



ИФЗ·РАН

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ ИМ. О.Ю. ШМИДТА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ



МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ГЕОТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА СЕЙСМОАКТИВНЫХ РАЙОНОВ»,
ПОСВЯЩЕННОЙ 75-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Е.А. РОГОЖИНА (1947-2021)
И 115-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ В.В. БЕЛОУСОВА (1907-1990)

27-28 ОКТЯБРЯ 2022 ГОДА



ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ ИМ. О.Ю. ШМИДТА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
М.В. ЛОМОНОСОВА
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Материалы всероссийской научной конференции
**«Геотектоника и геодинамика
сейсмоактивных районов»,**
посвященной 75-летию со дня рождения Е.А. Рогожина
(1947–2021) и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова
(1907–1990)

Издательство «Перо»

2022 год

УДК 551.2
ББК 26.32я43
М34

М34 Материалы всероссийской научной конференции «Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных районов», посвященной 75-летию со дня рождения Е.А. Рогожина (1947–2021) и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова (1907–1990) – М.: Издательство «Перо», 2022. — 38 Мб. [Электронное издание].

ISBN 978-5-00204-624-9
DOI 10.21455/GSR_2022-10-27

В сборнике опубликованы статьи, посвященные различным проблемам сейсмотектоники геодинамически активных областей нашей страны и ближнего зарубежья. Авторами статей — сотрудниками ведущих научно-исследовательских и образовательных организаций — получены новые геолого-геоморфологические и геофизические данные, востребованные для решения актуальных научно-практических задач, прежде всего, прогноза землетрясений, сейсмического районирования и др. Эти материалы представлены на всероссийской конференции, приуроченной к 75-летию со дня рождения Е.А. Рогожина и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова — выдающихся исследователей, внесших большой вклад в формирование современных сейсмотектонических представлений.

ISBN 978-5-00204-624-9

УДК 551.2
ББК 26.32я43

© ИФЗ РАН, 2022

© Авторы, 2022

Оглавление

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ В.В. БЕЛОУСОВА И Е.А. РОГОЖИНА	5
СЕЙСМОТЕКТОНИКА ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ	17
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛУБИНЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ И СРЕДНИХ ОТМЕТОК ВЫСОТ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ 3D МОДЕЛИ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ РАЗДРОБЛЕННОСТИ КАВКАЗА И ПРЕДКАВКАЗЬЯ	17
РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ АРХИПЕЛАГА НОВАЯ ЗЕМЛЯ	21
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МОРФОСТРУКТУРНЫХ И ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ГОРНОГО АЛТАЯ	32
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ, КАК АКТИВНОЙ ОКРАИНЫ КОНТИНЕНТОВ	38
МИГРАЦИЯ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВДОЛЬ АДЫРНЫХ РАЗЛОМОВ СЕВЕРНОГО ПРИИССЫККУЛЬЯ, ТЯНЬ-ШАНЬ (НА ПРИМЕРЕ ЗОНЫ КУЛЬТОРСКОГО РАЗЛОМА)	55
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОЧАГОВОЙ ЗОНЫ ХУБСУГУЛЬСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 12.01.2021, Mw=6.7 (СЕВЕРНАЯ МОНГОЛИЯ)	66
ПОЛЕВАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСКУРСИЯ ПО СЕЙСМОАКТИВНЫМ РАЙОНАМ ГОРНОГО АЛТАЯ	70
ОЧАГИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КАВКАЗА ПО МАТЕРИАЛАМ ИССЛЕДОВАНИЙ ЕВГЕНИЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА РОГОЖИНА	78
КОГДА ЖЕ БУДЕТ СОСТАВЛЕН «АТЛАС СЕЙСМОДИСЛОКАЦИЙ»?	95
ЗОНЫ ВЕРОЯТНЫХ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ГОРНОГО КРЫМА	103
ПАЛЕОСЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВО ВНУТИГОРНЫХ ДОЛИНАХ ЮЖНОГО ПРИИССЫККУЛЬЯ	107
СЕЙСМОТЕКТОНИКА ПЛАТФОРМЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	111
СОВРЕМЕННАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ В СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ПОЗИЦИИ БАРЕНЦЕВО-КАРСКОГО РЕГИОНА	111
СРАВНИТЕЛЬНАЯ НЕОТЕКТОНИКА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО- ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО- СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ	119
НОВЕЙШАЯ ГЕОДИНАМИКА И СЕЙСМОТЕКТОНИКА ВОСТОЧНО- ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ – ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ	127

