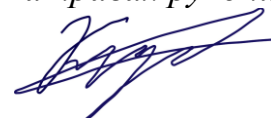


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

На правах рукописи



Крикун Никита Сергеевич

ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ И РУДОНОСНОСТЬ
ЮЖНОЙ ГРУППЫ ОСТРОВОВ БОЛЬШОЙ КУРИЛЬСКОЙ ГРЯДЫ
(ОСТРОВА КУНАШИР И ИТУРУП)

Специальность 1.6.1. Общая и региональная геология. Геотектоника и
геодинамика

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель
доктор геолого-минералогических наук, профессор
Таловина И.В.

Санкт-Петербург – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ ОСТРОВОВ КУНАШИР И ИТУРУП.....	9
1.1 Состояние изученности района.....	9
1.2 Проблема тектонического районирования и геодинамической обстановки территории исследования.....	19
1.3 Географическая и геологическая характеристики района исследования.....	26
1.4 Статиграфия.....	29
ГЛАВА 2 ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И МЕТОДИКА ВЫДЕЛЕНИЯ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ ОСТРОВОВ КУНАШИР И ИТУРУП	36
2.1 Основные виды дизъюнктивных структур островов Кунашир и Итуруп.....	36
2.2 Методика изучения разрывных нарушений.....	44
ГЛАВА 3 ТИПИЗАЦИЯ, КИНЕМАТИКА И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ ОСТРОВОВ КУНАШИР И ИТУРУП.	57
3.1 Результаты исследования разрывных нарушений островов Кунашир и Итуруп	57
ГЛАВА 4 ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ОСТРОВОВ КУНАШИР И ИТУРУП – ПЕТРОГРАФИЯ, ГЕОХИМИЯ, ФОРМАЦИОННАЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ И ЭТАПЫ МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ	77
4.1 Методы исследования	77
4.2 Петрография	79
4.3 Петро-геохимическая характеристика вулканических и плутонических образований.....	92
4.4 Этапы тектоно-магматической эволюции и стадии магматизма/вулканизма островов Кунашир и Итуруп	103
ГЛАВА 5 МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ОСТРОВОВ КУНАШИР И ИТУРУП. ИХ ВИДЫ, СВЯЗЬ С ЭЛЕМЕНТАМИ СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА В ХОДЕ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ	109
5.1 Анализ фондовых и опубликованных материалов.....	109
5.2 Металлические полезные ископаемые островов Кунашир и Итуруп	111
5.3 Закономерности распределения металлических полезных ископаемых	118
ГЛАВА 6 РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ОСТРОВОВ КУНАШИР И ИТУРУП И ЭТАПОВ РУДООБРАЗОВАНИЯ.....	128
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	135
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	137

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	138
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	157
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	158
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	159
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	159
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	178
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	179
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	180

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Курило-Камчатская островодужная система является единственной активной в пределах Российской Федерации. Вместе с тем в отечественной литературе по-прежнему представлено мало работ, рассматривающих строение и геологическую историю Курильской островной дуги (КОД) с позиции тектоники литосферных плит. Представленная работа исследует вопросы формирования геологических структур островов Кунашир и Итуруп и связанного с ними оруденения в результате развития субдукционной зоны.

Комплексное исследование дизъюнктивных структур и магматизма, рассмотренное в работе, позволяет получить новые представления о взаимосвязи тектонических и магматических процессов, протекающих в пределах Большой Курильской гряды (БКГ), а также преддугового и задугового бассейнов. Изучение тектоно-магматической эволюции современной КОД дает возможность расширить понимание физических процессов, происходящих в зонах субдукции. Базируясь на принципе актуализма, можно использовать эти данные при исследовании геодинамических процессов древних островных дуг.

Установление закономерностей размещения полезных ископаемых в зависимости от геодинамических процессов, проявлявшихся на разных стадиях геологического развития Южных Курил, выявление рудоконтролирующих факторов и этапов рудогенеза играет определяющую роль при прогнозе полезных ископаемых. Это может способствовать расширению минерально-сырьевой базы региона, среди которой наибольший интерес представляют уникальное месторождение рения на вулкане Кудрявый (о. Итуруп), а также ряд объектов золото-серебряной минерализации, в том числе Прасоловское золоторудное месторождение (о. Кунашир).

Степень разработанности темы исследования

Исследование особенностей магматизма и тектонического строения южных Курильских островов реализовывалось в рамках работ по созданию комплектов Государственных геологических карт, авторами которых являются Ю.С. Желубовский (ГГК-1000/1), В.Е. Бевз, Т.П. Королева (ГГК-200/1), В.К. Ротман (ГГК-1000/2), П.Ю. Ковтунович (ГГК-200/2) и др. Модели развития островных систем Тихого океана были представлены в работах выдающихся геологов-тектонистов Г.М. Власова (1978, 1986, 1992), Ю.А. Косыгина (1976, 1984, 1985) и Л.И. Красного (1973, 1978). Результаты этих исследований обобщены и систематизированы в применении к КОД в монографиях К.Ф. Сергеева (1976, 1980, 1987). Особенности эволюции магматизма Курильских островов посвящены работы Г.С. Горшкова (1958, 1967), Б.Н. Пискунова (1975), В.М. Дуничева (1974, 1983), А.В. Рыбина (1994, 1997), Ю.А. и А.Ю. Мартыновых (в конце XX – начале XXI веков). В последние годы исследованием геодинамических обстановок и глубинного строения региона занимались Г.П. Авдейко, Т.К. Злобин и Н.Л. Добрецов.

Однако до сих пор отсутствует устоявшееся представление о пространственном распределении дизъюнктивных структур, их кинематике, возрасте и генезисе. Это факторы, которые имеют большое значение не только для понимания геологической эволюции региона, но и для изучения характера распределения тектонических напряжений в его пределах, прогноза землетрясений и закономерностей распределения полезных ископаемых. Неясными остаются детали эволюции магматизма на территории островов, роль задуговых процессов в развитии КОД, природа продольной и поперечной геохимических зональностей южного звена БКГ.

Цель работы

Реконструкция тектоно-магматической эволюции южного сегмента Большой Курильской гряды (острова Кунашир и Итуруп) с установлением связи со структурными элементами и закономерностей изменения состава рудных формаций в ходе геологического развития Южных Курил.

Задачи исследования

1. Уточнить методику картирования разрывных нарушений Южных Курил на основе интегрального анализа данных геологических съемок, результатов обработки и интерпретации комплекса геофизических работ и данных дистанционного зондирования (ДДЗ);

2. Уточнить схему разрывных нарушений Южных Курил, обосновать их пространственные взаимоотношения, морфокинематический тип и относительный возраст заложения;

3. Выявить особенности петрохимического и микроэлементного состава магматических образований Южных Курил, обосновать их формационную принадлежность и геологический возраст;

4. Обосновать этапы тектоно-магматической эволюции и стадии магматизма островов Южных Курил;

5. Изучить связь со структурными элементами геологического строения и закономерности изменения состава золото-серебряного оруденения Южных Курил в ходе их тектоно-магматической эволюции.

