

На правах рукописи



Кондратьев Михаил Николаевич

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕКТОНИЧЕСКИХ
НАПРЯЖЕНИЙ В СТРУКТУРАХ ПОЗДНЕГО МЕЗОЗОЯ И
КАЙНОЗОЯ В СЕВЕРНОМ ПРИОХОТЬЕ**

Специальность 25.00.03 Геотектоника и геодинамика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата геолого-минералогических наук

Магадан — 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило» Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Научный руководитель: **Смирнов Владимир Николаевич**,
доктор географических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило» Дальневосточного отделения Российской академии наук

Официальные оппоненты: **Кожурин Андрей Иванович**,
доктор геолого-минералогических наук, и. о. заведующего лабораторией активной тектоники и палеосейсмологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук

Тверитинова Татьяна Юрьевна,
кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры региональной геологии и истории Земли, Геологический факультет МГУ

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук**

Защита состоится 3 октября 2019 г. в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 002.001.01 при Институте физики Земли им. О. Ю. Шмидта Российской академии наук по адресу г. Москва, ул. Б. Грузинская, д. 10, стр. 1, конференц-зал. С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИФЗ РАН и на сайте www.ifz.ru. Автореферат размещен на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации vak.ed.gov.ru и на сайте института www.ifz.ru.

Отзыв на автореферат, заверенные печатью, в 2-х экземплярах просьба направлять по адресу: 123242, г. Москва, ул. Б. Грузинская, д. 10, стр. 1, ИФЗ РАН, ученому секретарю диссертационного совета Владимиру Анатольевичу Камзолкину.

Автореферат разослан «___» июля 2019 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат геолого-минералогических наук



В. А. Камзолкин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы Территория Северного Приохотья расположена в области динамического взаимодействия Евразийской и Северо-Американской литосферных плит и Охотской микроплиты, выделяемых на основе современных сейсмических данных. Она имеет сложное геологическое строение, обусловленное развитием в течение мезозоя и кайнозоя разнообразных тектонических структур: складчатых, вулканогенных, плутонических, новейших орогенных поднятий и впадин.

Несмотря на достаточно подробную геологическую изученность Северного Приохотья, вопросы развития тектонических деформаций в разновозрастных структурах мезозоя и кайнозоя изучены очень слабо. Территория Северного Приохотья находится в пределах юго-восточного фланга сейсмического пояса Черского, однако поле тектонических напряжений практически не исследовано. Это обусловлено преобладающим низким энергетическим классом происходящих здесь землетрясений, а также редкой сетью сейсмостанций, не позволяющей получать достоверные данные для анализа механизмов очагов слабых землетрясений. Вместе с тем актуальность заявленной проблемы высокая. Она определяется в первую очередь тем обстоятельством, что на рассматриваемой территории расположено большинство населенных пунктов Магаданской области и сосредоточена большая часть производственной, энергетической и транспортной инфраструктуры, что требует надежных обоснований сейсмической опасности этого региона. Кроме того, исследования напряженного состояния земной коры имеют важное теоретическое значение при разработке геологических критериев сейсмичности и прогнозировании зон возникновения очагов сильных землетрясений.

На рассматриваемой территории выявлены разнообразные рудные месторождения золота, серебра, олова и других металлов. В связи с этим актуальной является задача изучения структуры рудных полей и месторождений региона в целях оптимизации поисков и разведки рудных тел на основании данных о полях тектонических напряжений.

Цель диссертационной работы: определение и анализ тектонических напряжений в разнородных и разновозрастных структурах, возникших на разных этапах тектонической эволюции территории Северного Приохотья.

Задачи исследования

1. Изучение тектонической трещиноватости, зеркал скольжения, разрывных нарушений и других дислокационных элементов на опорных участках мезозойских и кайнозойских тектонических структур Северного Приохотья.
2. Восстановление локальных стресс-состояний на каждом изученном участке на основе парагенетического анализа тектонической трещиноватости и разрывных структур более высокого ранга.
3. Определение региональных тектонических напряженных состояний, характерных для выделенных этапов развития Северного Приохотья.

Личный вклад Основу диссертационной работы составили данные личных полевых наблюдений, собранные автором в 2006–2016 гг. на территории Северного Приохотья. Материалы представлены документацией естественных обнажений, замерами тектонической трещиноватости, элементами залегания и кинематики разрывных и складчатых структур. При осуществлении массовых замеров элементов залегания трещин использовалась авторская разработка — цифровой геологический компас, позволяющий с высокой скоростью и большой точностью производить указанные измерения.

Обработка и анализ данных осуществлялись автором лично. Постановка задач формулировалась при совместных обсуждениях с проф. д.г.н. В. Н. Смирновым.

Защищаемые положения

1. Для складчатых структур Армано-Вилигинского синклинория характерны четко выраженные напряженные состояния типа горизонтальный сдвиг с осью сжатия в субширотном направлении (аз. 67, угол 12) и растяжения в субмеридиональном направлении (аз. 161, угол 19).
2. Структурам Удско-Мургальской дуги свойственны напряженные состояния типа горизонтальное растяжение со сдвигом с осью сжатия в северо-восточном направлении (аз. 259, угол 29) и осью растяжения — в северо-западном (аз. 152, угол 26).
3. Вулканоструктуры Хасынского звена ОЧВП характеризуются изменчивыми напряженными состояниями с вариациями геодинамического типа от преобладающего горизонтального растяжения до горизонтального сдвига.
4. Для кайнозойских впадин миоцен-плиоценового возраста характерны напряженные состояния типа горизонтальный сдвиг с осью сжатия в северо-восточном направлении (аз. 214, угол. 29) и осью растяжения в северо-западном направлении (аз. 121, угол. 04).
5. Характер напряжённого состояния на территории Северного Приохотья связан с разновозрастными тектоническими структурами и в первую очередь определяется именно ими.

Научная новизна. Впервые для территории Северного Приохотья получен обширный материал по характеру тектонической трещиноватости, исследованной в естественных обнажениях различных тектонических зон. На основании проведенных работ восстановлены геодинамические обстановки деформирования геологических структур мезозойского и кайнозойского возраста.

Анализ собранных данных позволил с помощью геолого-структурных исследований выявить особенности формирования трещинной сети, полей тектонических напряжений в терригенных породах позднеюрско-раннемелового возраста складчатых структур Армано-Вилигинского синклинория (АВС), позднеюрско-раннемеловых осадочных и вулканических породах Хасыно-Момолтыкичской зоны Удско-Мургальской вулканической дуги (УМД), в верхнемеловых вулканитах

Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП) и в миоцен-плиоценовых континентальных осадках неотектонических впадин.

Разработан дополнительный статистический критерий χ^2 , который повышает надежность выделения сопряженных трещин и установлено его пороговое значение для территории Северного Приохотья ($\chi^2 > 100$).

Теоретическая и практическая значимость работы Информация о современном поле напряжений имеет важное значение в связи с оценкой сейсмической опасности территории Магаданской области.

Анализ тектонической трещиноватости имеет практическое значение при изучении структуры рудных полей и месторождений.

Разработанное в рамках работы над диссертацией устройство «Цифровой геологический компас» может быть использовано для выполнения разнообразных работ по изучению геологических структур.