НОВЕЙШАЯ ТЕКТНИКА И ГЕОДИНАМИКА ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ.....	133
СОВРЕМЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА И ПРЕДКАВКАЗЬЯ ПО ДАННЫМ ГНСС	133
ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ТЕКТНИЧЕСКОЙ РАЗДРОБЛЕННОСТИ БОЛЬШОГО КАВКАЗА И ПРЕДКАВКАЗЬЯ.....	138
ДАННЫЕ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧУЙСКО-КУРАЙСКОЙ ВПАДИНЫ (РЕСПУБЛИКА ГОРНЫЙ АЛТАЙ).....	143
ГЕОТЕКТНИКА И ГЕОДИНАМИКА СЕЙСМОАКТИВНЫХ РАЙОНОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ-АЗИАТСКОГО ГОРНОГО ПОЯСА: РЕЗУЛЬТАТ ДАЛЬНЕГО ТЕКТНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНДО-ЕВРАЗИАТСКОЙ КОЛЛИЗИИ	147
СООТНОШЕНИЕ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ И НОВЕЙШЕЙ СТРУКТУРЫ ОБРАМЛЕНИЯ СЕВЕРО-ВОСТОКА УБСУНУРСКОЙ ВПАДИНЫ	152
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В ИЗУЧЕНИИ НЕОТЕКТНИКИ ГОРНОГО АЛТАЯ	160
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО И РУЧНОГО МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ РАЗРЫВОВ П-ОВА ШМИДТА (САХАЛИН).....	163
ВЫДЕЛЕНИЕ ДРЕВНЕЙ ГИДРОСЕТИ ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	168
НОВЕЙШИЕ СТРУКТУРЫ И НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЧУЙСКО- КУРАЙСКОЙ ВПАДИНЫ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРУКТУР (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ГОРНОГО АЛТАЯ)	174
К ВОПРОСУ СРАВНЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ГОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА, СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И ГОРНОГО АЛТАЯ ПО ДАННЫМ ПОЛЕВЫХ ТЕКТНОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	182
ОСОБЕННОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ГЕОМАТЕРИАЛА ВСЛЕДСТВИЕ ФРИКЦИОННОГО ПЛАВЛЕНИЯ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СКОРОСТЯХ ПОДВИЖКИ (НА ПРИМЕРЕ ПСЕВДОТАХИЛИТОВ ПРИЛАДОЖЬЯ)	191
НОВЕЙШИЕ СТРУКТУРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРО-ТАЙМЫРСКОГО ГОРНОГО СООРУЖЕНИЯ.....	202
СТРУКТУРНО-МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА И ФРАКТАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОСЕТИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ И ПРИМОРЬЯ.....	213
РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ СТРУКТУРНО-КИНЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ГЕОЛОГИИ БОЛЬШОГО КАВКАЗА В РАБОТАХ ЦЕНТРАЛЬНО-КАВКАЗСКОЙ ТЕКТОДИНАМИЧЕСКОЙ ГРУППЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО Ф-ТА МГУ	222
НОВЕЙШАЯ ГЕОДИНАМИКА АБИНСКОГО СЕГМЕНТА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА.....	236

НОВЕЙШАЯ ТЕКТНИКА И ГЕОДИНАМИКА ПЛАТФОРМЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	240
ОЦЕНКА ТЕКТНИЧЕСКОЙ РАЗДРОБЛЕННОСТИ ПО КРИВИЗНЕ РЕЛЬЕФА НА ПРИМЕРЕ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ И ГОРНО-СКЛАДЧАТОГО СООРУЖЕНИЯ КАВКАЗА.....	240
РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕКТНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ МУРМАНСКОГО ГЕОБЛОКА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)	244
СОВРЕМЕННАЯ РОЕВАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ АРКТИЧЕСКОГО ХРЕБТА ГАККЕЛЯ.....	250
СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И КИНЕМАТИКА РАЗРЫВНЫХ ЗОН О.СИДОРОВ	261
РЕАЛЬНАЯ ПРИЧИНА ТЕКТНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ	265
НОВЕЙШАЯ ГЕОДИНАМИКА РАЙОНА СМОЛЕНСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ.....	276
КАТАЛОГ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЗАПАДНОГО СЕКТОРА РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ ЗА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЙ	283
ГЕОДИНАМИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ЗОНЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	301
СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛИСКИНСКОЙ ЗОНЫ РАЗЛОМОВ (ЮГ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)	310
СЕЙСМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ И ОЗОНОВЫЙ СЛОЙ ЗЕМЛИ.....	319
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СЕЙСМОТЕКТНИКИ, НЕОТЕКТНИКИ И НОВЕЙШЕЙ ГЕОДИНАМИКИ.....	325
ГЕОЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА И СЕЙМОТЕКТНИКА.....	325
ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 12.08.2021 г., $M_w = 8.3$ ВБЛИЗИ ЮЖНЫХ САНДВИЧЕВЫХ ОСТРОВОВ	338
ОПЫТ МАЛОГЛУБИННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КЕРЧЕНСКОМ П-ВЕ.....	351
РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ МЕТОДОМ МОВЗ СЕЙСМОТЕКТНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА.....	358
СЕЙСМОТЕКТНИЧЕСКИЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИХООКЕАНСКОГО СЛОЯ СУБДУКЦИИ КАМЧАТСКОЙ ФОКАЛЬНОЙ ЗОНЫ ПО ДАННЫМ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА V_P/V_S	368
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЙСМОАКТИВНОЙ ЗОНЫ СОПРЯЖЕНИЯ ЧУЙСКОЙ ВПАДИНЫ И КЫРГЫЗСКОГО ХРЕБТА СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ	379

КРАТКОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: ГИПОТЕЗА И ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЕЕ ОПРОБОВАНИЯ.....	389
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПЛАТФОРМЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СЕЙСМОТЕКТОНИКИ, НЕОТЕКТОНИКИ И НОВЕЙШЕЙ ГЕОДИНАМИКИ	400
ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО И ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ КЛИНСКО-ДМИТРОВСКОЙ ГРЯДЫ.....	400
ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЭПИЦЕНТРАЛЬНЫХ ЗОН ПЛАТФОРМЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО ДАННЫМ КОМПЛЕКСА ПАССИВНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ	411
ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	420
ЭВОЛЮЦИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РИФТОВЫХ ЗОН ИСЛАНДИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	420
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФЛЮИДНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ ..	429
НАБЛЮДЕНИЯ ЗА МОРФОЛОГИЕЙ РАЗНОМАСШТАБНОЙ КАЛЕДОНСКОЙ СКЛАДЧАТОСТИ В ТАЛАССКОМ АЛА-ТОО В СВЯЗИ С СОСТАВЛЕНИЕМ СТРУКТУРНЫХ ПРОФИЛЕЙ.....	440
СМЕНА ТИПА СМЕЩЕНИЯ КАК РЕЗУЛЬТАТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАЗЛОМОВ: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	450
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА	459
СООТНЕСЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ С ДАННЫМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ КОРЫ КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА	464
НАСЛЕДИЕ В. В. БЕЛОУСОВА И КАРТЕЗИАНСКАЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ АЛЬТЕРНАТИВА.....	468
ВЛИЯНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ АКТИВИЗАЦИЙ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ ЗОН СУБДУКЦИИ	479
О СТРОЕНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ КАЛЕДОНСКОГО И СОВРЕМЕННОГО ТАЛАССКОГО АЛАТАУ ПО ПРОФИЛЮ ШИЛЬБИЛИСАЙ – ПО ДАННЫМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИН СОСКЛАДЧАТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СОКРАЩЕНИЯ.....	490