Научная новизна:

1. Разработана региональная классификация разрывных нарушений с учетом их масштаба, морфологии, времени и обстановок формирования;

2. Выделены разрывные нарушения трех иерархических уровней, обоснованы закономерности их взаимного расположения, морфокинематический тип. Отмечен ряд ранее не выявленных разломов в центральной части о. Кунашир и северной части о. Итуруп;

3. Обоснована модель тектоно-магматической эволюции региона, в которой выделены основные этапы геодинамической эволюции и стадии магматизма/вулканизма, уточнены их

вещественные характеристики и возрастные диапазоны;

4. Уточнены мощность и состав стратифицированных образований, слагающих островную сушу, на основе обобщения данных бурения структурных и поисково-оценочных скважин на островах Кунашир и Итуруп;

5. Выявлена связь со структурными элементами и унаследованность изменения состава золото-серебряного оруденения на островах Кунашир и Итуруп в ходе тектоно-магматической эволюции.

Теоретическая и практическая значимость работы:

1. Результаты исследования позволили уточнить геологическое строение территории, использованы при подготовке третьего издания Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 по листам К-55, L-55 и могут быть привлечены при картировании смежных листов;

2. Разработанная методика картирования разрывных нарушений Южных Курил на основе интегрального анализа данных полевых геологических съемок, обработки и интерпретации комплекса геофизических данных и дистанционных материалов может быть использована для уточнения геологического строения других островов Курильского архипелага и современных островодужных систем;

3. Установленная связь размещения золото-серебряного оруденения с выделенными иерархическими уровнями разрывных нарушений и магматических тел способствует повышению достоверности прогноза новых объектов и расширению минерально-сырьевой базы региона.

Методология и методы исследований:

Фактический материал для исследования был отобран в ходе полевых работ, проведенных автором в 2019 и 2020 гг. в составе Курильского отряда ФГБУ «ВСЕГЕИ». Автором использовались данные дистанционного зондирования высокого разрешения и цифровые модели рельефа, карты аномальных геофизических полей, данные о распределении современных очагов землетрясений, фондовые материалы, в т.ч. первичные данные по геологосъемочным, поисково-оценочным и разведочным работам, проведенным во второй половине XX века. При проведении исследований автором разработана методика картирования разрывных нарушений Южных Курил на основе анализа разнотипных геолого-геофизических данных и ДДЗ. Для изучения особенностей магматизма использовались лабораторно-аналитические методы исследования вещественного состава, выполненные в ЦЛ ФГБУ «ВСЕГЕИ» (85 проб методом РСФА и 33 пробы методом ICP-MS), а также собственные описания шлифов (85 шт.) и аншлифов (10 шт.).

На защиту выносятся следующие положения:

1. Геологическая структура островов Кунашир и Итуруп включает три системы разрывных нарушений: 1) продольные разломы первого порядка сдвига-сбросовой кинематики,

проявленные в пределах Большой Курильской гряды, преддугового и задугового бассейнов, формирующие общий структурный план территории (P_3-N_1) и обусловленные процессами над субдуцирующей плитой; 2) поперечные разломы второго порядка, преимущественно сбросо-сдвиговой кинематики, обусловившие клавишное строение островов (N_{1-2}); 3) радиально-кольцевые дислокации третьего порядка, приуроченные к вулканическим структурам ($N-Q$);

2. Тектоно-магматическая эволюция островов Кунашир и Итуруп проходила в три этапа: 1) становление стационарного режима субдукции с растяжением в задуговом бассейне, активным интрузивным магматизмом и с субаквальным вулканизмом центрального типа (P_3-N_2); 2) ослабление режима растяжения в задуговом бассейне с проявлением вулканизма трещинного типа (N_2-Q_1); 3) проявление субаэрального вулканизма центрального типа в пределах Большой Курильской гряды с затуханием интрузивного магматизма в задуговом бассейне в условиях сжатия (Q_1-Q_n);

3. Разломы первого порядка контролируют размещение интрузивных тел прасоловского и рыбаковского комплексов, в то время как разломы второго порядка контролируют субвулканические тела камуйского комплекса, к контактовым зонам данных магматических образований приурочены основные проявления золото-серебряных руд, сформировавшихся на первом этапе тектоно-магматической эволюции на территории островов Кунашир и Итуруп.

Степень достоверности результатов исследования обусловлена применением современных технологий обработки и интерпретации данных с привлечением, в том числе различного программного обеспечения; использованием разнотипных данных для верификации результатов линеamentного анализа, в особенности полевых наблюдений, собственных и предшественников; представительностью и надежностью исходных материалов; детальным анализом литературных источников по исследуемой тематике, а также использованием полученных результатов при построении Государственной геологической карты.

Апробация результатов. Основные положения диссертационной работы обсуждены на заседаниях кафедры исторической и динамической геологии Санкт-Петербургского Горного университета и совещаниях отдела региональной геологии и полезных ископаемых Дальнего Востока ФГБУ «ВСЕГЕИ» в 2019-2024 гг. Результаты исследования доложены и получили положительную оценку на 4 международных и 1 российской конференциях.

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач исследования; в анализе ранее проведенных работ по изучению геологического строения Южных Курил и разработке методики изучения разрывных нарушений региона. Автором проведена интерпретация данных ДДЗ и карт потенциальных полей, подготовлена база данных линеamentов, по которой в результате интегрального анализа с использованием других информационных слоев построена схема разрывных дислокаций Южных Курил. Установлены геодинамические условия

формирования магматических образований островной суши, проведено сопоставление между этапами магматизма/вулканизма, положением разрывных нарушений и размещением проявлений золото-серебряного оруденения, построена модель тектоно-магматической эволюции региона.

Публикации

Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 10 печатных работах, 3 из которых в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК («Записки Горного института, 2022; Russian Journal of Earth Science, 2024). Получено 1 свидетельство о государственной регистрации объекта интеллектуальной собственности, приравненное к публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений и библиографического списка. Содержит 182 страницы машинописного текста, 54 рисунка, 8 таблиц, список литературы из 204 наименований и 7 приложений на 26 страницах.

Благодарности

Работа выполнена под руководством д.г.-м.н. Таловиной И.В., которой автор выражает искреннюю благодарность за поддержку, советы и консультации на всех этапах выполнения исследования. Автор благодарит к.г.-м.н. Юрченко Ю.Ю. за полезные замечания, чуткое руководство и проявленное терпение. Автор признателен за ценные советы и консультации к.г.-м.н. Дурягиной А.М., к.г.-м.н. Щеколдину Р.А. и всему коллективу кафедры исторической и динамической геологии Санкт-Петербургского горного университета. За помощь в области технологий компьютерной обработки и интерпретации геофизических данных автор благодарен к.г.-м.н. Агееву А.С. и к.т.н. Сенчиной Н.П. За консультации по вопросам геохимии и оформления картографических материалов автор благодарит Долгоселец Д.А. Автор признателен сотрудникам отдела РГ и ПИ ДВ ФГБУ «ВСЕГЕИ», в особенности Соловьевой И.Н., Беляковой А.А. за совместную работу. Автор также благодарен Институту Минералогии Фрайбергской Горной Академии (Германия) и его директору проф. д-ру Г.Хайде за консультации и помощь в реализации исследования. Исследование выполнено в ходе работ «Создание комплектов Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 листов L-55, 56» (Государственное задание ФГБУ «ВСЕГЕИ» 14.01.2021 г., № 049-00016-21-00, выданное Федеральным агентством по недропользованию).