Апробация работы Результаты исследований докладывались и обсуждались на: Всероссийской молодежной конференции «Строение литосферы и геодинамика» (г. Иркутск, 2009 г.); научном симпозиуме «Проблемы сейсмичности и современной геодинамики Дальнего Востока и Восточной Сибири» (г. Хабаровск, 2010 г.); Молодежной школе-семинаре «Современная тектонофизика. Методы и результаты» (г. Москва, 2011, 2015 г.); Всероссийской тектонофизической конференции «Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле» (г. Москва, 2012 г.); Секции тектонофизики Научного Совета по Проблемам Тектоники и Геодинамики при ОНЗ РАН (г. Москва, 2018 г.); 50-м Тектоническом совещании (г. Москва, 2018 г.); Всероссийской конференции «Чтения памяти академика К. В. Симакова» (2007, 2009, 2013 г.); Межрегиональной молодежной конференции «Научная молодежь — Северо-Востоку России» (2007, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016 г.), а также на ряде семинаров СВКНИИ ДВО РАН.

Количество опубликованных автором или при его участии научных работ — 30, из них по теме диссертации — 15 (в том числе 6 в изданиях из списка ВАК).

Объем и структура работы. Диссертация общим объемом 127 страниц состоит из 4 глав, введения, заключения, иллюстрирована 56 рисунками и 11 таблицами. Список литературы включает 87 наименований. Работа выполнена в лаборатории геологии кайнозоя и палеомагнетизма Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило» Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю д.г.н. В. Н. Смирнову за постановку темы, советы и консультации, совместные полевые и камеральные работы, С. Д. Шведову, П. П. Колегову и к.г.-м.н. О. Ю. Глушковой за совместно проведенные полевые работы и лабораторные исследования. Особую благодарность автор адресует д.г.-м.н. В. В. Акинину, чл.-корр. Н. А. Горячеву, д.г.-м.н. И. Л. Жулановой, д.ф.-м.н. Ю. Л. Ребецкому, д.г.-м.н. Л. А. Сим, д.г.-м.н. В. Г. Трифонову, д.г.-м.н. Н. Б. Кузнецову за обсуждение работы и консультации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Основные тектонические структуры Северного Приохотья

В Северном Приохотье выделяются четыре структурных яруса, в разной степени распространенные на территории региона: 1) позднеюрско-раннемеловые орогенные складчатые структуры Яно-Колымской и Кони-Тайгоносской систем; 2) окраинно-континентальные позднеюрско-раннемеловые осадочные и вулканотектонические структуры Удско-Мургальской дуги; 3) меловые вулканотектонические структуры Охотско-Чукотского вулканогенного пояса; 4) кайнозойские межгорные впадины [Корольков и др., 1992; Котляр, Русакова, 2004; и др.].

В геодинамической интерпретации позднемезозойской структуры региона выделяются: Вилигинский террейн (фрагмент позднепермского – юрского задугового бассейна); Кони-Тайгоносский террейн (фрагмент позднепалеозойско – раннемезозойской островной дуги); Удско-Мургальская островодужная истема (юра – ранний мел); Охотско-Чукотский надсубдукционный вулканогенный пояс мелового возраста; позднеюрско-меловые коллизионные гранитоиды [Геодинамика ..., 2006].

Позднемезозойские складчатые структуры, принадлежащие Кони-Пягинскому звену Кони-Тайгоносской складчатой системы и юго-восточному флангу Яно-Колымской системы, разделены Челомджа-Ямским глубинным разломом. Юго-восточный фланг Яно-Колымской складчатой системы сложен непрерывно залегающими терригенно-осадочными отложениями, имеющими возраст от перми до поздней юры. Отложения представлены преимущественно толщами алевролитов, имеющими северо-западное простирание, с появлением в верхнем триасе и нижней юре горизонтов песчаников и туфопесчаников. На изученной территории выделяется Арmano-Вилигинский синклинирий, сложенный терригенными отложениями юрского возраста, смятыми в линейные и брахиморфные складки, нарушенные сбросо-сдвигами субширотного и северо-восточного простирания [Котляр, Русакова, 2004; Кузнецов, 2007].

Кони-Пягинское звено Кони-Тайгоносской складчатой системы, согласно [Умитбаев, 1986], сложено терригенно-вулканогенной толщей поздне триасового – юрского возраста, в которой отмечается обилие лавовых разностей базальтового и андезибазальтового состава. Формирование складчатой структуры завершилось в орогенную стадию развития в конце баррема – апте [Корольков, 1992].

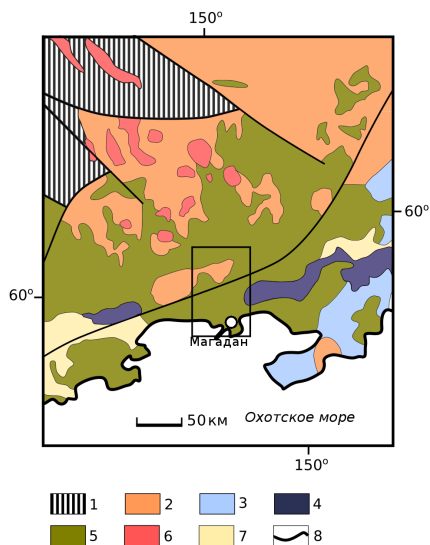
Вдоль южного, прибрежного края Северного Приохотья прослеживается линейная структура **Удско-Мургальской вулканической дуги**, которая сложена известково-щелочными вулканитами берриас-валанжинского возраста [Котляр, Русакова, 2004] и комплексом терригенных формаций. Обособленный комплекс терригенно-вулканогенных формаций составляют позднеюрско-раннемеловые толщи (момолтыкичская вулканогенная и хасынская угленосные свиты), которые с несогласием перекрывают структуры Яно-Колымской и Кони-Тайгоносской

систем. Тектоническая специфичность и история геологического развития позволяют отнести эти образования к структурам Удско-Мургалского окраинно-континентального пояса [Горячев, 2005]. В диссертации эта зона названа нами Хасынско-Момолтыкичской.

Вулканические образования **Охотско-Чукотского вулканогенного пояса** простираются в широтном направлении на большом расстоянии в виде полосы шириной до нескольких сотен километров и залегают на структурах Яно-Колымской и Кони-Тайгоносской мезозойских складчатых систем и в вулкано-тектонических комплексах Удско-Мургалской дуги. Вулканиды пояса накапливались в интервале времени от среднего альба до середины кампана [Акинин, 2012].

В основании типичного разреза вулканитов залегают [Корольков, 1992; Котляр, Русакова, 2004; Акинин, Миллер, 2011] вулкано-осадочные породы арманской свиты, фациально замещаемые лавами, брекчиями и туфами андезитов нараулинской толщи. Наратулинская толща перекрывается кислыми туфами и лавами хольчанской свиты. Далее вверх по разрезу они замещаются двупироксеновыми андезитами улынской свиты. Разрез продолжается кислыми игнибритами ольской свиты. Завершают разрез мощные покровы оливин-плагноклазовых базальтов мыгдыкитской свиты, формирующие полого наклонное ($10-15^\circ$) плато, с размывом залегающие на нижележащих толщах. Для всех вулканоструктур характерна закономерная приуроченность к магмоподводящим разломам субширотного, северо-восточного и субмеридионального простирания.

