



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

СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ТИХООКЕАНСКОГО СЛОЯ СУБДУКЦИИ КАМЧАТСКОЙ ФОКАЛЬНОЙ ЗОНЫ ПО
ДАННЫМ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА V_p/V_s

Славина Л.Б., Кучай М.С.

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

Россия

slavina@ifz.ru

Аннотация

Представлены результаты исследования параметра V_p/V_s - отношения скоростей сейсмических Р и S волн в фокальной зоне Камчатки. Его распределение в слое субдукции погружающейся под Камчатку Тихоокеанской плиты, в районе сочленения Камчатской и Алеутской островных дуг, на юге, в области сочленения Камчатки с Курильской островной дугой. и его положение под Северной группой вулканов - Ключевского, Шивелуча. Построены разрезы распределения параметра по глубине. Положение и строение фокального слоя, выявлены слои – границы в коре и мантии. Значения параметра в Центральной Камчатке и в районе сочленения с Алеутской дугой в слоях в основном пониженные, что свидетельствует о преобладании процесса растяжения, дилатансии в направлении океанической плиты. Обнаружена коллизионная граница сочленения Камчатской и Алеутской островных дуг на Камчатском полуострове, характеризующаяся повышенными значениями, т.е. процессом сжатия, компрессии.

На юге Камчатки, в сложной области сочленения Камчатки с Курильской дугой, Тихоокеанской и Охотоморской плитами обнаружена область смены значений параметра с пониженных, на повышенные. Что может свидетельствовать об изменении процесса напряжений с растяжения на сжатие.

Введение

Исследовалась Камчатская сейсмофокальная зона. По данным кинематического параметра V_p/V_s оценивались сейсмотектонические и геодинамические особенности слоя субдукции погружающейся под Камчатку Тихоокеанской плиты. В Северном, Центральном и Южном сегментах Камчатской сейсмофокальной зоны. Включающих, районы сочленения Камчатки с Алеутской и Курильской островными дугами. А также положение слоя под группами вулканов: Северной (Ключевского, Шивелуча).

При поддвигании и погружении под Камчатку Тихоокеанской плиты, земная кора Камчатки деформируется, о чем свидетельствуют многочисленные региональные землетрясения, регистрируемые Геофизической службой КФ, как в фокальном слое, так и в земной коре Камчатки. Об этом же свидетельствует большое количество активных разломов.

. Расчеты параметра V_p/V_s выполнялись по данным региональных землетрясений, зарегистрированных сетью телеметрических сейсмических станций КФ ГС РАН за длительный период времени, с 2009г по июль 2022г. Методика расчета значений параметра сводилась к следующему: единичные значения рассчитывались аналитически, усреднялись по группе станций и, полученное значение, приписывалось положению гипоцентра. Величина V_p/V_s определяется упругими свойствами среды и может быть выражена через параметры Ламе μ , λ . В частности, когда упругие параметры Ламе μ , λ равны, V_p/V_s равно корню из 3, т.е. ~ 1.73 . Значения равные 1.73 ± 0.05 считались нормальными для исследуемой геологической среды, значения $V_p/V_s < 1.68$ — считались пониженными, $V_p/V_s > 1.78$ — повышенными. Пониженные значения интерпретировались нами как процесс дилатансии, растяжения, повышенные - как процесс сжатия [Физ. Свойства, 1984; Николаевский, 1996; Гарагаш, 1983].

Локальные землетрясения несут информацию о состоянии геологической среды исследуемого сейсмоактивного региона. Они отражают пространственно – временные сейсмотектонические изменения среды, ее напряженно-деформированное состояние. Региональные, локальные землетрясения есть результат медленных тектонических движений земной коры, формирующих геологические структуры и приводящие к накоплению в них значительной упругой энергии. Энергия разряжается в окружающее пространство в результате разрушения материала земной коры, т. е. сильного события, в тех ее местах, где тектонические напряжения достигают предела.

Сейсмическая активность на уровне слабых региональных землетрясений несет информацию об активизации того или иного участка сейсмотектонической зоны. При слежении за временами пробега Р- и S- волн, регистрируемых на станциях, и параметром отношения времен пробега и отношением скоростей этих волн, параметром V_p/V_s , она также несет информацию о напряженном и сейсмотектоническом состоянии среды, ее геологическом строении.