ГЛАВА 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ ОСТРОВОВ КУНАШИР И ИТУРУП

1.1 Состояние изученности района

История изучения Курильских островов насчитывает около полутора веков [116]. Знаковой работой конца XIX века, сохранившейся до наших дней, является книга капитана Сноу «Записки Курильских островов» [159], в которой, помимо физико-географических особенностей региона, описано его геологическое строение, вулканизм и минеральные ресурсы. Автор предполагает, что Курильские острова расположены на утоненной земной коре, причем наименее мощные ее участки находятся в местах активного вулканизма. Более того, по мнению капитана, осадочные породы на островах являются результатом денудации вулканических построек, поэтому крупные острова Кунашир и Итуруп, на которых картируются выходы данных пород, необходимо считать самыми древними в гряде. В книге автор ссылается на работы Милна и Перрея, опубликованные в 60-х и 70-х гг. XIX в.

Японские специалисты, проводившие геологические исследования на Курильских островах, основное внимание обращали на вещественный состав геологических образований, слагающих острова, а также на явления современного вулканизма. Прежде всего это работы Я. Саса [129, 185], который выявил северо-восточные простирания меловых пород о. Шикотан и наличие разрывных нарушений, осложняющих структуру этого острова. Т. Немото [180, 181] установил антиклинальное строение о. Уруп. Этим практически и исчерпываются сведения того периода о тектоническом строении рассматриваемого района. Для отечественных геологов до окончания Второй мировой войны исследуемая территория оставалась *Terra Incognita*.

В первой половине 50-х гг. коллективом ученых под руководством Ю.С. Желубовского проведены комплексные геолого-гидрогеологические исследования, охватившие территорию наиболее крупных островов архипелага, в результате которых составлены геологическая карта масштаба 1:500 000 и 1:1 000 000 (Рисунок 1.1.1) этого района [47]. Предполагается, что острова Кунашир и Итуруп сформированы породами третичной системы (палеогена и неогена). На карте выделены геологические подразделения, показаны разрывные нарушения и объекты полезных ископаемых.

В 1964 г. издан XXXI том «Геологии СССР» [32]. Автором главы, посвященной тектонике Курильских островов, стал Ю.С. Желубовский. В главе автором объединены все имеющиеся представления об островных дугах западной части Тихого океана и произведен сравнительный анализ работ зарубежных авторов, посвященных Индонезийской и Японской островным дугам [163]. В перечисленных выше работах эволюция островов рассматривается с позиции наиболее распространенной на тот момент теории геосинклиналей.

островов. Геоантиклинальная форма островов в рельефе объясняется автором особенностью эрозии эффузивных пород, которые слагают разрез островов.

В 1960-х годах массово проводятся геолого-съемочные работы на наиболее крупных островах Большой Курильской гряды: Кунашире, Итуруп, Уруп, Симушире и на Малых Курилах (Бевз В.Е., Сапрыгин С.М., Пискунов Б.Н., Гальверсен В.Г. и др.), итогом которых стали первые геологические карты масштаба 1:200 000 [15, 16, 17, 78, 79, 80]. В изданиях более детально для каждого листа описана тектоническая эволюция островов, которая опирается на представления Ю.С. Желубовского.

В 1976 г., после 17 лет изучения Курильских островов, опубликована монография К.Ф. Сергеева «Тектоника Курильских островов» [131, 132]. С первых страниц высказываются замечания о невозможности применения теории изостазии к Курильским островам. Интересно отметить, что в своем примечании редактор монографии академик А.Л. Яншин высказывает мысли о возможной контракции Курильских островов на Курило-Камчатский желоб. В работе также описано строение региона, охарактеризованы основные дислокации, рассмотрена история геологического развития и природа тектоники островных дуг. Основной причиной заложения Курильских островов автор также считает последовательное прогибание территории в конце мела и поднятие в начале неогена, которое продолжается по сей день. Монография К.Ф. Сергеева является первой работой, в которой комплексно рассматривается тектоно-магматическая эволюция территории исследований.

Дислокациям южной части Курильской островной дуги посвящена работа М.И. Стрельцова [134]. В работе отмечается «определенная зависимость» между отдельными видами полезных ископаемых и структурными ярусами, высказывается идея о наличии в этом районе продольного сдвига, однако левостороннего.

В 1983 г. В.М. Дуничев [60] выпускает монографию о вулканизме Большой Курильской дуги. В ней есть глава, посвященная месту плиоцен-четвертичного вулканизма в истории геологического развития Курильской островной дуги. Здесь приводятся рассуждения автора о геологическом развитии Курил, Камчатки и северного Хоккайдо. В.М. Дуничев задался целью объяснить происхождение базальтов на Курильских островах. Примечательно, что для объяснения своей точки зрения автор опирается на «холодную космологическую теорию», говорит о том, что магматизму предшествуют осадконакопление и метаморфизм, и в результате приходит к заключению, согласно которому базальтовый расплав на Курильских островах образовался после гранитного в результате частичного плавления региональных метаморфитов.

В 1984 г. издана металлогеническая карта Камчатки, Сахалина и Курильских островов масштаба 1:1 500 000 [125], к которой приложена общая схема тектонического районирования

масштаба 1:1 500 000. На схеме показана генетическая и пространственная связь геологических и рудных формаций.

Из числа обобщающих работ можно отметить «Геолого-геофизический атлас Курило-Камчатской островной системы» под редакцией К.Ф. Сергеева и М.Л. Красного [33], где в разделе тектоника представления об особенностях строения Курильской островной дуги слабо отличаются от высказанных ранее в монографии 1976 г. [132]. Положение Курильских островов в структуре Дальнего Востока России и краткие особенности их геологического строения нашли отражение в ряде крупных обобщающих монографий, таких как «Геологическое строение и закономерности формирования полезных ископаемых Востока СССР» [81], «Вулканические пояса Восточной Азии» [149] и др. В данных работах охарактеризованы основные черты тектонического строения и развития геосинклинальных материковых и окраинно-океанических систем, островных дуг, в том числе Курил и Камчатки.

Изучением петрогенезиса Курильской островной дуги занимался В.И. Федорченко. В заключении своей монографии [143], посвященной вулканизму Курильских островов, автор связывает причину островодужного вулканизма с «деструктивной активизацией континентальной коры в зоне сочленения ее с океанической». Многообразие вулканитов андезитовой формации В.И. Федорченко объясняет кристаллизационной дифференциацией лейкобазальтового расплава. Занимательно, что автор требует отказаться от терминов энсиматические и энсиалические островные дуги, так как все они имеют исключительно континентальное основание.

Своего рода революционной стала работа «Тектоника литосферных плит» [93]. В ней описывается тектоническое строение области сочленения литосферных плит под островными дугами, исследуются механизмы возникновения пластических деформаций, излома и квазиупругого изгиба океанической литосферы в зонах поддвига плит, изучается процесс затягивания океанических осадков в глубоководные желоба и рассматривается строение Курило-Камчатской активной зоны с точки зрения теории тектоники литосферных плит. Несмотря на то, что некоторые параметры, такие как скорость и направление движения Тихоокеанской плиты, рассчитаны неверно, так как базируются на результатах механического моделирования, на которое основывались такого рода исследования до широкого развития систем глобального позиционирования, большинство высказанных авторами предположений совпадает с существующей моделью строения Курильской островной дуги. Здесь также говорится о возможном существовании правостороннего продольного сдвига на Южных Курилах, наличие которого установлено по результатам геометрических построений.