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ, КАК АКТИВНОЙ ОКРАИНЫ КОНТИНЕНТОВ

Клоков И.А., Сенцов А.А., Стрельников А.А.

*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, Москва,
Россия*

ilia.klokov@mail.ru

Введение

Сведения о землетрясениях региона известны с 1737 г., а с начала XX века начинается период фиксации землетрясений на регулярной основе, в т.ч. инструментально. По сейсмическому районированию России в 1997 году (карта ОСР-97-С) территория Курильских островов отнесена к 10 бальной сейсмической опасности для периода повторения 5000 лет. Курило-Камчатская островодужная система входит в состав Тихоокеанского сейсмического пояса, который характеризуется большой контрастностью и интенсивностью тектонических процессов и высоким уровнем сейсмичности. В результате образовался уникальный и своеобразный сейсморельеф, что нехарактерно для иных природных и тектонических областей: тектонически стабильных щитов, зон спрединга, коллизионных территорий и т.д. В основном он концентрируется на побережье, а также на склонах гор и вулканов.

Типизация сейсмодислокаций на Курильских островах

Выделено 8 типов сейсмодислокаций:

1. *Сейсмоосыпь*-откол пласта дерна при вибрационном действии землетрясения. Многочисленные проявления данного типа рельефа обнаружены одним из авторов в прибрежной зоне Тихого океана и Охотского моря на о. Итуруп: в бухте Торная, Касатка, Куйбышевский залив. Сейсмические осыпи затрагивают не только поверхности, что сложены в основном четвертичными отложениями, но и задернованные склоны. При последнем образуется осыпной цирк с ярко выраженным сверху толщиной откола (среза) (рис. 1, 2). При наиболее сильном землетрясении наблюдается осыпной цирк с ярко выраженной толщиной откола (среза), что имеет равную толщину по периметру: как сверху, так и по бокам (рис. 2). В большинстве случаев цирк сейсмоосыпи сужается к подошве, но иногда встречаются и наоборот. Отмечено, что на вершине или середине склонов сейсмооползни в большинстве достигают довольно крупных размеров (высота до 20 м и ширина до 20 м), а внизу они относительно небольшие. Скопления осыпной

массы (если осыпь относительно молодая) может представлять хаотичное нагромождение кусков дерна. Осыпными отложениями везде являлся песок.

Выделены основные критерии, позволяющими их отличить от форм иного генезиса:

- Скопления основной массы осыпи могут лежать в десятках метров от подножия. Это связано с тем, что помимо гравитационной компоненты присутствует дополнительная сила импульса сейсмотолчка;
- Возраст осыпи близок или совпадает с датировкой других дислокаций или/и уже известных землетрясений [Солоненко, 1978];
- Сейсмосыпи сосредоточены равномерно и часто по всем частям склона [Мак-Калпин, 2011]. Это отличает их от гравитационных осыпей, чье расположение рассеянное и редкое.
-

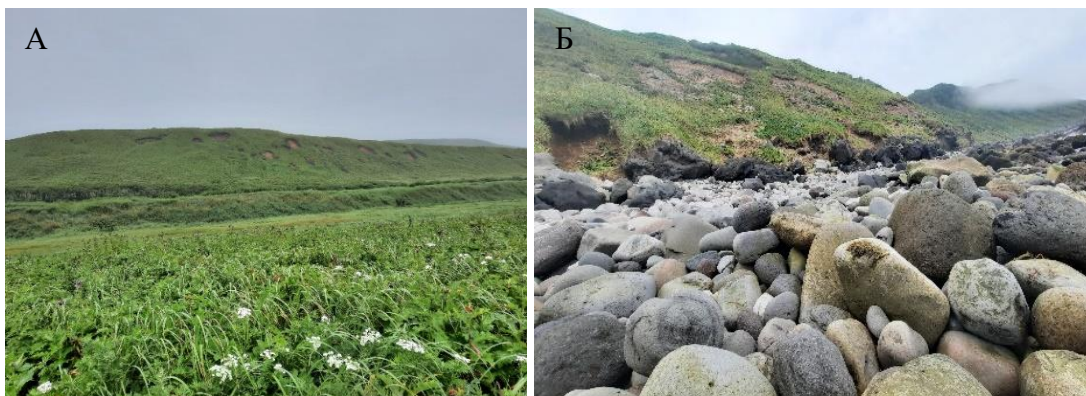


Рис. 1. А. Сейсмосыпи на склоне 60° (бухта Касатка) Б. Осыпной цирк с ярко выраженной толщей откола (среза), что имеет равную толщину по периметру (бухта Касатка).