Исследования параметра V_p/V_s проводились в северном и южном сегментах Камчатской фокальной зоны, в сложно построенных в тектоническом плане районах, сочленение Курильской - Камчатской и Алеутской островных дуг. Расчеты проводились по данным региональных землетрясений, зарегистрированных сетью телеметрических сейсмических станций КФ ГС РАН за длительный период времени, с 2009г по июнь 2022г.

Полуостров Камчатка представляет блок континентальной коры мощностью до 40-45км, уменьшающейся до 10-15км в сторону глубоководного желоба. Активный вулканизм на Камчатке сосредоточен в линейных продольных поясах, а проявления сейсмичности образуют единую сейсмофокальную зону. Тихоокеанская плита погружается под Камчатку почти ортогонально со скоростью примерно 8-9 см в год (вблизи Алеут), перемещаясь параллельно Командорскому сегменту Алеутской островной дуги. Край Тихоокеанской плиты под Камчаткой располагается на простирации трансформного разлома западных Алеут – примерно под самой южной частью полуострова Камчатский, уходя далее на северо-запад в сторону вулкана Шивелуч. По отношению к северной границе Тихоокеанской плиты Камчатка делится на две части – южную, надсубдукционную, и северную, расположенную за северным краем Тихоокеанской плиты (рис. 1). Северные две трети «надсубдукционной» Камчатки – Центральная Камчатка – представляют Камчатский сегмент Курило-Камчатской активной островной дуги, южная треть – Южная Камчатка – относится к Курильскому сегменту (рис. 1).

Рассмотрим характер сочленения Тихоокеанской плиты и погружения слоя субдукции в Северном сегменте Камчатки.

Характер распределения землетрясений по площади и глубине в исследуемом районе, как в области вулканической активности СГВ, так и в фокальной зоне представлен на Рис.2 а, б, в. Показано распределение землетрясений на исследуемой площади, с раскраской эпицентров землетрясений, используемых при построении профилей, в соответствии с параметром V_p/V_s ; линии профилей. Разломная тектоника в океанической части в соответствии с морскими работами методом НСП по Н.И. Селиверстову [Селиверстов, 2013] (рис. 2а). Разрезы, построенные по двум профилям, показаны на рис. 2 б, в.