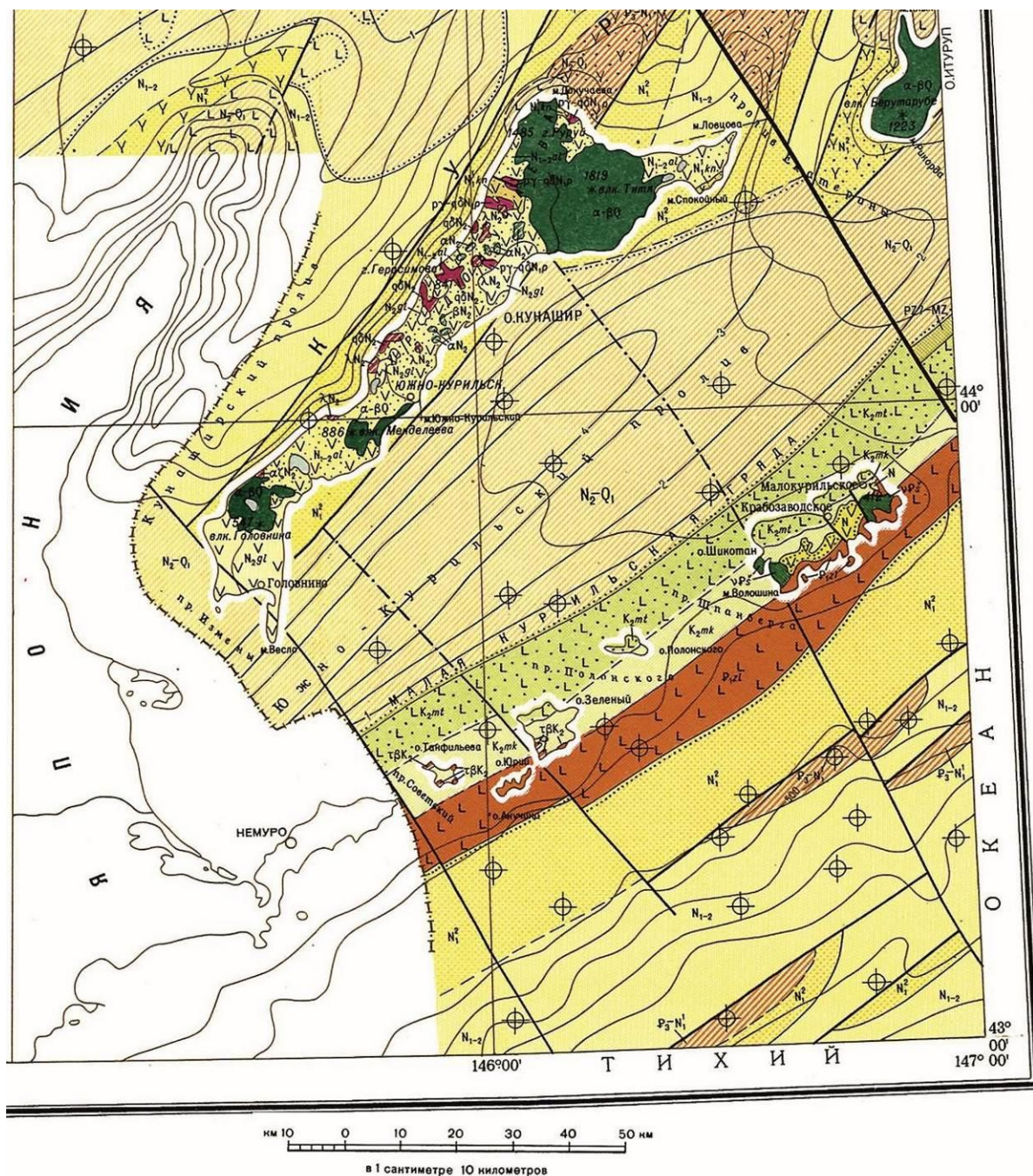
Высказывать гипотезы о тектоническом строении и эволюции островных дуг, основанные на мобилистских представлениях, продолжили на рубеже 70-х и 80-х гг XX в. Здесь стоит

отметить работы Л.П. Зоненшайна [137], в том числе совместные с Л.А. Савостиным и др. [31, 41, 66]. В своей работе авторы приводят палеогеодинамические реконструкции, используя палеомагнитные данные и рассчитанные параметры движения литосферных плит. Отмечается, что на протяжении последних 20 млн. лет конфигурация субдукции Тихоокеанской плиты под окраину Евразийского континента в районе Курильских островов не изменялась. Однако, до раннеэоценового времени авторы предполагают смещение границы в центральную часть Охотского моря.

Геологическая карта масштаба 1:1 000 000 новой серии составлена только для острова Кунашир и юго-западной оконечности о. Итуруп [48] (Рисунок 1.1.2). Несмотря на широкое распространение теории тектоники литосферных плит, авторы в объяснительной записке рассматривают эволюцию островов с точки зрения фиксистских позиций, при этом используя термины из тектоники плит. Они говорят об одновозрастном заложении периокеанических комплексов островных дуг, избегая краеугольных моментов о причинах заложения комплексов и вопросов, связанных с субдукцией Тихоокеанской плиты.

В конце XX столетия исследованием петрогенезиса и геохимии пород, слагающих Курильскую островную дугу, занимался Д. Бэйли с соавторами [154, 155, 157]. Автор показал, что породы формирующие острова, характеризуются разнообразием минералогического и химического составов, что указывает на сложность процессов их образования и дифференциации магмы в субдукционной зоне. Более того, отмечена роль субдуцированных осадков в генезисе базальтов Курило-Камчатской островной дуги. Однако автор не рассматривает комплексность взаимодействия субдукционных процессов.

Изучением вулканизма Курильских островов на рубеже XX и XXI столетий долго и плодотворно занимался Г.П. Авдейко. Он опубликовал большое количество статей на разнообразные темы, начиная от геохимии четвертичного вулканизма о. Кунашир и заканчивая геодинамикой и вулканизмом Курил и Камчатки [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Большое внимание автор уделял вулкано-тектоническому районированию островодужной системы. Часть его статей вошла в коллективную монографию под редакцией Б.В. Иванова «Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы» [67]. Основные идеи, которые выдвигал Г.П. Авдейко, сводятся к наличию трёх островных дуг в Курило-Камчатской системе (Южно-Камчатской, Срединно-Камчатской и Курильской) и трёх этапов субдукции: стационарного, начального и завершающего. Свои доводы автор подкрепляет результатами геофизической съемки и геохимических анализов. Однако работы автора преимущественно посвящены островным дугам Камчатки и носят скорее глобальный характер.