Вдоль прибрежной зоны располагается Тауйско-Ямская система **кайнозойских межгорных впадин**, которые представляют собой широтно ориентированные грабены с амплитудами погружения по сбросам от нескольких сотен метров до 2 км и более. Их размеры в плане варьируют в широких пределах: от несколь-



1 — Верхоянская пассивная окраина (палеозой - ранний мел); 2 — Вилигинский террейн (фрагмент позднепермского триасового и юрского задугового бассейна); 3 — Кони-Тайгоносский террейн (фрагмент позднемезозойской-раннемезозойской островной дуги); 4 — Удско-Мургалская островодужная система (юра - ранний мел) 5 — надсубдукционный вулканический пояс мелового возраста; 6 — позднеюрские-меловые коллизонные гранитоиды; 7 — кайнозойские осадочные бассейны; 8 — разломы. Рамкой выделено положение изученной территории.

Рис. 1. Фрагмент тектонической карты Дальнего востока России. По [Геодинамика..., 2006] с дополнениями:

ких километров в поперечнике (Балахпчинская впадина близ Магадана с неоген-четвертичными осадками мощностью более 600 м) до 150 км в длину и 50 км в ширину (Кава-Тауйская впадина) [Смирнов, 2006].

В составе кайнозойских впадин установлены разнообразные по происхождению и условиям залегания континентальные отложения большого возрастного диапазона — от середины палеогена до голоцена. В Магаданской впадине позднемиоценовый возраст имеет нагаевская толща, сложенная ритмично слоистыми алевролитами, песками с прослоями лигнитов и бурых углей. Выше залегает слой галечников и конгломератов плиоценового возраста, которые выделены под названием «наднагаевские галечники» [Гриненко и др., 1998].

Поздний миоцен – плиоценовые толщи обнажаются в береговых обрывах бухт Нагаева и Гертнера и оказались доступными в качестве объекта для геологоструктурных исследований.

Тектоническое и геодинамическое развитие территории. Первый этап позднеюрско-раннемеловой — это образование брахиформной складчатости Армано-Вилигинского синклинория и связанной с нею сети соскладчатых разломов и кливажных структур. В это время были активизированы крупные разломы северо-западного простирания (Умарский, Малтанский и др.), разделяющие основные структурные элементы юго-восточного фланга Яно-Колымской складчатой системы.

Второй этап — среднеюрско-раннемеловой. К нему относится развитие Удско-Мургалского островодужного вулканического пояса, формирование континентальных вулканотектонических структур и осадочного чехла межгорных впадин (момолтыкичская и хасынская свиты). Возможно, к концу этого этапа относится становление интрузий охотского типа, в том числе раннемелового магаданского массива.

Третий этап — альб-сеноман-кампанский отражает резкую смену геодинамической обстановки: начались мощные тектоно-магматические процессы, обусловившие формирование структуры Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Они сопровождались активизацией крупных магноподводящих разломов северо-восточного, субмеридионального и широтного простираний.

Кайнозойский этап развития структуры Северного Приохотья связан с активизацией разломов субширотного и северо-восточного простирания с формированием крупных межгорных впадин (грабенов) в южной и восточной частях региона.

В течение последнего, плиоцен-четвертичного этапа преобладали дифференцированные вертикальные поднятия, в которые были втянуты и кайнозойские впадины. В некоторых случаях возникали небольшие новообразованные межгорные впадины четвертичного возраста [Смирнов, 2006].

Таким образом, рассматриваемая территория в позднем мезозое и кайнозое пережила пять этапов тектонических деформаций, следы которых должны быть запечатлены в тектонической трещиноватости горных пород.

Глава 2. Методы

В процессе выполнения диссертации в полевой и камеральной работе для восстановления напряженных состояний геологических тел был применен хорошо разработанный к настоящему времени комплекс геолого-структурных методов: статистический метод П. Н. Николаева и метод катакластического анализа разрывных смещений Ю. Л. Ребецкого. Вдобавок к перечисленным методам автором были разработаны следующие новые методические подходы и приемы при выполнении массовых замеров тектонической трещиноватости и при структурно-геологическом анализе полученных массивов данных:

- установлен дополнительный статистический критерий оценки достоверности выбора сопряженных плоскостей;
- изобретен цифровой геологический компас;
- составлена программа для анализа матриц плотности трещиноватости `pyfrct`.

Дополнительный статистический критерий оценки достоверности выбора сопряжённых плоскостей

При поиске сопряженных пар методом П. Н. Николаева [Николаев, 1977] на диаграммах плотности трещиноватости следует учитывать то обстоятельство, что сопряженные трещины в одной паре могут часто проявляться с разной интенсивностью. И на практике возможны случаи, когда в сопряженную пару попадает система трещин с небольшим разбросом, принятая за сопряженную ошибочно. Ситуация осложняется, когда на диаграмме проявляется сразу несколько максимумов трещиноватости с заметным разбросом, которые могут быть объединены в несколько пар. По нашему мнению, чтобы избежать подобных проблем, полезно иметь статистический критерий, по которому можно определить надежность отнесения данного максимума плотности трещиноватости к максимуму, входящему в сопряженную пару.

В качестве критерия такой асимметрии мы предложили использовать хи-квадрат:

$$\chi^2 = \frac{(O - E)^2}{E}, \quad (1)$$

где O — наблюдаемая величина, E — ожидаемая величина. В нашем случае в качестве ожидаемого будет изометричное распределение без «разбросов». Выбор конкретного критерия, пригодного для оценки достоверности выбора данного максимума плотности трещиноватости в качестве одной из систем трещиноватости в сопряженной паре проводится эмпирически.

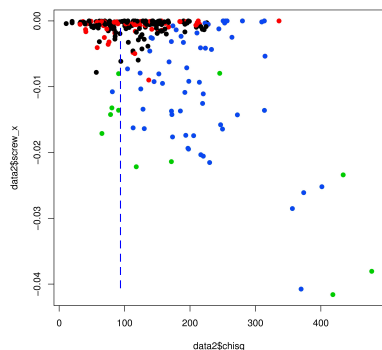


Рис. 2. Зависимость χ^2 от коэффициента асимметрии Пирсона для осей тектонической трещиноватости Северного Приохотья

Синим цветом выделены оси трещиноватости, для которых надежно интерпретируется вхождение в пары сопряженных трещин

На территории Северного Приохотья (Магаданская область) были измерены элементы залегания тектонической трещиноватости в разных геологических структурах в 89 пунктах геолого-структурных наблюдений [Смирнов, Кондратьев, 2011, 2013]. В каждом пункте на матрице плотности распределения трещин проявляется от 2 до 9 максимумов (осей трещиноватости).

Результаты измерений были объединены в базу данных, в которой содержались статистические характеристики каждой оси трещиноватости в изученных пунктах (среднее, мода, стандартное отклонение по каждой из осей, коэффициент асимметрии Пирсона по каждой из осей, и значение хи-квадрат).