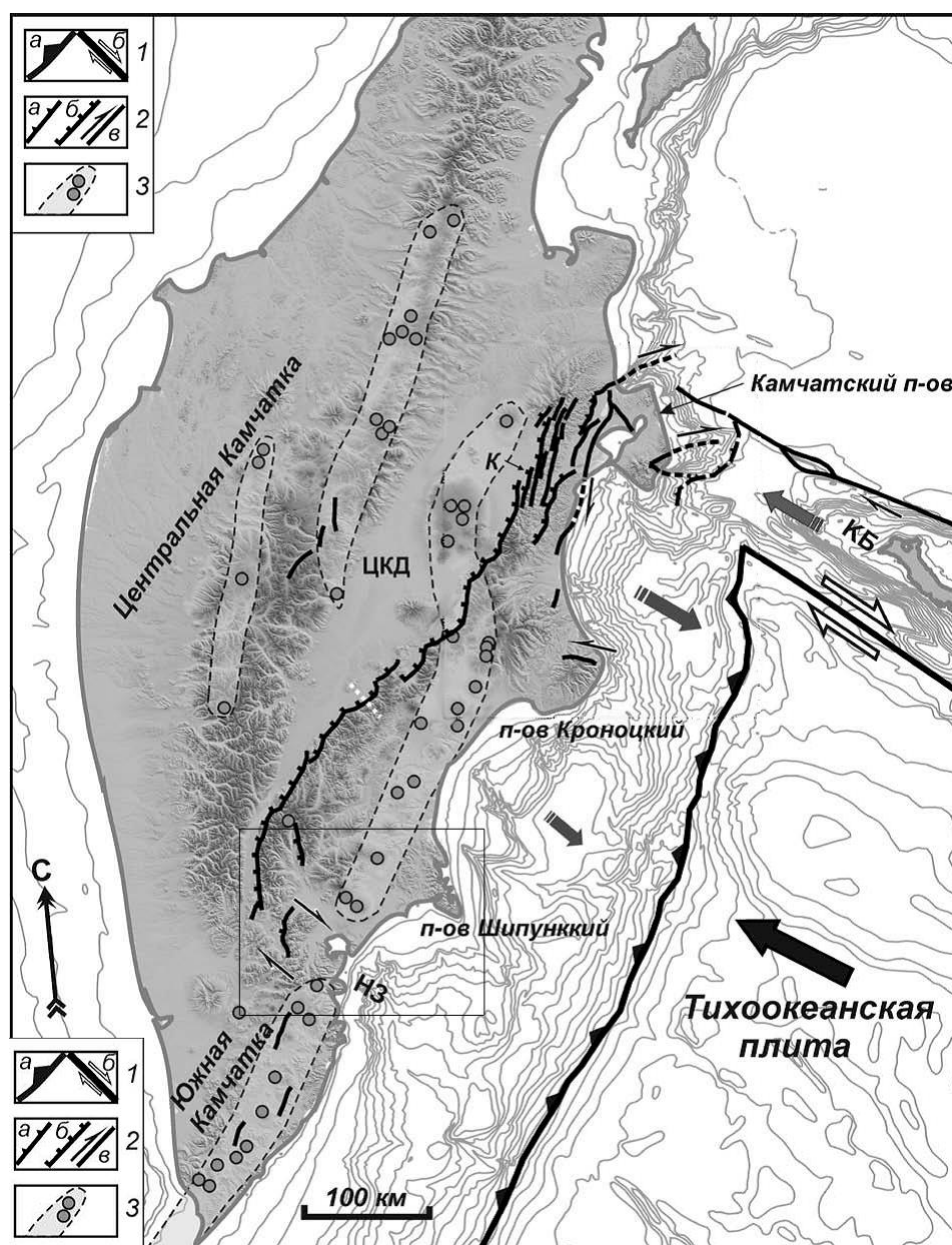


Рис. 1. Карта-схема основных тектонических активных структур Камчатки (по Кожурину А.И. 2019).

Условные обозначения: 1 – ось глубоководного жёлоба (а) и Алеутский трансформный разлом (б); 2 – взбросы-надвиги (а), сбросы (б) и сдвиги (в), 3 – позднечетвертичные вулканические центры и примерные контуры вулканических поясов. ЦКД – Центральная Камчатская депрессия, НЗ – Начикинская зона поперечных дислокаций, большие стрелки – направления относительных движений океанической плиты, востока Камчатки.