α-βQ	Нерасчлененные образования – андезиты, андезитабазальты, базальты	N	Нерасчлененные образования – базальты, андезитабазальты, андезиты, туфо- и лавобрекчии
N₂-Q₁	Верхнеплиоценовые–нижнечетвертичные нерасчлененные отложения – песчанистые алевролиты, аргиллиты, гравелиты, карбонатные породы, диатомиты, пески, глины, галечники, андезиты, базальты, их туфы и туфобрекчии (на акватории)	P₁zl	Нижний отдел–палеоцен. Датский ярус. Зеленовская свита – андезитабазальты, базальты, туфобрекчии, туфоконогломераты, туфопесчаники, вулканические туфы
N	Нерасчлененные образования – базальты, андезитабазальты, андезиты, туфо- и лавобрекчии	K₂kr₁	Кампанский–маастрихтский ярусы. Красноярская свита, нижняя под-свита – песчаники и алевролиты, иногда туфогенные, гравелиты, аргиллиты, конгломераты; малокурильская свита (ml) – алевролиты, песчаники, аргиллиты, линзы и конкреции мергеля, туфопесчаники, туфоконогломераты, туфы, щелочные базальты
N₂gl	Верхний отдел–плиоцен. Головинская свита – эффузивы и лавы основного состава, туфобрекчии, туфопесчаники, пемзовые пески, галечники, глины, аргиллиты	K₂mt	Кампанский ярус. Матакотанская свита – вулканические брекчии, конгломерато–брекчии, эффузивы основного состава, туфиты, туфопесчаники
N₁₋₂mr	Нижний–верхний отделы – миоцен–плиоцен. Маруанская свита – алевролиты, аргиллиты, песчаники, диатомиты, глины, конгломераты, галечники, лигниты, карбонатные конкреции, бурые угли; алексинская свита (al) – туфопесчаники, туфоалевролиты, туфодиатомиты, туфобрекчии, гравелиты, туфиты, базальты, андезиты, дациты, риолиты, игнимбриты, пемзы, конгломераты. Нерасчлененные отложения (N ₁₋₂) – песчаники, алевролиты, ополки, диатомиты, кремнистые и диатомовые аргиллиты, диатомовые глины, туфодиатомиты, туфиты, туфогравелиты, туфоконогломераты, туфобрекчии, туфопесчаники, туфоалевролиты, андезиты, дациты, риолиты и их туфы (на акватории)		

Рисунок 1.1.2 – Фрагмент второго поколения Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 (с сокращениями) [48]

Г.И. Говоров в своих работах [42, 43] исследовал происхождение и геодинамику Малокурильской палеостроводужной системы. Его представления о «формировании шикотанских офиолитов в обстановке надсубдукционного интрадугового рифтинга» находят свое отражение и в работах современных исследователей [75]. Однако проблем, связанных с Большой Курильской грядой, автор практически не касался.

Государственные геологические карты второго поколения масштаба 1:200 000 изданы в начале 2000-х годов для южной группы Курильских островов [49, 50, 51]. Эти карты стали результатами кропотливой двадцатилетней работы, в ходе которой сеть геологических маршрутов была покрыта практически вся территория Южных Курил. В данном издании в главе «Тектоника» детально описаны основные тектонические нарушения, выявленные, в том числе, по результатам дистанционного зондирования, проведена их классификация, доказано кулисообразное строение островов, выполнено тектоническое районирование территории; при этом авторы продолжают опираться на теорию геосинклиналей, совмещая ее с некоторыми аспектами тектоники плит.

В 2006 г. С.А. Федотов выпустил свою монографию «Магматические питающие системы и механизм извержений вулканов» [144]. В ней рассматривается структура и динамика магматических питающих систем, влияющих на вулканическую активность. Автор делает акцент на процессах магмообразования, их восхождении и влиянии на характер извержений. Монография представляет комплексный анализ магматических процессов и вулканической активности. Тем не менее, автор сосредоточен преимущественно на вулканах Камчатки.

Некоторые данные о строении и магматической эволюции КОД приводит в своих статьях Н.Л. Добрецов. В них он также проводит сравнительный анализ субдукционных зон Тихого океана и Юго-Восточной Азии, по результатам которого в зоне субдукции выделяет 5 секторов по глубине и вулканические зоны I, II, III: 1 - аккреционный клин, регулирующий динамическую стабильность субдукции; 2 – сектор дегидратации и фильтрации флюидов; 3 – зона эклогитизации и начального частичного плавления в слэбе, над которой на ранних стадиях появляется бонинитовая вулканическая зона I; 4 – главная зона плавления осадочно-базитового слоя и формирования вулканической зоны II с преобладанием андезитов; 5 – зона более полного плавления, над которой формируется вулканическая зона III (андезибазальтовая и щелочно-базальтовая) [58, 59]. Однако данные работы носят планетарный характер и рассматривают КОД только в качестве одного из примеров.

Большой вклад в XXI веке в исследование геохимии и петрогенезиса Южных и Центральных островов Курильского архипелага внесли Ю.А. и А.Ю. Мартыновы [100, 101, 102, 103, 104, 168]. Основываясь на собственных полевых материалах, авторы изучили геохимическую эволюцию и зональность островов Кунашир, Итуруп, Матуа, Парамушир и

Танфильева Малой Курильской гряды. Авторы впервые рассматривают процессы, протекающие в задуговом бассейне в качестве важного фактора, определяющего поперечную зональность и эволюцию магматизма о. Кунашир. Тем не менее, тектонический аспект данной проблемы остается неизученным.

Предположения о магматической эволюции БКГ высказал в своей диссертации В.М. Гранник [52]. Он выделил два гомодромных цикла вулканизма. Первый цикл, олигоцен-плиоценовый, является завершенным и включает зеленотуфовые и вулканогенно-кремнисто-диатомовые комплексы. Второй цикл, позднеплиоцен-четвертичный, до сих пор не завершен, по мнению автора, и состоит из базальтоидных и андезитовых комплексов. Формирование обоих циклов начиналось с расколов и погружений фундамента, сопровождавшихся изначальными извержениями в основном основных магм, за которыми следовали контрастно или последовательно дифференцированные серии, завершающиеся последовательным подъемом отдельных блоков с извержениями средних и кислых магм. Интрузивный магматизм также начинался с внедрений основных магм, но развивался по более сложной схеме многофазового и многостадийного внедрения в основном средних и кислых расплавов, осложненных процессами их смешения и взаимодействия с вмещающими породами. В результате в пределах Курильской вулканической дуги были сформированы две вулканические андезитовые и одна интрузивная габбро-диорит-плагиогранитная формации, что в тоже время не увязывается с ГКК-200/2.

В последние два десятилетия, используя данные сейсмических методов, изучением глубинного строения Курильских островов занимался Т.К. Злобин [64, 65, 110]. На основе карт распределения эпицентров и глубинного разреза гипоцентров землетрясений автор изучил особенности современной глубинной сейсмотектоники и геодинамики литосферы в районе Южных Курил, выявил основные типы тектонических подвижек и сейсмодислокаций. Независимо от него, в этом же направлении работал С.М. Зверев [62, 63]. Основываясь на независимые сейсмические данные, автор наметил положение крупного разлома в верхней части островного склона, который отделяют консолидированный островной блок земной коры от деформированного блока склона и глубоководного желоба. Тем не менее по его же собственному признанию, результаты работ не дают ясного ответа о природе и механизме тектонических процессов.

Здесь же любопытно отметить работы В.Л. Ломтева и коллег [98, 99], в которых анализируются особенности строения и сейсмотектоники Курильской системы дуга-желоб по данным сейсмопрофилирования методом отраженных волн. Автор предполагает наличие надвига, по которому Курильская дуга сместилась на ложе Тихоокеанского за последние 0,5-1 млн. на несколько десятков километров, что вызвало формирование регионального шарьяжа Пегаса, встречных сейсмофокальных зон и рамповой структуры Курильского желоба.