На рис. 2. представлена зависимость χ^2 от γ для осей тектонической трещиноватости в пунктах геолого-структурных наблюдений на участках Северного Приохотья. На диаграмму вынесены группы осей трещиноватости: не являющиеся сопряженными; возможно, являющиеся сопряженными; а также уверенно выделяемые как сопряжённые, показанные на диаграмме синим цветом. В результате нами эмпирически принято пороговое значение критерия $\chi^2 = 100$.

Разработка цифрового геологического компаса

При массовом определении элементов залегания в ходе работы использовался «Цифровой геологический компас» — электронное устройство, позволяющее в автоматическом режиме производить замеры элементов залегания поверхности без необходимости приведения компаса к горизонтальному уровню.

В цифровом компасе трехосевые взаимно ортогональные датчики магнитного поля измеряют проекции вектора магнитного поля Земли на грани устройства. Сочетание величин трех проекций позволяет определить ориентацию устройства относительно внешнего магнитного поля. Похожим образом трехосевые датчики ускорения, измеряющие в состоянии покоя проекции вектора силы тяжести, позволяют определить ориентацию устройства относительно поля гравитации Земли.

В целях создания компаса, пригодного к полевой работе, было спроектировано цифровое устройство (патенты № RU 121565 U1, RU 137609 U1). В корпус из

немагнитного материала размерами $150 \times 80 \times 30$ мм были помещены датчики магнитного поля и ускорения. Датчики представляют собой 3-осевой магнитометр и 3-осевой акселерометр, определяющие ориентацию корпуса компаса в пространстве. В корпусе также находятся флеш-накопитель, на который записываются результаты измерений, микроконтроллер, выполняющий управление всеми перечисленными периферийными устройствами, и элемент питания. На корпусе также смонтирована кнопочная клавиатура и жк-дисплей для отображения результатов измерений.

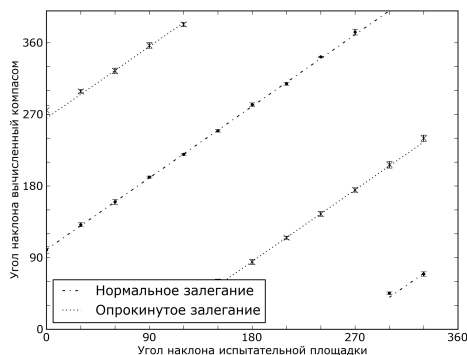


Рис. 3. Повторяемость измерений для азимута падения, а также отклонения значений, полученных компасом в зависимости от азимута падения испытательной площадки

Главным условием измерения является приложение нижней плоскости компаса к измеряемой поверхности. Ориентация остальных плоскостей компаса при этом не имеет значения. Одним замером возможно снять не только стандартные элементы залегания плоскости (азимут и угол падения), но и элементы залегания линейных структурных элементов (штрихи скольжения, линейные текстуры горных пород). Кроме того, предусмотрена возможность измерения истинного залегания на основе видимых залеганий.

К настоящему моменту рабочая модель опробована в ходе выполнения массовых замеров тектонической трещиноватости в структурах ОЧВП и складчатых структурах его основания [Кондратьев, 2011; Смирнов и Кондратьев, 2011]. Использование разработанного компаса оправдало себя также в специальных структурных исследованиях на Каральвеевском золоторудном месторождении, направленных на детальное изучение структуры рудного поля и выявление областей локализации рудных тел [Кондратьев, 2012a].

Глава 3. Результаты изучения тектонической трещиноватости

В течение полевых работ 2007–2016 гг. на территории Северного Приохотья проведено изучение тектонической трещиноватости в различных структурно-геологических обстановках. Выбрано 12 опорных участков, на которых проведены массовые замеры элементов залегания тектонической трещиноватости. Попутно с замерами трещиноватости отмечались морфологические особенности плоскостей трещин, их структурные взаимоотношения. При нахождении борозд скольжений

на плоскостях трещин выполнялся замер их ориентировок.

Таблица 1. Исследованные участки в различных геологических обстановках Северного Приохотья и реконструкция напряженных состояний в них

	Участок	Координаты	Число пунктов	Метод анализа	Ориентация оси		Тектоническая позиция
					сжатия	растяжения	
1	«Хета»	61,0° 151,7°	12	Николаев	90° ∠ 10°	0° ∠ 00°	ABC
2	«Армань»	60,6° 150,6°	27	Николаев	90° ∠ 00°	0° ∠ 00°	ABC
3	«Магадавен»	60,5° 151,0°	1	МКА	15° ∠ 9°	243° ∠ 76°	ABC
4	«Ойра»	59,8° 149,8°	6	Николаев	261° ∠ 31°	182° ∠ 34°	ХМЗ
5	«Хасын»	60,1° 150,8°	1	МКА	326° ∠ 28°	45° ∠ 23°	ХМЗ
6	«Магадан-1»	59,5° 150,9°	24	Николаев	251° ∠ 20°	160° ∠ 18°	ХМЗ
7	«Дондычан»	60,5° 150,9°	1	МКА	087° ∠ 42°	324° ∠ 38°	ОЧВП
8	«Колхида»	60,6° 151,6°	1	МКА	260° ∠ 32°	61° ∠ 73°	ОЧВП
9	«Карамкен»	60,2° 151,1°	1	МКА	78° ∠ 62°	290° ∠ 30°	ОЧВП
10	«Нельканджа»	60,2° 150,7°	5	Николаев	335° ∠ 10°	65° ∠ 00°	ОЧВП
11	«Ола»	60,6° 151,4°	10	Николаев	262° ∠ 50°	350° ∠ 30°	ОЧВП
12	«Магадан-2»	59,5° 150,9°	4	Николаев	251° ∠ 20°	160° ∠ 18°	KZ впа- дины

ABC — Армано-Вилигинский синклиорий; ХМЗ — Хасыно-Момолтыкичская зона; ОЧВП — Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (Хасынское звено); Координаты указаны для центральной точки участка; Для каждого участка указаны усредненные напряженные состояния.

В мезозойских складчатых структурах анализ тектонической трещиноватости выполнялся на трех участках, расположенных в пределах Армано-Вилигинского синклиория вблизи северной границы Хасынского звена ОЧВП.

Участок «Хета» находится в бассейне р. Малтан в зоне динамического влияния Хетинского разлома, который трассируется в субширотном направлении через долину р. Хета от р. Малтан на западе до р. Эльген на востоке на расстояние около 90 км [Кондратьев, 2008]. Изучению подвергалась трещинная структура в обнажениях юрских алевролитов в бортах р. Хета.

Участок «Армань» располагается в верхнем течении р. Армань и находится в зоне динамического влияния Иня-Ямской зоны разломов субширотного простирания и Арманского разлома северо-восточного простирания. Изучение тектонической трещиноватости производилось в обнажениях стратифицированных отложений — аргиллитов и алевролитов триасового и юрского возраста.

Участок «Магадавен» находится в бассейне р. Мадагавен (лев. приток р. Армань) в пределах южного выступа Хасын-Магадавенского относительного поднятия по [Аноров и др., 2001], где обнажен фрагмент Дондычан-Нелканджинской брахисинклинали. Массовые замеры трещиноватости, а также измерения ориентировок и направлений борозд в милонитизированных зеркалах скольжения производилось в среднеюрских песчаниках.