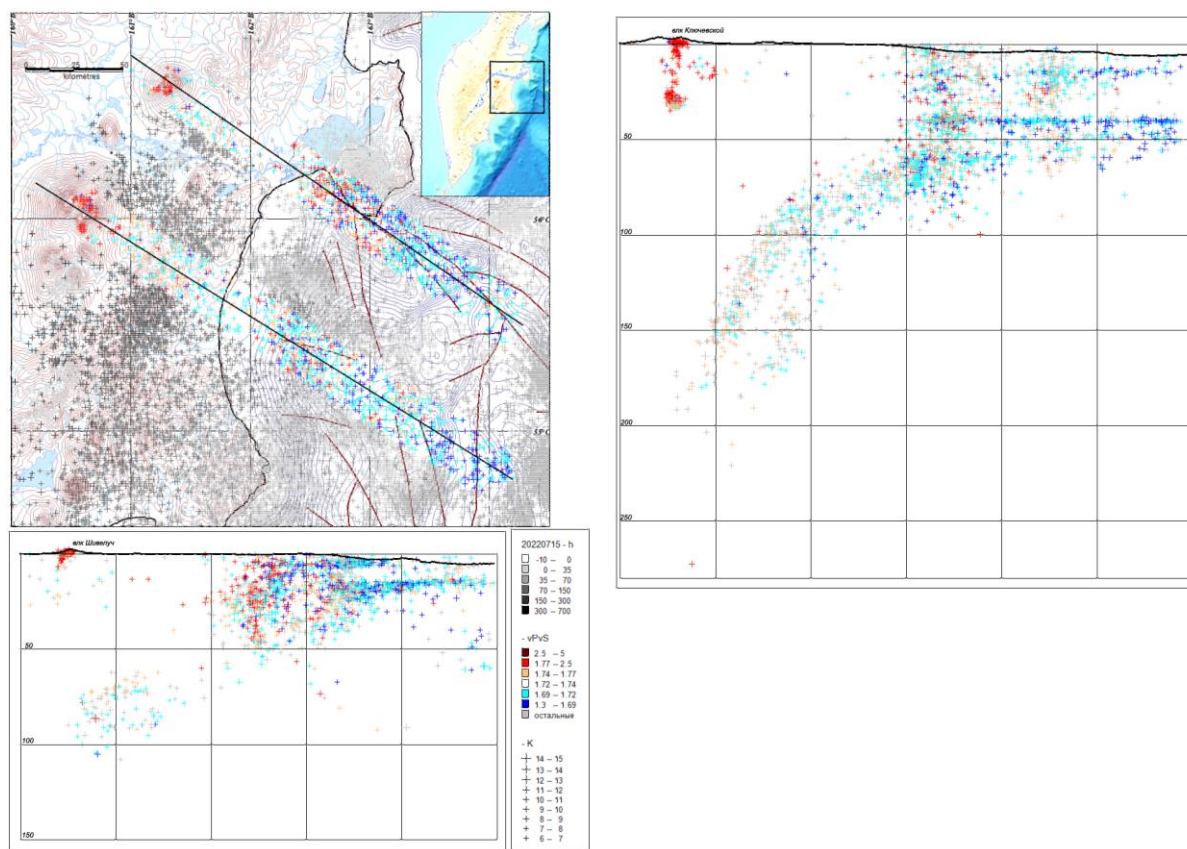


Рис.2 а, б, в. распределение землетрясений на исследуемой площади, с раскраской эпицентров землетрясений, используемых при построении профилей, в соответствии с параметром V_p/V_s ; линии профилей.

Разрезы показывают строение геологической среды исследуемой области. Профиль АВ построен вдоль линии с коридором ± 10 км, включающей землетрясения от линии профиля. В направлении от вулкана Шивелуч на юго-восток (вкост простирания фокальной зоны). Пересекает южное окончание Камчатского полуострова, Камчатский пролив, в направлении Командорских островов. В тектоническом аспекте, совпадает в плане с разломом Стеллера. Цветом показаны значения параметра V_p/V_s . На разрезе особо выделяется вертикально расположенный слой (или граница) повышенных значений параметра, расположенный в северо-западной части Камчатского п-ова. Слой фиксируется от глубин 5-8 км до глубин ~ 50 км. Вероятно, это граница – восточного коллизийного контакта выделенного А.И. Кожуриным [Kozhurin, Pinegina, 2012]. Так же на разрезе можно выделить 2 слоя - на глубине 5-8 км, (видимо, это меловой фундамент). Второй слой на глубине 12-15 км до 20 км. Причем, наблюдается подъем слоя в ЮВ направлении. Граница коры и мантии, граница М, на этом разрезе не выделяется. Фокальный слой до глубин 150 км четко не прорисовывается. Некоторое

скопление пониженных значений на глубине около 75км наблюдается в 25-30 км на ЮВ от Шивелуча.

Разрез по профилю CD построен от Ключевского вулкана в направлении на ЮВ. Пересекает Восточные хребты, Кумроч и далее Камчатский залив практический до линии желоба. На разрезе можно видеть строение вулканической структуры Ключевского вулкана, включающей постройку, столб – магматический канал, периферический очаг на глубине ~30-35км, базальтовое образование (по Федотову С.А.) на глубине 15-20км. Далее на ЮВ на этой же глубине можно выделить слой с пониженными значениями параметра. Выделяется граница коры-мантии М, на глубинах ~35-40км. Четко выделяются, вероятно, разломные структуры в виде близь вертикальных полос, в основном пониженных значений. Причем, на границе коры-мантии их направление и наклон резко меняется. Они как бы разворачиваются в сторону континента. На глубине ~70 км наблюдается еще одна граница, от которой выделяется и начинает свое образование фокальный слой – слой субдукции. До глубин ~80км погружение слоя происходит полого. В районе глубины 75км наклон резко меняется до 45°.

На глубинах 100-200км можно видеть двойной фокальный слой. Отметим, что с океанической стороны наблюдаются пониженные значения параметра, с внутренней Камчатской стороны значения слабо повышенные. Связи питания очаговых зон вулканов Ключевского и Шивелуча с фокальным слоем на представленных разрезах не наблюдается. Для иллюстрации строения фокальной зоны в Южном сегменте Камчатской фокальной зоны рассмотрим ниже приведенные разрезы по профилям 7 и 8.

На разрезах можно видеть фокальный слой. Границ в коре не наблюдаем, что может свидетельствовать о расположении этих событий на Тихоокеанской плите, в океаническом борте слоя субдукции.