В период с 2006 по 2010 гг. специалистами из ТОИ ДВО РАН и ИО РАН было проведено несколько комплексных геолого-геофизических экспедиций по результатам которых опубликован ряд работ по особенностям строения, формирования и эволюции фронтальной части дуги. Большинство из них посвящено Центральным Курилам и строению фронтальной части дуги. Это объекты не попадающие в район исследований, рассматриваемый в диссертации. Однако их необходимо учитывать для понимания геологического строения региона и эволюции всего Курильского региона. Здесь стоит выделить исследования Леликова Е.П., Кулинича Р.Г., Емельяновой Т.А. и др. Работа Емельяновой Т.А. и др. (2012) [37] посвящена геохимии вулканитов подводного хребта Витязя, расположенного на тихоокеанском склоне Курильской островной дуги. Авторы выделяют несколько магматических комплексов, отражающих различные этапы тектоно-магматического развития хребта. Геохимические и изотопные данные указывают на участие древнего корового материала в формировании магм, что свидетельствует о континентальном фундаменте хребта. Особое внимание уделено плиоцен-плейстоценовым вулканитам, которые подразделяются на толеитовые, известково-щелочные и субщелочные разновидности. Совместно с Е.П. Леликовым автор освещает эти вопросы в работах 2008, 2011 и 2014 гг. [94, 95, 96].

По результатам делается вывод о том, что «Курило-Камчатская островная дуга находится в зоне субдукции, в которой происходит погружение Тихоокеанской плиты под Азиатский континент и преобладающим типом напряжений здесь является сжатие». В то же время установлено, что в Центральном-Курильском сегменте, во фронтальной части континентального склона фиксируется сейсмическая брешь (Рисунок 1.1.3), представляющая собой зону активного растяжения и деструкции.

Данные о составе и возрасте фундамента играют важную роль для решения проблемы происхождения островной дуги, поскольку они позволяют оценить время заложения и геологическую эволюцию территории. В исследовании [95] приведены результаты изучения разновозрастных гранитоидов, отобранных подводным драгированием с хребта Витязь и Броутоновского хребта, расположенного на продолжении тектонической зоны Буссоль, проходящей по одноименному проливу в сторону Курильской котловины. Меловые гранитоиды рассматриваются авторами в качестве пород, формирующих мезозойский складчатый фундамент района исследований. В выводах отмечается сходство в химическом составе гранитоидов, отобранных из различных структур фундамента Курильской островной системы и предполагается «структурное единство мезозойского фундамента Охотского моря и хребта Витязя, разобщенных в олигоценовое-миоценовое время в процессе рифтогенного формирования Курильской котловины». Однако в таком случае не до конца ясно каким образом рифтогенез в задуговом бассейне привел к современному тыловодужному положению хребта Витязь и какое

место в приведенных представлениях занимает междугеовой бассейн, разделяющий места отбора проб.

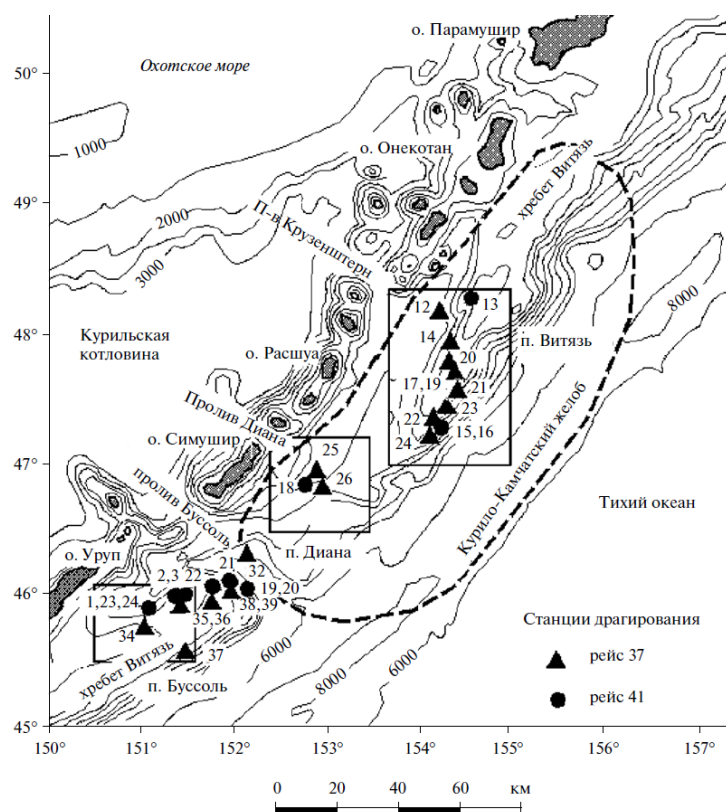


Рисунок 1.1.3 – Схема расположения полигонов и станций драгирования [94, 95]. Пунктиром показаны контуры “сейсмической брешии”. Расстояние до острова Итуруп: южного края – 200 км, северного – 500 км

Изучением геофизических и сейсмических особенностей Центральных Курил занимался коллектив авторов во главе с Р.Г. Кулиничем [89, 90, 91]. Авторы анализируют связь между геофизическими полями, блоковой структурой земной коры и сейсмической активностью, уделяя особое внимание сильнейшим землетрясениям 2006, 2007 и 2009 годов. Проведен сравнительный анализ сейсмических и плотностных моделей земной коры, используя данные глубинного сейсмического зондирования 1980-х годов и современные гравиметрические данные. Выявлены как согласованность, так и расхождения между моделями, что позволяет уточнить представления о глубинном строении земной коры Центральных Курил.

Изучение тектоно-магматических процессов в пределах Курильских островов в последние годы активно осуществляется Т.В. Володьковой [25, 26]. Опираясь на данные аэрогеофизической съемки, в частности на анализ карт содержаний естественных радиоактивных элементов подтверждается существование поперечной вулканической зональности КОД. С привлечением карт магнитного поля выделена основная циклическая последовательность формирования действующих вулканов и магматизма о. Кунашир.

В качестве примера использования ДДЗ на территории исследования можно привести работу М.Ю. Грищенко, посвященную выявлению проявлений поствулканической активности на о. Кунашир [54].

Изучением наиболее молодой, в том числе, современной вулканической активности в последние годы занимаются О.В. Бергаль-Кувикас, С.З. Смирнов, И.Р. Низаметдинов, Д.В. Кузьмин и др. Авторами опубликовано большое количество работ о химическом и минеральном составах продуктов извержения четвертичных вулканов на островах Кунашир и Итуруп. Определены источник магм и условия вулканизма, характер минеральных включений [20, 29, 114, 169, 170]. Невзирая на большой объем использованных аналитических методов, авторы не рассматривают особенности геохимической специализации неогеновых магматических комплексов.

Таким образом, несмотря на длительный процесс изучения, многие основополагающие вопросы, связанные с тектоническим строением и геодинамическими обстановками формирования региона, остаются дискуссионными. В первую очередь, это связано с непрерывным развитием геологии как науки, а также отрывочностью существующих данных по геохимическому составу пород, особенностям строения дизъюнктивной сети региона, связи между тектоническими и магматическими процессами и металлогении. Исследование особенностей тектоно-магматической эволюции и геологического строения Южных Курил важно для выяснения процессов формирования земной коры островных дуг в целом. Эти знания дают возможность не только спрогнозировать дальнейшую эволюцию современных островодужных систем, но и, пользуясь принципом актуализма, воссоздать историю развития палеодуг, тем самым приблизив геологов-исследователей к одному из ключевых вопросов геологии о том, как развивалась планета Земля в прошлом. В то же время, установление закономерностей размещения полезных ископаемых в связи с этапами геологического развития Южных Курил играет определяющую роль при прогнозе объектов размещения полезных ископаемых, что способствует расширению минерально-сырьевой базы региона, его экономическому росту и развитию.