Количество пунктов наблюдений в каждом участвке, используемый метод, а также результаты представлены в табл. 1. и на рис. 4.. Восстановленные ориентации осей σ_1 и σ_3 в складчатых структурах Армано-Вилигинского синклиория хорошо описываются конусами сжатия и растяжения с осями, ориентированны-

ми 161° (азимут) 19° (угол наклона) и 67° (азимут) 12° (угол наклона) соответственно. Следует отметить что в трех случаях ось σ_1 попала в конус сжатия — одно из таких решений было получено на участке «Хета» и два на участке «Армань». Положение плоскостей действия максимальных касательных напряжений хорошо согласуется с ориентацией северо-восточных и северо-западных систем разломов, активно проявленных на территории. На основе изложенного выдвигается защищаемое положение 1.

Для складчатых структур Армано-Вилигинского синклинория характерно четко выраженное поле напряжений типа горизонтального сдвига с осью сжатия в субширотном направлении (аз. 67° , угол 12°) и растяжения в субмеридиональном направлении (аз. 161° , угол 19°).

В пределах вулcano-тектонических структур Хасыно-Момолтыкичской зоны Удско-Мургальской дуги изучение тектонической трещиноватости выполнялось на трёх участках в вулканитах момолтыкичской свиты, прорванных меловыми субвулканитами, и в береговых обнажениях меловых гранитоидных интрузий Магаданского батолита.

Участок «Хасын» находится в бассейне реки с одноименным названием в окрестностях пос. Палатка Магаданской области. Пункты геолого-структурного изучения располагались в обнажениях андезитов момолтыкичской свиты, на правом берегу р. Хасын. Породы свиты в обнажениях слабодислоцированы и залегают субгоризонтально.

Участок «Ойра» находится в 50 км к западу от г. Магадан, в бассейне р. Ойра, впадающей в Охотское море и пересекающей в субмеридиональном направлении Горгычанский и Каменный хребты. Пункты геолого-структурного изучения располагались в обнажениях андезитов и андезибазальтов момолтыкичской свиты.

Участок «Магадан-1» расположен на побережье Охотского моря в районе г. Магадан в пределах Магаданского гранитоидного массива (батолита), прорывающего вулканогенные толщи позднеюрско-раннемелового возраста. Трещинная сеть в изученных обнажениях обладает характерным обликом, а именно: ярко выраженным поясом вращения трещиноватости. При этом вся совокупность трещин на каждом обнажении лежит исключительно в одном поясе.

Результаты исследований участков представлены в табл. 1. и на рис. 4.. Для комплекса напряженных состояний, восстановленных в обнажениях в структурах Хасыно-Момолтыкичской зоны, также не удалось подобрать ориентацию конуса растяжения так, чтобы в него не попали выходы осей сжатия, полученных для некоторых пунктов геолого-структурных наблюдений. Вместе с тем, для напряженных состояний характерна устойчивая ориентация оси конуса σ_1 (азимут 152° , угол наклона 26°) и некоторый разброс ориентировок оси σ_3 с общей ориентацией оси конуса (азимут 259° , угол наклона 29°). Из этого следует защищаемое положение 2.

Структурам Хасыно-Момолтыкичской зоны Удско-Мургальской дуги свойственны напряженные состояния типа горизонтальное растяжение со сдвигом с осью сжатия в северо-западном направлении (аз. 259° , угол 29°) и осью

растяжения — в северо-восточном (аз. 152, угол 26).

Тектоническая трещиноватость вулканоструктур изучалась в пределах Хасынского звена ОЧВП в обнажениях меловых вулканитов.

Участок «Дондычан» расположен в верховье р. Дондычан (басс. р. Армань) в северо-восточной части Арманской вулканоструктуры ОЧВП. Он приурочен к выделенной здесь палеосейсмодислокации [Смирнов, 2018]. На участке широко распространены разрывные нарушения, часть из которых обнаруживает явные признаки современной активности. Наиболее крупное из них проходит вдоль правого борта р. Дондычан где расположен комплекс палеосейсмодислокаций. Для восстановления напряженного состояния на стенке отрыва сейсмогенного скального оползня и в непосредственной близости от него была изучена сеть трещиноватости в субвулканических породах нанкалинского комплекса, слагающих палеосейсмодислокацию.

Участок «Колхида» расположен в верховьях одноименного ручья вблизи золото-серебряного месторождения Колхида в Верхне-Малтанской интрузивно-купольной структуре, сложенной туфами и игнимбритами кислого состава позднемелового возраста. Массовые замеры трещиноватости проводились в туфах и игнимбритах риолитов хольчанской свиты, а также в обнаруженных многочисленных кварц-карбонатных прожилках с бороздами скольжения.

Участок «Нельканджа» расположен в бассейне р. Нельканджа и сложен туфоконгломератами нижнего мела, с размывом залегающими на момолтыкичской свите.

Участок «Ола» расположен в окрестностях крупной гравитационной палеосейсмодислокации в верховьях р. Олач, в 125 км к север-северо-востоку от г. Магадана [Смирнов и др., 2013]. Массовый замер элементов залегания плоскостей тектонической трещиноватости был выполнен в вулканических комплексах ольской и мыгдыкитской свиты, как в плоскости отрыва палеосейсмодислокации, так и вне её, на скальных выступах склона на противоположном берегу р. Ола.

Результаты исследований участков представлены в табл. 1. и на рис. 4.. Для напряженных состояний вулканитов ОЧВП не удалось подобрать удовлетворительную ориентировку конусов сжатия и растяжения. На этом основании нами сформулировано защищаемое положение 3.

Вулканоструктуры Хасынского звена ОЧВП характеризуются изменчивым полем тектонических напряжений с вариациями типа напряженного состояния от горизонтального сдвига до горизонтального растяжения.

Для изучения тектонической трещиноватости в кайнозойских впадинах были выбраны морские береговые обрывы в бух. Гертнера на участке «Магадан-2». Собран материал по ориентировке трещин в верхнемиоценовых конгломератах нагаевской толщи, залегающих в нижней части берегового уступа в бух. Гертнера. Отдельные гальки, входящие в состав конгломератов, разбиты субвертикальными трещинами. Плоскости трещин имеют устойчивую широтную ориентацию на протяжении всего обнажения, и часто след одной и той же плоскости разбивает серию

галеk, лежащих на её линии. Установленные дислокации, очевидно, связаны с влиянием Нагаевского и Весёлого активных разломов [Смирнов и др., 2000].

Восстановленные ориентации осей σ_1 и σ_3 (см. табл. 1. и рис. 4.) укладываются в конусы сжатия и растяжения с осями, ориентированными 214° (азимут) 29° (угол наклона) и 121° (азимут) 04° (угол наклона), соответственно. Положение плоскостей действия максимальных касательных напряжений хорошо согласуется с ориентацией субширотных активных разломов, к которым приурочена цепочка кайнозойских впадин. На основе изложенных данных сформулировано защищаемое положение 4.

Для кайнозойских впадин миоцен-плиоценового возраста характерны напряженные состояния сдвигового типа с осью сжатия в северо-восточном направлении (аз. 214, угол. 29) и осью растяжения в северо-западном направлении (аз. 121, угол. 04).