Приведем еще один разрез в сегменте сочленения Камчатки с Курильской дугой. Этот район важен с точки зрения напряженного состояния на стыке плит: Тихоокеанской и Охотоморской и островных дуг – Камчатской и Курильской.

1. В этом районе в 2020г имело место сильное Курильское землетрясение 25.03.2020 г. [Кучай, Славина, 2022].

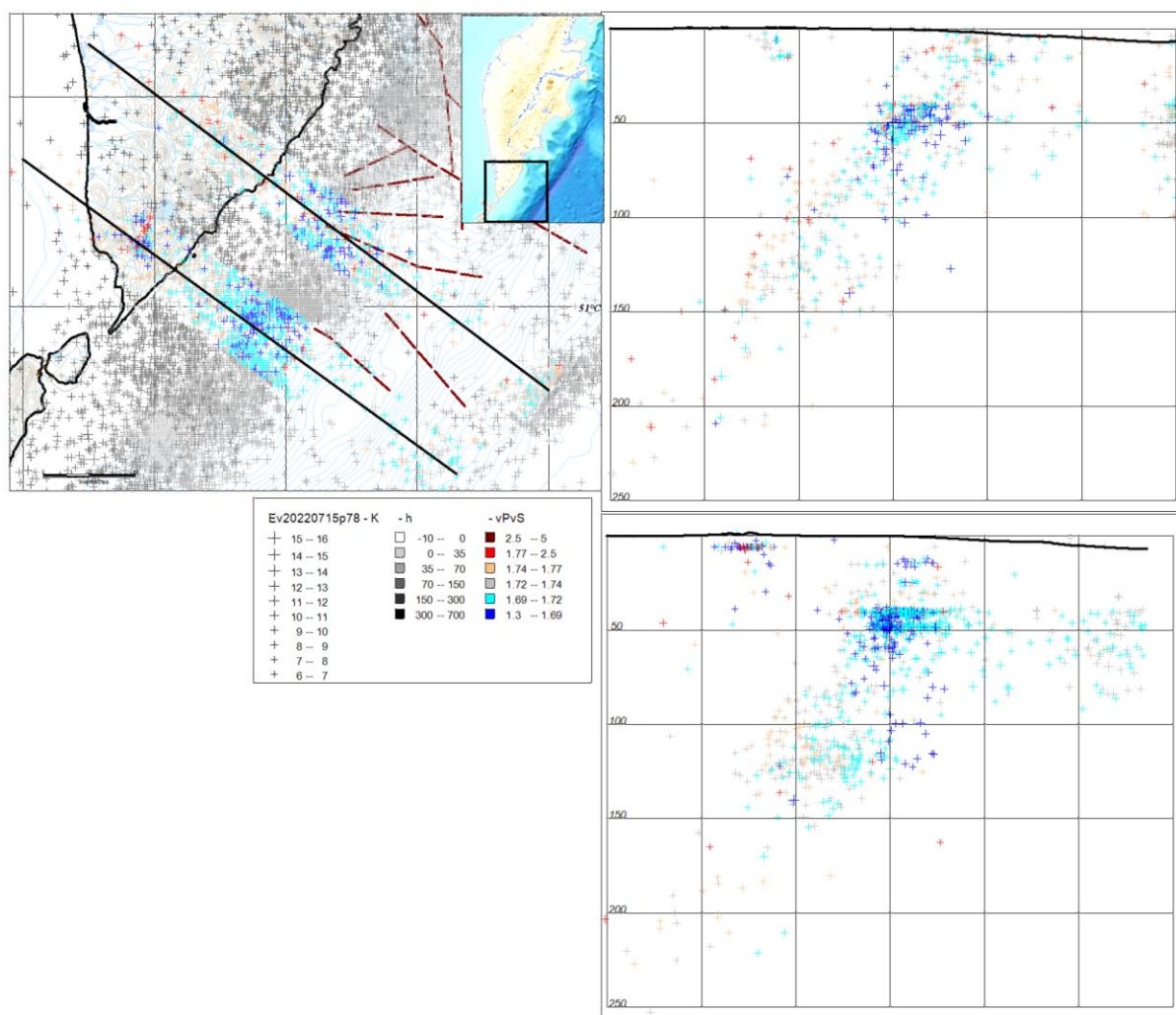


Рис. 3. Карта и профили 7 и 8, разрезов по глубине распределения параметра V_p/V_s в слое субдукции в Южном сегменте Камчатки.