2. Выделены характерные для региона следы в четвертичных отложениях, что могут говорить о произошедшем землетрясении:

- Обнаружение под палеопочвой или торфом крупнофракционного дресвяно-щебенистого материала [Рогожин и др., 2009, 2010];
- Нарушение толщ разрывами: взбросово-надвиговые структуры. В результате чего образуются фрагменты тех или иных толщ [Рогожин и др., 2009, 2010];

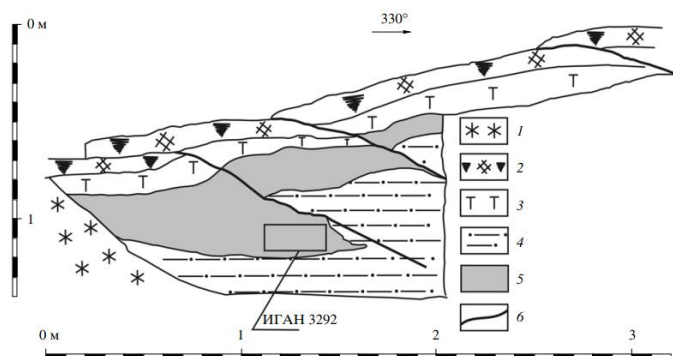


Рис. 2. Зарисовка канавы, пройденной вкост простирания взбросового разрыва. Правый борт р. Авъеваям (т.1 на рис. 2) 1-многолетнемерзлые породы; 2-дерновый горизонт; 3-торф; 4-светло-коричневые суглинки; 5-горизонт захороненной почвы; 6-разрывы. Прямоугольником обозначено место отбора образца на радиоуглеродное датирования [Рогожин и др., 2009].

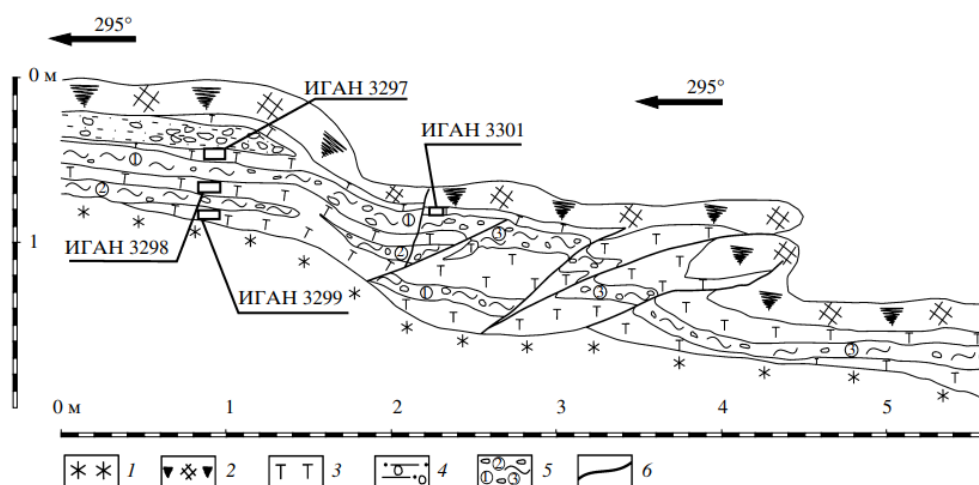


Рис. 3. Зарисовка юго-восточной стенки канавы, пройденной через приразломный уступ, обновленный при землетрясении 2006 г. 1 – многолетнемерзлые породы; 2 – дерновый горизонт; 3 – торф; 4 – буровато-коричневые суглинки с галькой и гравием; 5 – голубовато-серые алевритистые глины с галькой, щебнем, гравием и дресвой, цифрами обозначены разные слои глин; 6 – разрывы; 7 – номера почвенных проб [Рогожин и др., 2009].

- Наличие линз (чаще всего суглинистых), смятия, фрагментов толщ иных фракционных отложений, что имеют резкие “протрузивные” контакты с вмещающими торфами. Это является результатом вдавливания материала вдоль ослабленного горизонта (чаще всего песчаного) при землетрясении. Часто при этом образуется вал пучения [Рогожин и др., 2009, 2010].

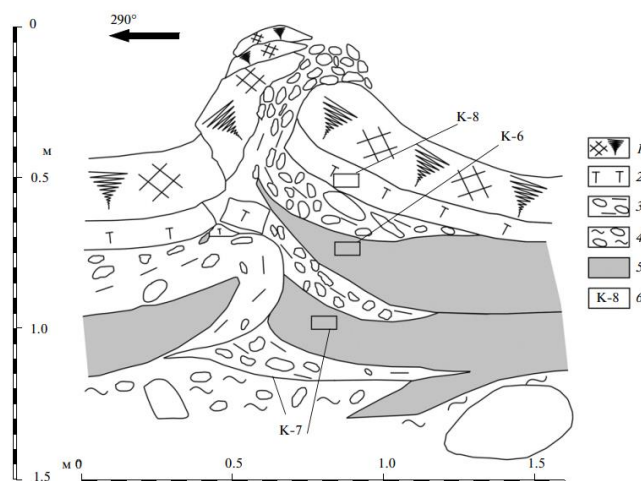


Рис. 4. Зарисовка канавы, пройденной вкрест простирания вала вспучивания 2006 г. 1 – современный дерновый горизонт; 2 – горизонты торфа; 3 – светло-коричневый суглинок с галькой; 4 – серые, бурые глины с галькой и валунами; 5 – горизонты палеопочвы; 6 – номера почвенных проб [Рогожин и др., 2009].

Стоит отметить, что на данной территории не замечены различные по морфологии складки (лежачие, наклонные, прямые, веерообразные, коробчатые, ныряющие, синформные, антиформные, грибовидные, с деформированными гребнями), что развиваются в ленточных супесях, суглинках, глинах на северо-западе России предположительно в результате землетрясения [Николаева, 2014]. А также не развиваются конволютные сейсмиды, что развиваются при чередовании в разрезе глин и песков.