1.2 Проблема тектонического районирования и геодинамической обстановки территории исследования

В данном исследовании речь идет о Курило-Камчатской зоне субдукции, сформировавшейся в ходе погружения Тихоокеанской плиты под окраину *Евразийского континента*, поэтому необходимо дать определения основным понятиям и наименованиям таксонов (структур).

Островная дуга – дугообразная цепь островов (обычно вулканических), обращенная выпуклой стороной к океану; венчает вытянутое подводное поднятие, отделяющее котловину глубоководного задугового бассейна от глубоководного желоба [22, 31, 139, 175].

Разные исследователи для описания надсубдукционных построек в северо-западной части Тихого океана используют различные термины. Н.Л. Добрецов [58], В.Г. Трифонов [141], К.Ф. Сергеев [131] применяют общий термин «Курило-Камчатская дуга». При этом обозначают такие структуры, как: «Большекурильское поднятие», «Малокурильское поднятие», «Курило-Камчатский желоб» (примечательно, что у Н.Л. Добрецова это - «Курильский желоб») и т.д. В свою очередь Г.П. Авдейко [5, 6] и Е.А. Константиновская [76] разграничивают Курильскую островную дугу и вулканические пояса Камчатского полуострова. Авторы используют понятие «Курило-Камчатская островодужная система», которую разделяют на Курильскую островную дугу, Камчатскую палеодугу (Срединный Хребет) и Восточную Камчатку (область коллизии дуга-континент по Е.А. Константиновской и незрелая дуга по Г.П. Авдейко).

Большинство современных авторов, независимо от выбранного представления о природе формирования Курильских островов, сходятся во мнении, что на территории Курило-Камчатской островодужной системы присутствуют все типичные таксоны островодужных тектонических зон [139, 145]:

- Глубоководный тыловой прогиб – прогиб в тылу островодужной вулканоплутонической дуги, сложенный осадочно-вулканогенными толщами (Курильская (Южно-Охотская) котловина);
- Островодужная вулканоплутоническая дуга – вулканоплутоническое сооружение в осевой части островной дуги (Большая Курильская гряда);
- Преддуговой прогиб – бассейн, сопряженный с преддуговым поднятием, сложенный осадочно-вулканогенными толщами (Срединно-Курильский прогиб);
- Островодужная аккреционная призма – чешуйчатый веер, сопряженный с глубоководным желобом, пластины которого сложены «соскобленными» турбидитами океанического желоба, пелагическими осадками и офиолитами. Согласно представлениям В.Л. Ломтева [98], выражена слабо и расположена под водой;
- Глубоководный преддуговой желоб (Курило-Камчатский желоб).

Противоречивыми остаются представления о роли островодужной системы как границы литосферных плит. Традиционно границей Тихоокеанской плиты считается сейсмофокальная зона, выраженная на земной поверхности преддуговым жёлобом. Это мнение вполне согласуется с динамикой развития и глубинным строением зоны. Но при такой конкретизации границы Тихоокеанской плиты оказывается неопределённой граница Евразийской и Северо-Американской плит. Северо-западнее Охотского моря она выражена системой разломов хребта

Черского, достигающей устья р. Лены и продолжающейся далее хребтом Гаккеля – зоной спрединга Северного Ледовитого океана. Однако на границе с Охотским морем система разломов хребта Черского обрывается и не находит продолжения в структурах Курило-Камчатской островодужной системы [176].

Были предложены две модели, объясняющие эту тектоническую особенность. В первой модели между тремя большими плитами была выделена малая Охотоморская плита, ограниченная тремя глобальными разрывными нарушениями [172, 183, 189]. Однако у неё нет повсеместной границы, что необходимо для обособления плиты, кроме того структура плиты оказалась тектонически неоднородной. Согласно второй модели, территория Охотского моря и Курило-Камчатская островодужная система были отнесены к Северо-Американской плите [120], но этому противоречат структурные связи островной дуги с Евразийской плитой, в частности, наличие северо-восточных правых сдвигов по обеим сторонам Охотского моря [141].

Таким образом, территория исследований находится в пределах южного (Курильского) сегмента Курило-Камчатской островодужной системы, которая расположена в северо-западной части Тихоокеанского подвижного пояса. Курильский сегмент (Курильская островная дуга), в свою очередь, состоит из морфоструктурных элементов, характерных для двойных островных дуг: Курило-Камчатского глубоководного желоба; Большой Курильской вулканической гряды (внутренней дуги); Курильской котловины (внешней дуги) (Рисунок 1.2.1); представленной Малой Курильской грядой и ее подводным продолжением – хребтом Витязь; междуговым прогибом – Срединно-Курильским бассейном, разделяющим внешнюю и внутреннюю дуги [84]. Эти морфоструктурные элементы отделены друг от друга крупными разрывными нарушениями сбросового, возможно и сбросо-сдвигового характера [49] (см. Раздел 2.2).