Поведение параметра V_p/V_s в области «перегиба» Тихоокеанской плиты, ее океанического борта, так и в области погружения фокального слоя под Камчатку, под материковый борт желоба, можно видеть на рис. 4. Пониженные значения параметра, в основном, наблюдаются в районе Камчатских полуостровов, т.е. в погружающемся фокальном слое со стороны материкового склона желоба. Резкая смена «знака» параметра с пониженных значений на повышенные к югу от о. Парамушир, в области сочленения Камчатки с Курильской островной дугой. Эту зону можно так же рассматривать как сложную область сочленения, взаимодействия Тихоокеанской плиты – Курило - Камчатской островной дуги и Охотоморской плиты.

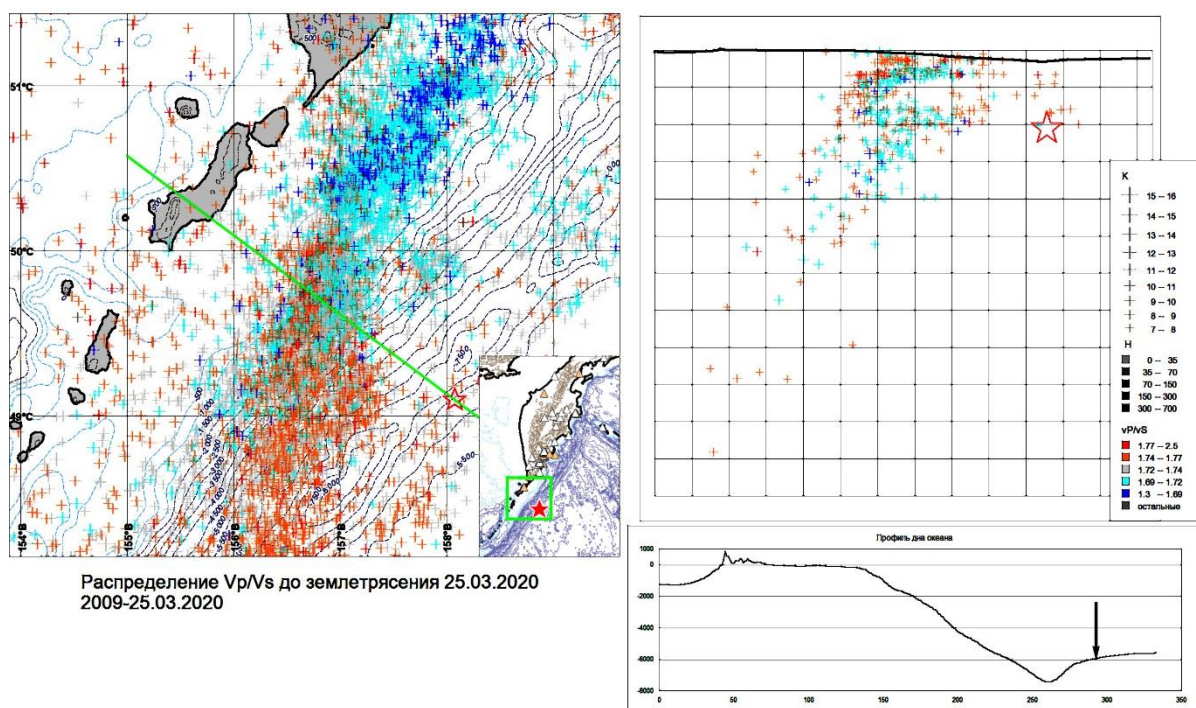


Рис. 4. Распределение землетрясений за период времени 2009г - 25.03.2020г (до землетрясения) области перехода от Тихоокеанской плиты к Курильскому о-ву Парамушир и Охотоморской плите, с окраской в соответствии со значениями параметра V_p/V_s по площади. На разрезе – по глубине, секущем вкrest простираения зон сейсмической активизации (шаг сетки на разрезе 25км). Данные КФ ФИЦ ЕГС. Показан профиль глубин дна океана в изобатах. Положение главного толчка показано звездами и стрелкой.