3. Так как цунами в регионе в основном связаны с землетрясениями, то *формы рельефа, что созданы им на суше*, можно назвать также сейсмодислокациями. Следы в рельефе палеоцунами доходят до высоты 25 м [Луговой, Кузнецов, 2020]. Цунами характеризуются в рельефе полным размытием береговых валов, дюн, морских террас, что выражаются полным исчезновением мелкозема (см. рис. 5), а также оползнями-сплывинами дернины [Луговой, Кузнецов, 2020]. При этом отложения цунами представляют из себя нагромождения гальки, валунов, морским цунамигенным песком (Левин и др., 2020). При чем последние в разрезах характеризуется одномодальными кривыми распределения (мода 0.315–0.4 мм) с хорошей сортировкой, что ниже, чем у пляжевых и эоловых песков, где содержание модальной фракции достигает 42%. Цунамигенные пески содержат примесь алеврита (до 9.6%), а также включают гравий (до 6%).

Чаще всего следы цунами приурочены:

1) К Широким (до 570 м шириной) голоценовым аккумулятивным и цокольным террасам с возможной серией древних береговых валов;

2) К склонам вулкана, по которым регулярно сходят мощные пирокластические потоки [Мархинин, 1964, Горшков 1967], что и образуют абразионно-аккумулятивные берега. За счет быстрого размыва пирокластических потоков заполняются наносами бухты, расположенные к юго-востоку от новообразованных мысов, образуя современные террасы шириной до 500 м с валами;

3) К территории с низкими уклонами и с малой высотой террас;

4) Вдоль уступов или участков с крутизной около 30° , выработанных в слоистых плейстоценовых толщах (переслаивание лав, туфов и пролювия), что почти повсеместно перекрыта чехлом склоновых отложений, что находятся в неустойчивом положении и размываются.

Отметим, что частые оползни, оплывины, промоины могут маркировать палеоцунами [Луговой, Кузнецов, 2020].



Рис. 5. Следы цунами 2006 года с размытым мелкоземом на о. Симушир [Атлас Курильских островов, 2009].

4. Сейсмолинеamentы бывают чаще всего в виде прямолинейных рвов, трещин, имеющих как параллельные вертикальные стенки, а также отвесных уступов. Они являются не такой распространенной формой рельефа в отличие от относительно тектонически стабильного Балтийского щита, где коренные породы выходят на поверхность. Сейсмолинеamentы можно наблюдать на Курильских островах 2 типах отложений: в четвертичных отложениях и в коренных породах.

Отмечены общие для всех типов сейсмолинеаментов геоморфологические признаки, что отличают их от форм рельефа иного генезиса:

Таблица 1. Критерии линеаментов, созданные в результате землетрясений

№	Критерий	Отличие	Примечание
Общее			
1	Совпадает по простиранию (субпараллелен) с другими линеаментами, а также с иными линейными деформациями (в т.ч. в четвертичных породах) за пределами разрыва. Или/и направление сейсморва, образующего с другими разрывами эшелонированную систему отдельных сегментов, совпадает с установленной зоной разлома. Все это показывает, что они были созданы в результате единого эндогенного события [Mörner, 1985; Никонов и др., 2014; Шварев и др., 2015; Горбатов и др., 2017; Никонов и др., 2018; Николаева и др., 2019].	Трещины и рвы экзогенного генезиса имеют случайную ориентацию.	-
Критерии, отличающие сейсмодислокации от форм морозобойного выветривания			
2	Глубина разрыва более 1-2 м [Гаранкина, Лукашов, 2018]	Даже в самых холодных территориях процесс морозобойного выветривания распространяется до глубины 2 м.	-
3	Ширина трещины более 1 м [Шварев и др., 2018]	Морозобойный процесс может расширять трещину до	-

		1 м: до тех пор, пока вода в нем находится в пленочном виде.	
Критерии, выделенные автором			
Общее			
4	Возраст погребенного или перекрывающего сейсмоколлювия близок у разных дислокаций или/и соотносится с датировками уже известных землетрясений	-	-

Сейсморвы в коренных отложениях распространены в большинстве случаев на побережье: преимущественно отмечены они в застывших лавовых покровах и иногда в базальтах. Отметим характерные особенности и критерии:

Таблица 2. Критерии линеаментов в коренных породах, созданные в результате землетрясений

№	Критерий	Отличие	Примечание
Общее			
1	Расположение в днище рва массы неокатанных обломков или застрявшего между стенками крупного блока породы, обвалившегося после мгновенного раскрытия полости разрыва в результате сейсмолчка [Солоненко, 1978; Родкин и др., 2012; Никонов, 2015; Николаева и др., 2016].	-	-
2	Линейные или угловатые плановые очертания, а также выдержанность амплитуды смещения по простиранию [Солоненко, 1978; Мак-Калпин, 2011; Николаева и др., 2015; Горбатов и др., 2020]	Несейсмические деформации в плане могут иметь и закругленные формы	-

Критерии, отличающие сейсмодислокации от форм морозобойного выветривания			
5	Разрывы не сужаются по глубине [Николаева и др, 2016]	Щель разрыва сужается	-
Критерии, отличающие сейсмодислокации от “причудливых” форм вулканических образований, а также форм волновой эрозии			
6	Наличие отвесной стенки (может быть сильно деформирована и неоглажена), что имеет угловатую подошву и бровку.	Стенка, а также подошва и бровка рва оглажены	-

