006–2010 гг., находится в эксплуатации уже девять лет. Она пришла на смену устаревшей СПЦ, которая была разработана после Большого Камчатского землетрясения 1952 г. и запущена в эксплуатацию в 1958 г. Основой СПЦ-2010 по-прежнему остается сейсмический метод, опирающийся на магнитудно-географический критерий. Поэтому Сейсмическую подсистему можно назвать ключевой для всей СПЦ, и ее характеристики определяют характеристики всей системы.

В данной работе, на основе накопленного эмпирического материала исследуется вопрос о реальных характеристиках СП СПЦ, влияющих на эффективность работы всей системы предупреждения о цунами: времени реакции системы и точности оценок координат землетрясений. Детальный анализ этих характеристик проведен на примере Камчатки. Этот регион выбран по причине самой высокой сейсмической активности на Дальнем Востоке и приемлемой обеспеченности сейсмическими наблюдениями. Оказалось, что СП СПЦ демонстрирует стабильно высокие характеристики на протяжении всего периода эксплуатации. Время реакции системы и точность оценок удовлетворяют требованиям, заложенным при проектировании СП СПЦ. Детальный анализ пространственного распределения времени реакции системы и точности оценок координат позволил заключить, что большая часть камчатского сейсмоактивного региона обеспечивается точными и своевременными оценками параметров землетрясений в рамках СПЦ и службы срочных сейсмических донесений. В то же время, выделены районы, для которых качество оценок параметров землетрясений находится вблизи предельных значений (согласно регламентам СПЦ). К таким районам относятся Северные Курилы и сегмент Алеутской дуги восточнее Командорских островов. Основная причина пониженного качества работы СП СПЦ при обработке землетрясений происходящих в этих районах – это недостаточная обеспеченность наблюдениями Курильских и Алеутских островов.

Содержание

Программа докладов	1
Доклады стендовой сессии	8
Тезисы докладов:	
Пленарные доклады	11
Геофизический мониторинг современных геодинамических процессов на Дальнем Востоке Российской Федерации	13
Моделирование в геофизике	22
Сейсмичность, сейсмическая опасность	26
Исследование предвестников землетрясений и извержений вулканов	43
Технические и программные средства геофизического мониторинга	57
Цунами: опасность и предупреждение	67

Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. VII научно-техническая конференция. 30 сентября – 5 октября 2019 г., г. Петропавловск-Камчатский. Программа. Тезисы докладов. Петропавловск-Камчатский: Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, 2019. 72 с.