Рассматривались землетрясения с энергетического класса $K_f \geq 7$ (окраска эпицентров по параметру V_p/V_s). На рис 4, во врезке квадратом показана область, к которой относится карта распределения параметра по площади. Разрез демонстрирует положение и наклон фокального слоя. Также показан профиль глубин погружения дна Тихого океана, подъем к Курильской островной дуге, о-ву Парамушир и погружение в Охотское море. Поле параметра V_p/V_s за длительный период времени так же показывает, что в этой сложно построенной в тектоническом отношении области наблюдается смена знака параметра с пониженных значений - на повышенные. Сильное землетрясение произошло в градиентной зоне, «смены знака» параметра от пониженных значений – к слабо повышенным значениям.

Результаты

В результате проведенных исследований получены сведения об особенностях строения геологической среды фокальной зоны Камчатки.

Выявлены границы в коре и мантии, вдоль которых наблюдаются в основном пониженные значения параметра, что свидетельствует о преобладании процесса растяжения в коре и мантии материкового, над субдукционного склона Камчатки в сторону океана.

Выявлена граница коллизионного сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг на полуострове Камчатский, для которой, характерны повышенные значения параметра. Свидетельствующие о процессе сжатия, компакции, на этом участке. Факт существования такой границы, а также отмеченного нами выше, процесса растяжения Камчатского континентального склона в направлении океана, подтверждается в работах А.И. Кожурина. [Kozhurin, Pinegina, 2012] «Связь формирования структуры Камчатского сегмента Курило-Камчатской островной дуги с динамикой зоны поддвига в ее краевой части проявляется также в резкой смене режима деформирования земной коры, при переходе за край погруженной части плиты с примерно поперечного растяжения, на примерно поперечное сокращение».

В области сочленения Камчатской и Алеутской дуг поперечное сокращение связано с их коллизионным взаимодействием.

Земная кора Центральной Камчатки, располагающейся над северным краем Тихоокеанской плиты, растягивается в сторону океана, следуя за смещающейся в том же направлении погруженной частью океанической плиты.

За краем плиты, на полуострове Камчатский, северном из восточных полуостровов Камчатки, распределение и кинематика активных структур соответствуют коллизионному взаимодействию Камчатской и Алеутской островных дуг. Характерным для коллизионного процесса является наличие компоненты поддвига в сближении Командорского сегмента Алеутской дуги и Камчатки.

Рассмотрен характер поведения параметра V_p/V_s , проведена оценка особенностей его распределения в Камчатской сейсмофокальной зоне в очаговой области сильного землетрясения 25 марта 2020г произошедшего на Тихоокеанской плите, юго-восточнее п-ова Камчатка, к востоку от Северных Курильских островов в период его подготовки и развития афтершокового процесса.

Землетрясение на Тихоокеанской плите с магнитудой такого уровня ($M_L = 7.6$, $M_w = 7.5$) является достаточно редким событием. Регулярность мониторинга параметра V_p/V_s для Камчатской фокальной зоны позволило нам оценить поведение параметра и

выявить его особенности в области контакта Тихоокеанской плиты с континентальным склоном Камчатки, фокальным слоем – слоем субдукции, погружающимся под Камчатку. Оценить возможные области растяжения и сжатия геологической среды.

Результаты работ по методу ГСЗ и НСП, имевшие место в этом районе ранее, позволили уточнить особенности строения среды района возникновения землетрясения. Землетрясение произошло на границе мантийного слоя и астеносферного слоя пониженных скоростей и плотности.

Наблюдаемые пониженные значения параметра V_p/V_s , вероятно, связаны и объясняются сложными геодинамическими условиями на границе сред.