Глава 4. Особенности напряженного состояния в разных тектонических структурах Северного Приохотья

Для того, чтобы весь комплекс решений, полученный на 12 участках в разных тектонических обстановках, разделить на отдельные группы, был проведен анализ массива напряжённых состояний. На рис. 7. показана диаграмма, на которой изображено положение оси на зенит относительно осей σ_1 , σ_2 и σ_3 для изученных пунктов напряжений. Как видно из диаграммы, в подавляющем большинстве изученных пунктов ось на зенит лежит в пределах 30° от оси σ_2 , что позволяет отнести их по типу напряжённого состояния к горизонтальному сдвигу и горизонтальному растяжению со сдвигом. Исключение составляют участки «Магадавен», «Хасын», отдельные пункты наблюдений на участках «Магадан-1» и «Нельканджа» (тип напряжения горизонтальное сжатие с осью сжатия лежащей в северных румбах), и участки «Колхида», «Дондычан», «Карамкен», «Ола» (горизонтальное растяжение с осью растяжения ориентированной незакономерно).

Одновременное наличие стресс-состояний разных типов характерно для большинства геологических структур, обладающих относительно сложным геологическим строением. Однако возникновение сложного сочетания различных напряженных состояний на одной территории может иметь разную природу: 1 — последовательная смена тектонических режимов во времени; 2 — кинематическое «секционирование» деформации, или 3 — сочетание режимов, вызванное относительно короткими по времени флуктуациями деформации.

В случае если верен первый сценарий, вариации напряжений должны коррелировать с возрастом структур, в которых он восстановлен, — чем древнее структура, тем больший набор разнообразных данных она в себе несёт. То есть на территории Северного Приохотья в структурах кайнозойских впадин должны присутствовать следы только последней фазы деформации, а в структурах складчатого основания пояса — весь набор фаз деформаций, через которые прошёл регион.

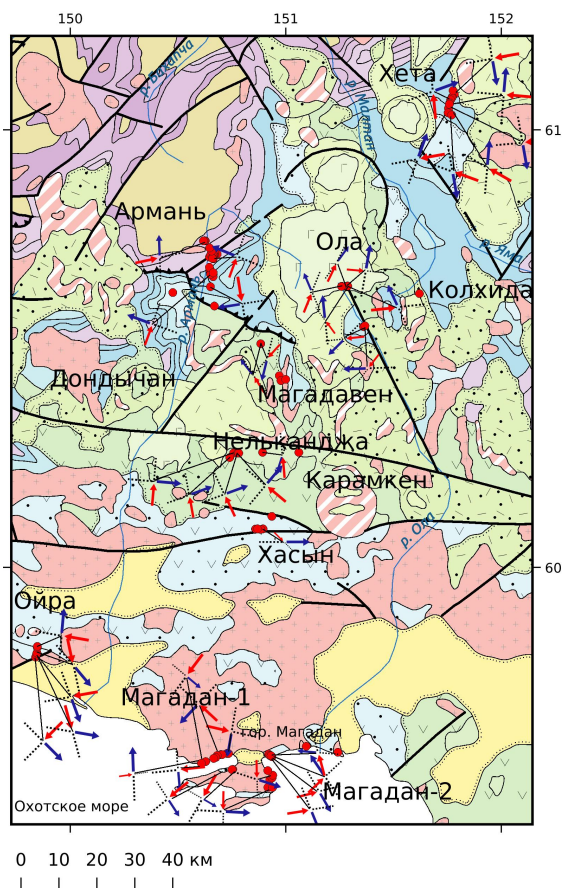
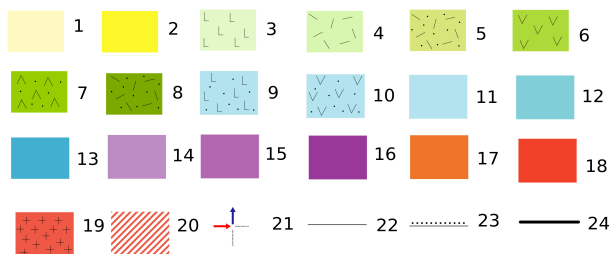


Рис. 4. Размещение опорных участков геолого-структурных наблюдений и восстановленные ориентации осей σ_1 и σ_3

Геологическая основа по [Корольков и др., 1992]

В случае со сценарием «кинематического секционирования» вариации поля напряжений объясняются не изменением деформации во времени, а особенностями реакции самой геологической структуры на приложенные напряжения. Типичным примером таких структур являются раздвиговые бассейны типа pull-apart, в которых будут наблюдаться условия растяжения при общем сдвиговом поле напряжений. Если вариация типов напряжений объясняется этим сценарием, то возможно сочетание разных типов напряжений в одной геологической структуре. В част-



Условные обозначения:

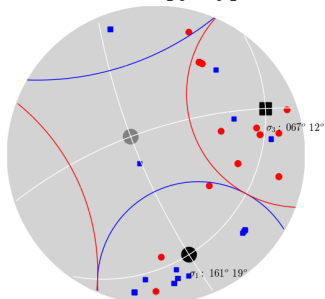
1 — четвертичные отложения; 2 — конгломераты, песчаники, аргиллиты, алевролиты неогенового возраста; 3–5 — верхнемеловые вулканы: 3 — базальты, андезибазальты, туфы базальтов, туфы риолитов мыгдыкитской свиты; 4 — игнимбриты риолитов, риодацитов, дацитов ольской свиты; 5 — туфы, игнимбриты дацитов, риодацитов и риолитов хольчанской свиты; 6 — песчаники конгломераты, андезиты, андезибазальты нерасчленённых отложений арманской свиты нижнего-верхнего мела; 7–10 — нижнемеловые вулканы: 7 — андезиты, андезибазальты, дациты, туфы андезитов, дацитов нанкалинской толщи; 8 — туфоконгломераты, туфопесчаники, алевролиты, аргиллиты кирикской толщи; 9, 10 — андезиты, андезибазальты, базальты, их туфы, туфопесчаники, туфоалевролиты момолтыкичской свиты верхней юры — нижнего мела; 11–13 — стратифицированные отложения юрского возраста (аргиллиты, алевролиты, песчаники); 14–16 — стратифицированные отложения триасового возраста (аргиллиты, алевролиты, песчаники); 17, 18 — стратифицированные отложения пермского возраста (аргиллиты, алевролиты, песчаники); 19 — гранитные и гранодиоритные интрузии мелового возраста; 20 — субвулканические тела кислого состава мелового возраста; 21 — пункты геолого-структурных наблюдений и восстановленные в них ориентации осей сжатия и растяжения; 22 — геологические границы; 23 — то же, с угловым несогласием 24 — разломы

ности, на территории Северного Приохотья наблюдаются активные разломы разной ориентировки и кинематики — северо-западные сдвиги, субширотные сбросы с разным положением в геологической структуре территории. В случае если верен этот сценарий, должна наблюдаться устойчивая корреляция с разломами и полем напряжений в зоне их влияния.