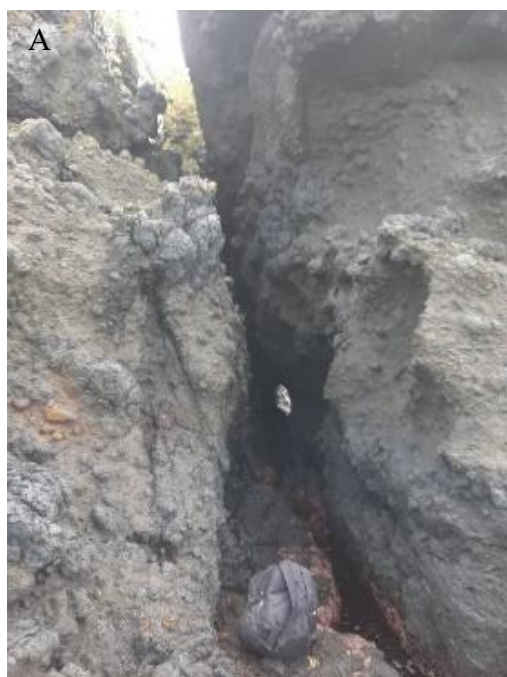


Рис. 6. А. Сейсмотрещина в базальтах (пос. Рейдово, Итуруп) Б. Отвесная стенка, что создана в результате землетрясения (лавовое плато Янкито).

Сейсморов в четвертичных отложениях представляет из себя сложную форму углубленной прямолинейной депрессии (чаще всего с непараллельными стенками), что может достигать до 50 м шириной и до 20 м глубиной. Отмечено, что при наиболее крупных землетрясениях могут создавать разветвленную систему линеаментов. Были сформированы критерии, отличающие сейсморовы от форм, созданных временными водотоками: 1) Характерны по бортам зоны милонитизации и дробления [Готванский, Лебедева, 2010]; 2) Могут развиваться по бортам вторичные дислокации в виде зон повышенной трещиноватости и флюидо-газопроницаемости горного массива, распределенных на достаточно значительной площади; 3) Характерны вторичные

сейсмодислокации (вибрационные трещины, оползни, осыпи) [Рогожин и др., 2009]; 4) Наличие высокой центральной гряды обвалившегося материала; 5) Наличие отсевших блоков от бортов рва.



Рис. 7. Сейсморов с отсевшими блоками, а также небольшой центральной грядой, м. Шикотан, о. Сахалин (фото М.А. Кузнецова).

5. Сейсмообвалы (рис. 8А)- отрыв и падение масс горных пород вниз со склонов гор под действием гравитационных сил и землетрясения. Данные формы рельефа распространены на побережье у высоких утесов, отвесных скал (на склонах вершин и вулканов с выделенными авторами характерными особенностями не обнаружены). Максимальный масса блока, что был отброшен составляет 811,2 тонны (бухта Торное, о. Итуруп) (обломки лежат на берегу рядом с уступом), а максимальное расстояние, на которое отлетели глыбы от отвесной поверхности, составляет около 15 м. (бухта Угольная, о.Итуруп) (масса блока-840 кг). (критерии сейсмообвалов, что отличает от их гравитационных аналогов см. в табл. 3)

6. В результате сейсмособытия может произойти *субгоризонтальное выдвигание* (рис. 8Б) из цельного скального массива слабосвязанного блока массой M , возможно смещающего перед собой породу массой m [Родкин и др., 2012]. Авторами были предложены критерии, что отличают данные формы от форм иного генезиса: 1) Щели между отодвинувшимся блоком и “материнской скалой” не сужаются по глубине [Родкин и др, 2012; Горбатов и др, 2020; Николаева и др., 2016]; 2) Наличие ярко выраженной ниши, совпадающая по форме и размеру с гранями отброшенного блока.



Рис. 8. А. Крупный сейсмообвал в бухте Торное, о. Итуруп, Б. Субгоризонтальные выколы в бухте Парусная, о. Итуруп.

7. *Сейсмооползни* – это смещение масс горных пород по склону под действием собственного веса после сейсмического толчка (лекция “Природные риски и прогноз” 2021). На территории представлены 3 типа по морфологии сейсмооползня: 1) Оползни-оплывины с образованием цирка; 2) Блоковые оползни (в основном образуются во время землетрясения); 3) Оползень вязкопластичного смещения с образованием серии трещин по простиранию склона [Казаков, 2020]. Оползневый материал служат: миоценовые аргиллиты и алевролиты (особенно быковской свиты) в сочетании с большим количеством рыхлых делювиальных (представленных дресвой сильно выветрелых аргиллитов с мелкими валунами вулканогенных пород с суглинистым заполнителем, а также щебенистыми отложениями с глинистым заполнителем), элювиально-делювиальных, коллювиальных и пролювиальных грунтов (оползень в сухом состоянии может образоваться при уклоне 32-35°, в увлажненном — 9-17°); песчаники (особенно в маруямской свиты) [Асоян, 2009; Хисматуллин, Шныпарков, 2019]; глины (включают в себя щебень и мелкие глыбы скальных вулканогенных пород). Данные типы оползней распространены: 1) На крутых и обрывистых абразионных берегах; 2) Блоковые сейсмогенные оползни формируются на береговых склонах крутизной 40-60°, а также на склонах морских и абразионно-денудационных и речных террас и речных долин; 3) Оползни вязкопластичного течения, развивающиеся в рыхлых отложениях склонов абразионно-аккумулятивных, аккумулятивных морских террас и речных долин [Готванский, 2010; Хисматуллин, Шныпарков, 2019]; 4) В самых вершинных частях (900-1156 м), в верхних холмогорьях (600-900 м), где имеет место обнаженные и слабо-задернованные склоны [Асоян, 2009]; 5) В отмерших клифах; 6) К склонам, где имеются

разрывные нарушения и зияющие трещины [Двигало, 2009]. (критерии сейсмооползней первого типа см. в табл. 3)

Таблица 3. Критерии сейсмообвалов и сейсмооползней, созданные в результате землетрясений