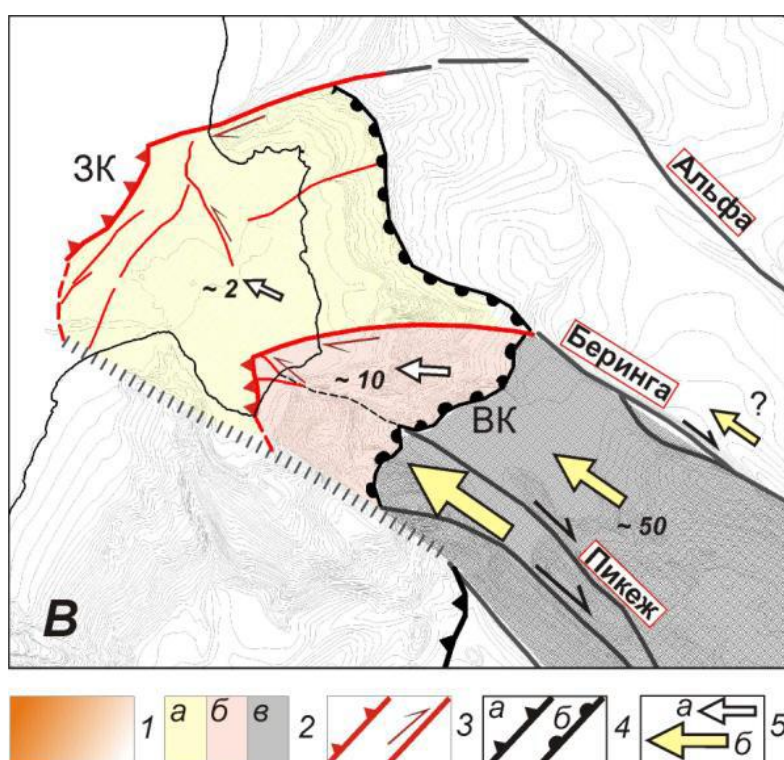


Рис. 5. Модели коллизионного взаимодействия Алеутской и Камчатской дуг – предлагаемая в работе [Кожурин, Пинегина, 2011] с изменениями. 1 – Командорский блок, 2 – отдельные относительно перемещающиеся блоки (а – полуострова Камчатский, б – его юго-восточной части, в – Командорский), 3 – основные активные разломы в блоке полуострова Камчатский (а - взбросо-надвиги, б – сдвиги), 4 – субдукционный (а) и коллизионный (б) поддвиговые контакты, 5 – примерные направления движения блоков (длины стрелок показывают примерное соотношение скоростей движения). ЗК – западный коллизионный контакт, ВК – восточный коллизионный контакт. Батиметрия – по [Селиверстов, 2009], подводные разломы (упрощено) – по [Селиверстов, 1983; Селиверстов и др., 1995; Varanov et al., 1991].

Обнаружено изменение характера поля параметра с пониженных значений на повышенные в области контакта и сочленения плит - Тихоокеанской, Охотоморской и фокальных зон субдукции Камчатской и Курильской.

Приведенные результаты распределения параметра V_p/V_s на Тихоокеанской плите, в очаговой области сильного события, в фокальной зоне в области сочленения Тихоокеанской и Охотоморской плит, свидетельствуют об информативности параметра. Параметр позволяет судить о состоянии геологической среды, напряженном состоянии плиты в области изгиба перед вхождением в зону субдукции. Параметр информативен так же в области очага сильного землетрясения, как в период его подготовки, так и в процессе разрядки и сброса напряжений в афтершоковый период.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках Госзадания ИФЗ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Балеста С.Т. Земная кора и магматические очаги областей современного вулканизма. М.: Наука, 1981. 135 с.

Гарагаш И.А. О хрупком разрушении упругих тел с большим числом трещин. В кн.: Механика тектонических процессов, Алма-Ата, Наука. 1983, С. 61–74.

Селиверстов Н.И. Подводные морфоструктуры Курило – Камчатской и Алеутской островных дуг. Петропавловск- Камчатский, 2013. 161 с.

Физические свойства горных пород и полезных ископаемых. Справочник геофизика под редакцией Н.Б. Дортман. М. Недра, 1984. 455 с.

Kozhurin A., Pinegina. T. From arc-normal extension above the subduction zone to arc-normal contraction just beyond its lateral edge: the case of the Kamchatka-Aleutian junction // Geophysical Research Abstracts. 2012. V. 14.

Федотов С.А. Магматические питающие системы и механизм извержения вулканов. М.: Наука. 2006. С. 455.

Славина Л.Б., Кучай М.С. К оценке поля напряжений командорского блока алеутской островной дуги по данным кинематического параметра V_p/V_s и механизмам очагов землетрясений // Геофизические исследования. 2019. Т. 20. № 4. С. 65–93.

Кучай М.С., Славина Л.Б. Кинематический параметр V_p/V_s южного сегмента камчатской сейсмофокальной зоны при подготовке землетрясения 25 марта 2020 г., $M_w = 7.5$ и развитие его афтершокового процесса 2021 г. // Вулканология и сейсмология. 2022. № 5. С. 1–13.



**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 орогенных 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.