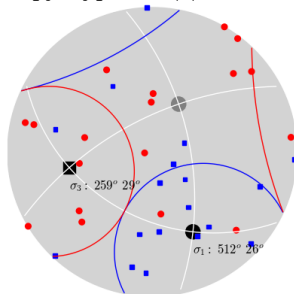
Возможен и третий сценарий, когда корреляции не будет наблюдаться ни с первым случаем, ни со вторым. Это будет говорить о том, что на исследованных участках территории в разное время были различные тектонические обстановки, развивавшиеся локально.

В случае если верен первый сценарий, складчатые структуры основания ОЧВП, а также структуры Удско-Мургаляской дуги должны являться структурами с наибольшей насыщенностью возможными ориентировками осей сжатия и растяжения, так как в них запечатлены все этапы деформации, которым подверглась территория. Однако характер распределения восстановленных нами ориентировок

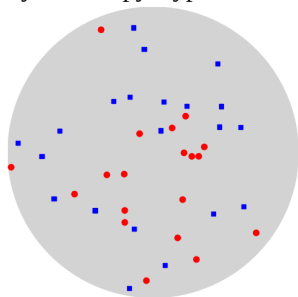
Складчатые структуры



Структуры УМД



Вулканоструктуры ОЧВП



Кайнозойские впадины

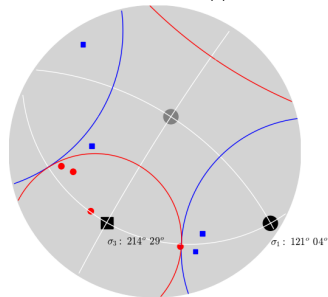


Рис. 6. Стереограммы напряжённых состояний в зависимости от приуроченности к одной из тектонических структур Северного Приохотья (сетка Вульфа, нижняя полусфера)

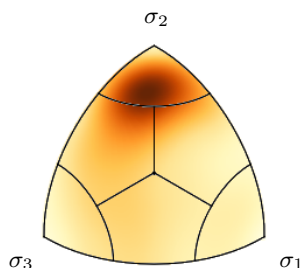


Рис. 7. Плотность выхода направления на зенит относительно осей главных осей напряжений для изученных пунктов геолого-структурных наблюдений. Цветом показана плотность точек на диаграмме: темными оттенками красного — высокая плотность, светлыми оттенками желтого — низкая плотность

сил сжатия и растяжения не проявляет ожидаемого закономерного усложнения при переходе от более молодых структур к более древним, а значит, мы не можем принять первым сценарий развития.

Для проверки второго сценария была составлена табл. 2., в которой показано сочетание напряжённых состояний для пунктов геолого-структурных наблю-

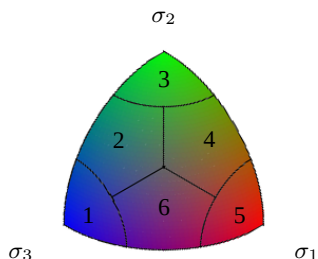


Рис. 8. Типы напряженных состояний на изученных участках в зависимости от положения оси на зенит относительно осей главных напряжений:

1 — горизонтальное растяжение; 2 — горизонтальное растяжение со сдвигом; 3 — горизонтальный сдвиг; 4 — горизонтальное сжатие со сдвигом; 5 — горизонтальное сжатие; 6 — вертикальный сдвиг

дений, находящихся в зоне влияния разломов различной ориентировки, в которой показаны только решения, удовлетворяющие статистическому критерию достоверности (см. гл. 2). Серым цветом в таблице отмечены ячейки, соответствующие напряжённым состояниям, теоретически ожидаемым для разломов разной ориентировки. Представив её как таблицу сопряжённости, можно провести анализ частот, используя критерий χ^2 для оценки зависимости частот встречаемости различных напряжённых состояний от геологической структуры. В качестве нулевой гипотезы принимается, что такая зависимость отсутствует. Р-значение, рассчитанное для критерия χ^2 , для указанной таблицы составляет 0,4576. Таким образом, мы не можем отвергнуть нулевую гипотезу, а значит, между напряжёнными состояниями на территории Северного Приохотья и зонами динамического влияния активных разломов различной ориентировки отсутствует статистически достоверная связь и у нас нет оснований для принятия второго сценария развития территории.

В табл. 3. показано сочетание напряжённых состояний для разных геологических структур, восстановленных в ходе полевых исследований. Серым цветом в таблице выделены ячейки, соответствующие напряжённым состояниям, которые теоретически ожидаются для каждой из геологических структур. Практически для всех структур наблюдается хорошее соответствие наблюдаемых напряжённых состояний и теоретически ожидаемых.

Представив табл. 3. как таблицу сопряжённости, можно провести анализ частот, используя критерий χ^2 для оценки зависимости частот встречаемости различ-

Таблица 2. Частота встречаемости различных напряжённых состояний в зависимости от приуроченности участка к зонам влияния активных разломов разного простираия

				
Субширотн.	6	12	4	1
СЗ и СВ	3	8	0	1
$\Sigma = 35$		$p = 0,4576$		

Таблица 3. Частота встречаемости различных напряжённых состояний в зависимости от приуроченности участка к геологической структуре

						
АВС	8	1	1	0	0	0
У.-М. дуга	3	7	4	1	0	2
ОЧВП	2	4	1	1	3	4
KZ впадины	3	0	0	0	0	1
$\Sigma = 46$		$p = 0,02523$				

ных напряжённых состояний от геологической структуры. В качестве нулевой гипотезы принимается, что такая зависимость отсутствует. Рассчитанное р-значение критерия χ^2 для указанной таблицы составляет 0,02523, что означает что у нас есть все основания отвергнуть нулевую гипотезу и принять предположение, что между геологическими структурами разного возраста на территории Северного Приохотья и стресс-состояниями разного типа существует статистически достоверная связь.

Таким образом, мы можем принять третий сценарий развития напряжений на территории в структурах. Они обладают специфическими характеристиками, выраженными в вариациях основного напряжённого состояния (горизонтальное сжатие, горизонтальное растяжение), которые отражают геодинамические условия собственного развития структур, а дополнительные напряжённые состояния имеют наложенный характер. Из этого следует защищаемое положение 5.

Характер напряжённого состояния на территории Северного Приохотья связан с разновозрастными тектоническими структурами и в первую очередь определяется именно ими.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе приведены результаты изучения полей тектонических напряжений в разнородных позднемезозойских и кайнозойских тектонических структурах Северного Приохотья. Исследования выполнялись на опорных участках с применением современных структурно-геологических методов анализа тектонической трещиноватости.

В результате проведённых работ установлено, что исследованные тектонические структуры обладают специфическими характеристиками напряженного состояния, которые отражают геодинамические условия их собственного развития. Складчатым структурам Армано-Вилигинского синклиория свойственны чётко выраженные напряженные состояния типа горизонтальный сдвиг с осью максимального сжатия в субширотном направлении. Структуры Удско-Мургальской вулканической дуги обладают напряженными состояниями типа горизонтального растяжения со сдвигом с осью сжатия в северо-восточном направлении. Вулкано-структуры ОЧВП характеризуются изменчивым полем тектонических напряжений с вариациями геодинамического типа от преобладающего горизонтального растяжения до горизонтального сдвига. Кайнозойским межгорным впадинам присущи напряженные состояния типа горизонтальный сдвиг повернутые на 30° относительно сдвиговых напряженных состояний в складчатых структурах. Выполненный сравнительный анализ полей напряжений показывает, что каждый последующий геодинамический этап вносил в предшествующую структуру только дополнительные элементы, но не преобразовывал её полностью.