№	Критерии сейсмообвалов	Отличие	Критерии сейсмооползней	Отличие
Возможны систематические отклонения обвальных шлейфов (или близко к этому) простираения склона [Никонов, 2015; Николаева и др. ,2016]				
Обвальные или осыпные аккумулятивные шлейфы совпадают по простираению с другими. Это показывает, что они были созданы в результате единого эндогенного события [Родкин и др, 2012; Никонов, 2017]				
3	Механизм сейсмообвалов в подобен вибрационному встряхиванию на горно-обогатительных предприятиях с мгновенным развитием обрушения, на что указывают сохранность исходных форм (с остроугольными гранями) разрушения в обвальных шлейфах, зияющие пустоты между глыбами, их	Обвальная масса гравитационных обвалов характеризуется некоторой неокатанностью глыб примерно одинакового размера. Его шлейф характеризуется равномерностью распределения обломков по поверхности.	Скопления основной массы отложений сейсмооползня лежат в десятках метров от подножия. Это связано с тем, что помимо гравитационной компоненты присутствует дополнительная сила импульса сейсмолчка	Скопления основной массы отложений других типов оползней лежат у подножия склона

	хаотичное нагромождение [Солоненко, 1977; Родкин и др., 2012; Никонов и др., 2017].			
			Возраст оползня близок или совпадает с датировкой других дислокаций или/и уже известных землетрясений (Солоненко, 1978)	
			Наличие явлений разжижения [Мак- Калпин, 2011]	
			Критерии, сейсмические оползни от гравитационных	отличающие
			Наиболее убедительным доказательством происхождения (сейсмического/не сейсмического) оползня достигается в результате проведения расчета	Максимальн ое ускорение грунта меньше критического при неустойчиво м склоне

			устойчивости рядом расположенного склона (с использованием метода обобщенного предельного равновесия) и его динамического анализа. Если по расчетам склон устойчив или максимальное ускорение грунта больше критического при неустойчивом склоне, то землетрясение было причиной оползня. (Лекция “Природные риски и прогноз”; Мак- Калпин, 2011)	
			Сейсмооползневые цирки чаще всего не достигают основания склона	Оползневой цирк достигает основания склона, где

			[Мак-Калпин, 2011]	чаще всего расположен слой с подземными водами, по которому чаще всего проходит поверхность скольжения массы.
--	--	--	--------------------	---



Рис. 9. Предполагаемый сеймооползень, бухта Касатка, о. Итуруп.

Выводы

Особенности тектонического и сейсмического режима территории вкупе с природно-климатическими условиями формируют на данной территории свой уникальный (зональный) комплекс сейсмогенного рельефа.

Благодарности. Исследование выполнено при помощи Русского географического общества и Экспедиционного центра министерства обороны.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках Госзадания ИФЗ РАН

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Асоян Д.С. Эколого-геоморфологическое картирование Курильских островов: методы, принципы, критерии оценки экологической обстановки // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2009. № 4. С. 94–103.

Гаранкина Е.В., Лукашов А.А. Вероятная роль сейсмических событий в провоцировании селевых явлений в Хибинах (Кольский полуостров, Россия) // Геориск. 2018. Т. 12. № 4. С. 48–57.

Гаранкина Е.В., Лукашов А.А. Вероятная роль сейсмических событий в провоцировании селевых явлений в Хибинах (Кольский полуостров, Россия) // Геориск. 2018. Т. 12. № 4. С. 48–57.

Горбатов Е.С., Сорокин А.А., Мараханов А.В., Ларьков А.С. Результаты детальных палеосейсмологических исследований в районе полуострова Киндо (Карельский берег Белого моря) // Вопросы инженерной сейсмологии. М.:ИФЗ РАН. 2017. С. 5–24.

Горишков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги М.: Наука, 1967. 287 с.

Готванский В.И., Лебедева Е.В. Влияние природных и антропогенных факторов на напряженность геоморфологических процессов на Дальнем Востоке // Геоморфология. 2010. № 2. С. 26–36.

Двигало В.Н., Мелекесцев И.В. Геолого-геоморфологические последствия катастрофических обвальных и обвально-оползневых процессов в Камчатской Долине Гейзеров (по данным аэрофотограмметрии) // Вулканология и сейсмология. 2009. № 5. С. 24–37.

Казаков Н.А. Лавины, сели и оползни на острове Монерон // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2020. Т. 2. № 2. С. 122–147.

Луговой Н.Н., Кузнецов М.А. Воздействие волн цунами на берега о. Матуа (центральные курильские острова) // VIII Щукинские чтения: рельеф и природопользование. 2020. С. 679–686.

Мак-Калтин Дж. П. Палеосейсмология: в 2 т. Том 1 (гл. 1-5). Пер. с англ. И.А. Басов, И.Ю. Лободенко, А.Л. Стром; предисл. К рус. изд. и науч. ред. А.Л. Стром. М.: Научный мир, 2011. 560 с.

Мархинин Е.К. Вулкан Сарычева // Бюлл. вулканологических станций. 1964. № 35. С. 44-58.

Николаева С.Б. Складчатые деформации в позднеплейстоценовых отложениях Хибин (центральная часть Кольского полуострова): морфология и генезис // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2014. Т. 17. № 2. С. 329–339.

Николаева С.Б., Никонов А.А. Сейсмогеология Имандровского бассейна – актуальная сводка материалов// Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2019. 16. С. 433–437.

Николаева С.Б., Никонов А.А., Шварев С.В., Родкин М.В. Комплексные палеосейсмогеологические исследования на ключевом участке в юго-западной части Кольского полуострова (северо-восток Фенноскандинавского щита) // Доклады Академии наук. – Федеральное государственное бюджетное учреждение " Российская академия наук". 2016. Т. 469. № 2. С. 199-203.