В ходе работы над диссертацией автором был изобретён цифровой геологический компас, применение которого позволило на порядок увеличить скорость и точность измерений элементов залегания тектонических трещин. Кроме того, в ходе работ был разработан дополнительный статистический критерий, повышающий надёжность выделения сопряжённых трещин, и установлено его пороговое значение для трещинных структур на территории Северного Приохотья, равное $\chi^2 > 100$.

В теоретическом отношении результаты исследований имеют существенное значение при изучении геодинамики сложных ансамблей разновозрастных тектонических структур в пограничных зонах литосферных плит, к каковым относится Северное Приохотье.

Практическое приложение полученных результатов заключается в том, что они могут быть использованы при оценке сейсмической опасности и выполнении сейсмического районирования на юго-восточном фланге сейсмического пояса Черского. Кроме того, они могут применяться при изучении рудных полей и месторождения Северного Приохотья.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК

1. Смирнов В. Н., **Кондратьев М. Н.** Поле напряжений и внутренняя структура Хетинского активного разлома // Вестник СВНЦ ДВО РАН. — 2011. — № 4. — С. 65–72.
2. **Кондратьев М. Н.**, Смирнов В. Н. Поля тектонических напряжений в структурах основания Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (Северное Приохотье) // Вестник СВНЦ ДВО РАН. — 2013. — № 4. — С. 23–27.
3. Калинина Л. Ю., Смирнов В. Н., **Кондратьев М. Н.** Анализ пространственной связи землетрясений с сетью рельефообразующих разрывных нарушений на юго-восточном фланге сейсмического пояса Черского // Вестник СВНЦ ДВО РАН. — 2013. — № 3. — С. 18–23.
4. **Кондратьев М. Н.**, Савва Н. Е., Гамянин Г. Н., Колова Е. Е., Семышев Ф. И., Малиновский М. А., Кондратьева Е. А. Новые данные по структуре, минералогии, геохимии золоторудного месторождения Каральвеем (Чукотка) // Отечественная геология. — 2017. — № 3. — С. 26–44.
5. Смирнов В. Н., Глушкова О. Ю., Колегов П. П., **Кондратьев М. Н.** Палеосейсмодислокации в бассейне р. Дондыхан (Северное Приохотье) // Вестник СВНЦ ДВО РАН. — 2017. — № 2. — С. 41–50.
6. Смирнов В. Н., **Кондратьев М. Н.**, Колегов П. П. Крупная палеосейсмодислокация в юго-восточной части сейсмического пояса Черского (северное Приохотье) // доклады Академии наук. — 2018. — № 4. — С. 422–425.

Материалы и тезисы докладов

1. **Кондратьев М.Н.** Опыт геокинематического анализа активных разломов Охотско-Колымского региона / сб. материалов II Межрегиональной конференции молодых ученых. СВКНИИ ДВО РАН. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2008. — С. 113–116.
2. **Кондратьев М.Н.** Геокинематический анализ активных разломов Северного Приохотья / Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXIII Всероссийской молодежной конференции (Иркутск, 21-26 апреля 2009 г.). — Иркутск: ИЗК СО РАН, 2009. — С. 310.
3. **Кондратьев М.Н.**, Смирнов В.Н. Кинематический анализ Хетинского активного разлома / Проблемы сейсмичности и современной геодинамики Дальнего Востока и Восточной Сибири: докл. науч. Симпоз., 1-4 июня 2010, г. Хабаровск / под ред. В.Г.Быкова, А.Н.Диденко. - Хабаровск: ИтиГ им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН, 2010. - С. 206–208.

4. **Кондратьев М.Н.** Поля напряжений в структурах основания Охотско-Чукотского вулканогенного пояса / Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы Второй молодежной школы семинара. Т. 1. — М.: ИФЗ, 2011. — С. 123-129.
5. **Кондратьев М.Н.** Структурные особенности золоторудного месторождения Каральвеем // Научная молодежь — Северо-Востоку России: Материалы IV Межрегиональной конференции молодых ученых, приуроченной к 35 летнему юбилею Музея естественной истории СВКНИИ ДВО РАН (Магадан, 24-25 мая 2012 г.). Вып. 4. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2012. — С. 9-13.
6. **Кондратьев М.Н.** Структурная модель формирования золоторудного месторождения Каральвеем. // Третья тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН. Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле: Тезисы докладов Всероссийской конференции — в 2-х томах. Т.2. — М.: ИФЗ, 2012. — С. 313 — 316.
7. Смирнов В.Н., Шведов С.Д. **Кондратьев М.Н.**, Колегов П.П.. Палеосейсмодислокация в бассейне р. Ола // Материалы Всероссийской научной конференции «Чтения памяти академика К. В. Симакова». — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2013. — С. 67-68.
8. Горячев Н.А., Гаштольд В.В., Савва Н.Е., Колова Е.Е., **Кондратьев М.Н.**, Малиновский М.А., Семьшев Ф.И. Золоторудное месторождение Каральвеем — новые данные о геологии, минералогии и условиях формирования // Материалы Всероссийской научной конференции «Чтения памяти академика К. В. Симакова». — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2013. — С. 94-95.
9. Смирнов В.Н., **Кондратьев М.Н.**, Колегов П.П. Палеосейсмодислокация в зоне Ольского активного разлома (Северное Приохотье) // Активные разломы и их значение для оценки сейсмической опасности: современное состояние проблемы: материалы XIX научно-практической конференции с международным участием 7-10 октября 2014 года. — Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2014. — С. 369-371.
10. **Кондратьев М.Н.** Использование дополнительного статистического критерия для оценки достоверности выбора сопряженных плоскостей при анализе матриц трещиноватости методом Николаева. // «Современная тектонофизика. Методы и результаты». Материалы четвертой молодежной тектонофизической школы-семинара. Т.1. — М.: ИФЗ, 2015. — С. 162-164.
11. Смирнов В. Н., Глушкова О. Ю., Колегов П. П., **Кондратьев М. Н.** Следы древних землетрясений в бассейне р. Армань (Северное Приохотье) // Геология, география, биологическое разнообразие и ресурсы Северо-Востока России: Материалы III Всероссийской конференции, посвященной памяти А. П.

Васьковского и честь его 105-летия (Магадан, 12-14 октября 2016 г.); отв. ред. Н. А. Горячев). - Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2016. – С. 87-89.

12. Смирнов В. Н., Глушкова О. Ю., Колегов П. П., **Кондратьев М. Н.** Палеосейсмодислокации в Северном Приохотье: новые данные // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы X Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода 25-29 сентября 2017 г. – М.: ГЕОС, 2017. - С. 392-393.

Подписано в печать 2019 г.

Формат 64×84/16. Объем 1,4 усл. печ. л.

Тираж 100 шт. Заказ № 5

Отпечатано в ОАО «Магаданская областная типография»

г. Магадан, ул. Горького д. 9

Тел./факс: 8 (413) 262-52-72 E-mail: maobti@maglan.ru