Никонов А.А., Шварев С.В., Родкин М.В. Детальные палеосейсмологические исследования в бортовой зоне впадины оз.Имандра (Кольский регион): новые подходы и результат//Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 6. С. 866–880.

Никонов А.А., Николаева С.Б., Шварев С.В. Мурманское побережье – крупнейшая в Российской Арктике сейсмогенерирующая зона: новейшие разработки// Природные ресурсы и комплексное освоение прибрежных районов Арктической зоны: Сб. научных трудов /отв. ред.д.э.н., проф. В.И. Павленко. Архангельск, 2015. С. 34–40.

Никонов А.А., Полещук А.В., Зыков Д.С. К истории выделения и перспективе изучения молодых сейсмодислокаций в Онежской структуре Балтийского (Фенноскандинавского) щита //Современные проблемы четвертичной геологии и географии Северо-запада европейской части России. 2017. С. 38.

Никонов А.А., Шварев С.В., Сим Л.А., Родкин М.В., Бискэ Ю.С., Маринин А.В. Скальные палеосейсмореформации на Карельском перешейке (ключевой участок “Пещеры Иностранцева”, Ленинградская область) // Доклады Академии наук. – Федеральное государственное унитарное предприятие Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр Наука. 2014. Т. 457. № 5. С. 591–591.

Рогожин Е. А. и др. Результаты геологического изучения эпицентральной области Олуторского землетрясения 20 (21) апреля 2006 г // Вулканология и сейсмология. 2010. № 2. С. 7–15.

Рогожин Е.А. и др. Тектоническая позиция и геологические проявления Олуторского землетрясения 2006 г. в Корьякии // Геотектоника. 2009. № 6. С. 3–23.

Родкин М.В., Никонов А.А., Шварев С.В. Оценка величин сейсмических воздействий по нарушениям и смещениям в скальных массивах // Геодинамика и тектонофизика. 2012. Т. 3. № 3. С. 203–237.

Солоненко В. П. Сейсмогеология восточной части Алтае-Саянской горной области // Новосибирск: Наука. 1978. 104 с.

Солоненко В. П. Сейсмическое районирование Восточной Сибири и его геолого-геофизические основы. Наука. Сиб. отд-ние, 1977.

Хисматуллин Т. И., Шныпарков А. Л. Селевые потоки на острове Матуа // SU PROBLEMLƏRI. 2019.

Шварев С. В. Структурная позиция, ледниковый и сейсмогенный рельеф г. Воттоваара (Средняя Карелия) // Всеросс. конфер. «VII Щукинские чтения». Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике. М. 2015. С. 202–205.

Шварев С. В., Никонов А. А. Морфотектоника бассейна Белого моря в сопоставлении с уточненными характеристиками исторических землетрясений. Поздне- и постгляциальная история Белого моря: геология, тектоника, седиментационные обстановки, хронология. М.: КДУ // Университетская книга. 2018. С. 174–180.

Mörner N. A. Paleoseismicity and geodynamics in Sweden // Tectonophysics. 1985. Т. 117. № 1–2. С. 139–153.



**Материалы всероссийской научной конференции
«Геотектоника и геодинамика
сейсмоактивных районов»**

посвященной 75-летию со дня рождения
Е.А. Рогожина (1947–2021) и 115-летию со дня рождения
В.В. Белоусова (1907–1990)

Издательство «Перо»
109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29-33, стр. 27, ком. 105
Тел.: (495) 973-72-28, 665-34-36
Подписано к использованию 20.10.2022.
Объем – 38 Мбайт. Электрон. текстовые данные. Заказ 859.



**РОГОЖИН
ЕВГЕНИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**
(02.01.1947 – 06.04.2021)

Доктор геолого-минералогических наук, заслуженный деятель науки РФ. Евгений Александрович первые годы своей работы в ИФЗ РАН занимался изучением складчатости в горных областях Кавказа и Средней Азии. По результатам этих исследований он защитил кандидатскую, а в 1990 г. – докторскую диссертацию. Колоссальный вклад в его становление внес В.В. Белоусов, учеником которого он был с 1971 г. Последнее обстоятельство предопределило содержание его научных интересов, с самого начала связанных с фундаментальными вопросами геотектоники и усвоенным здесь глубоким и взыскательным подходом к повседневной работе в науке. В 1993 г. Евгений Александрович возглавил лабораторию сейсмотектоники ИФЗ РАН. Своими личными исследованиями и организацией экспедиционных работ внес неоценимый вклад в изучение очаговых зон сильных землетрясений XX и XXI веков. В течение многих лет Е.А. Рогожин читал лекции по сейсмотектонике на геологическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова. Многие из его слушателей стали успешными сотрудниками его отдела в ИФЗ РАН. Можно сказать, что ему удалось создать свою научную школу. В этом отношении он стал достойным продолжателем В.В. Белоусова.



**БЕЛОУСОВ
ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ**
(30.10.1907 – 25.12.1990)

Член-корреспондент АН СССР (1953), выдающийся деятель в области наук о Земле, иностранный член Американского геологического общества (1960), Королевской академии наук Швеции (1960), Лондонского геологического общества и многих других. Владимир Владимирович внес огромный вклад в развитие планетарной геофизики и вывел её значение на государственный уровень, был блестящим вдохновителем конкретных научных программ и проектов, изменивших наши представления о строении Земли. В 1953 году на кафедре динамической геологии МГУ имени М.В. Ломоносова организовал и возглавил лабораторию тектонофизики (с 1970 – лаборатория тектонофизики и геотектоники). Лаборатория создавалась с целью выяснения механизмов формирования тектонических структур, выявляемых в процессе детальных полевых наблюдений в различных регионах, с последующим математическим и физическим моделированием этих структур на эквивалентных материалах. Разработал и обосновал новый метод историко-тектонических исследований – метод анализа мощностей.