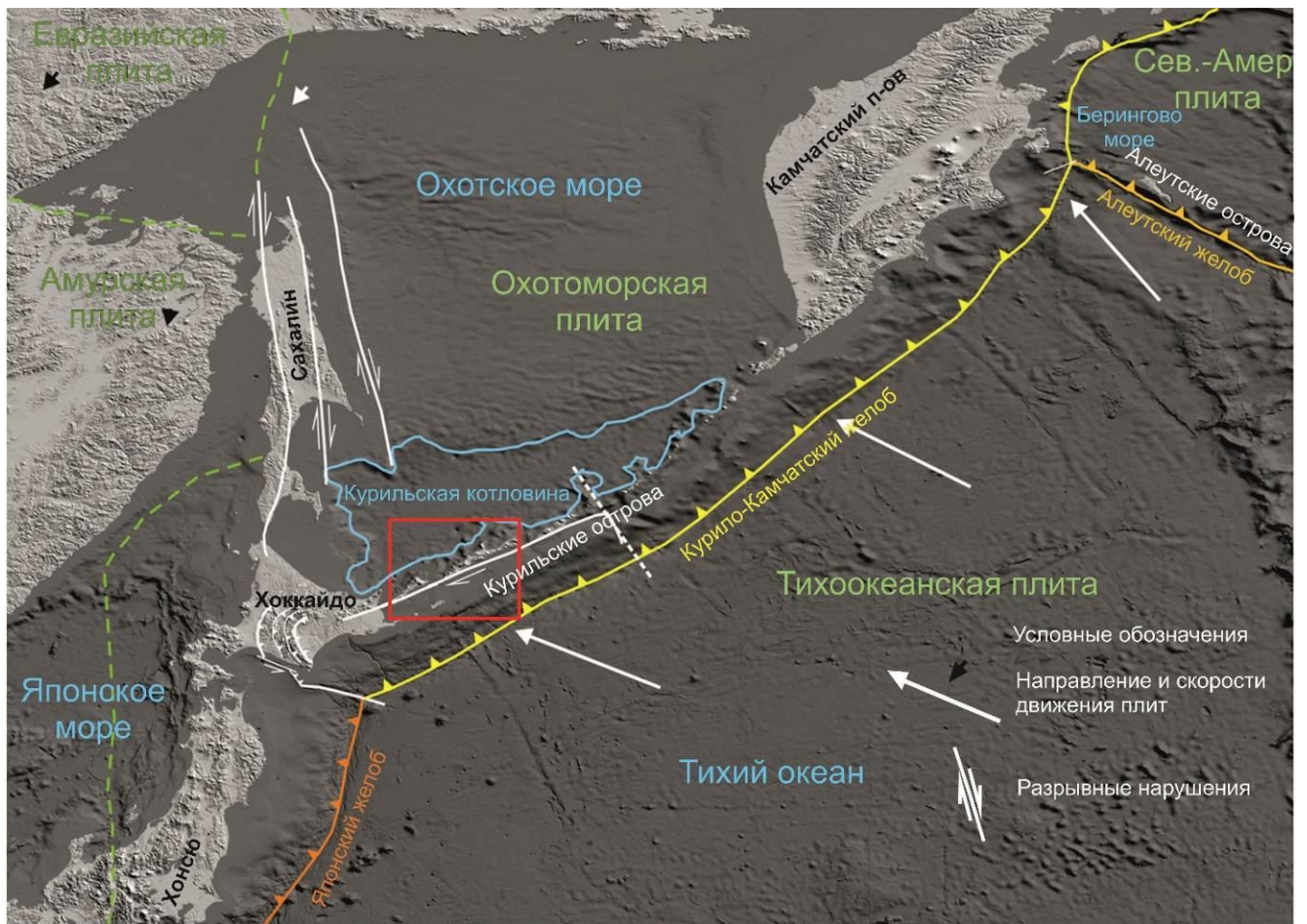


Рисунок 1.2.1 – Географическое и структурное расположение района исследований (район показан красной рамкой, продолжение – см. Рисунок 1.2.3) [с изменениями по 138, 178, 187]

В контексте данного исследования важным представляется тип коры и литосферы в “висячем крыле” рассматриваемой зоны субдукции. Это параметры, несущую информацию о ранних этапах эволюции региона и оказывающие непосредственное влияние на магматические процессы. Данные о строении фундамента получены благодаря многокомпонентным сейсмическим исследованиям с донными сейсмометрами (OBS), гравиметрическому и магнитометрическому моделированию, а также изучению драгированных пород. Эти методы позволили уточнить состав и структуру коры, опровергнув ранние предположения о её полностью океанической природе в тыловой зоне. Комплексный подход подтвердил, что фундамент Курильских островов сочетает черты как континентальной, так и океанической коры, что характерно для активных геодинамических обстановок [90, 91].

Последние результаты переинтерпретации опорных геофизических профилей в акватории Охотского моря показывают, что данный блок выполнен преимущественно корой континентального типа, со средней мощностью 25-30 км, которая в Курильской котловине сокращается до 14 км. Разрез коры на две трети выполнен кислыми породами со скоростями сейсмических волн 5,7-6,3 км/с, в пределах Курильской котловины преобладают породы основного состава [40].

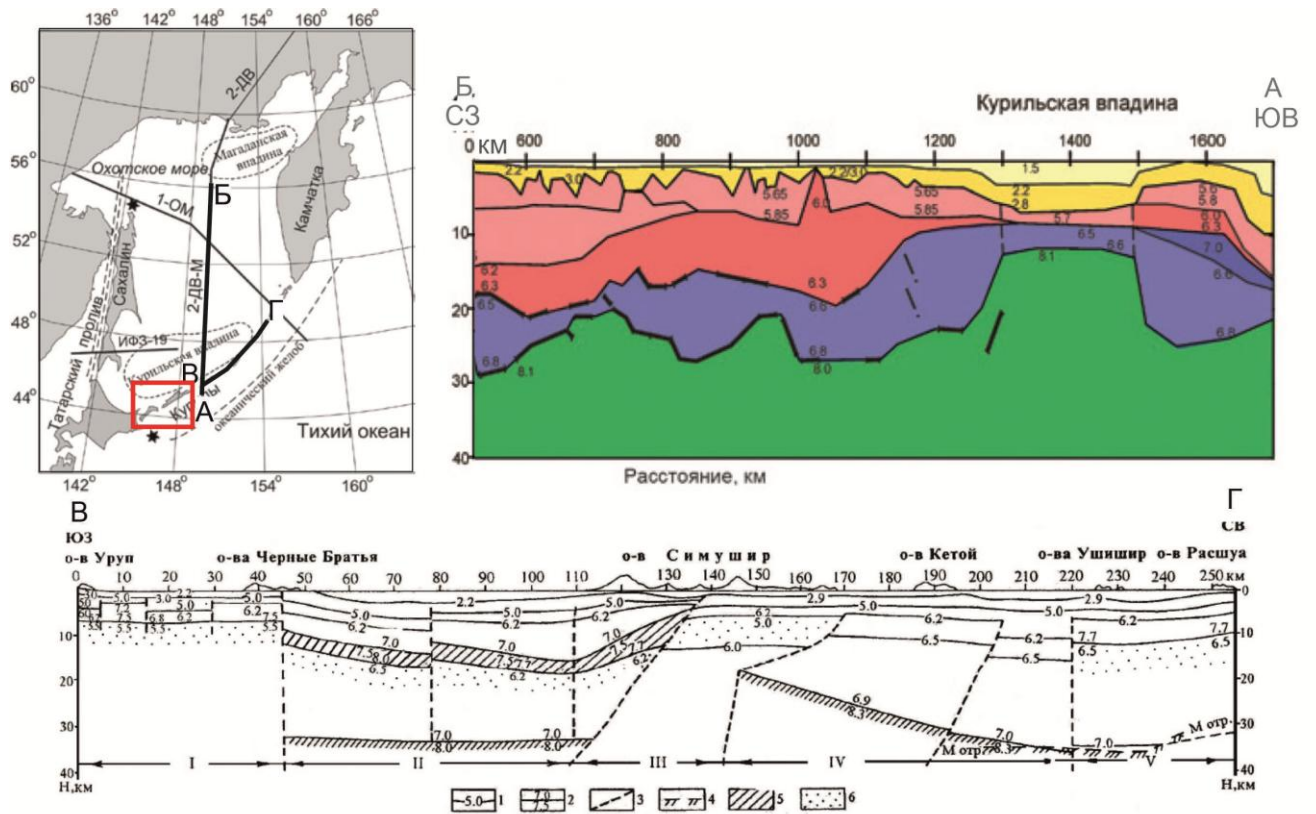


Рисунок 1.2.2 – А-Б - Скоростной разрез земной коры по профилю 2-ДВ-М [40]

В-Г - Скоростной разрез земной коры по профилю 1 (о. Уруп–о. Расшуа) [64]

1 – изолинии скорости; 2 – сейсмические границы и значения скорости над границей и под ней, км/с²; 3 – границы скоростных блоков; 4 – поверхность границы М; 5 – слой повышенной скорости; 6 – слой пониженной скорости

Считается [95, 128], что фундамент Большой Курильской гряды (БКГ) выполнен деформированными мезозойскими образованиями островодужных комплексов, верхняя часть разреза которых обнажается в пределах Малой Курильской гряды и ее подводного продолжения – Хребта Витязь (см. Рисунок 1.2.3). В то же время Зоненшайн и др. (1990), а также Вержбицкий и Кононов (2010) [23, 137] предполагают, что хребет Витязь был частью мезозойской внутриокеанической островной дуги, которая позднее была аккретирована к Курильской дуге.

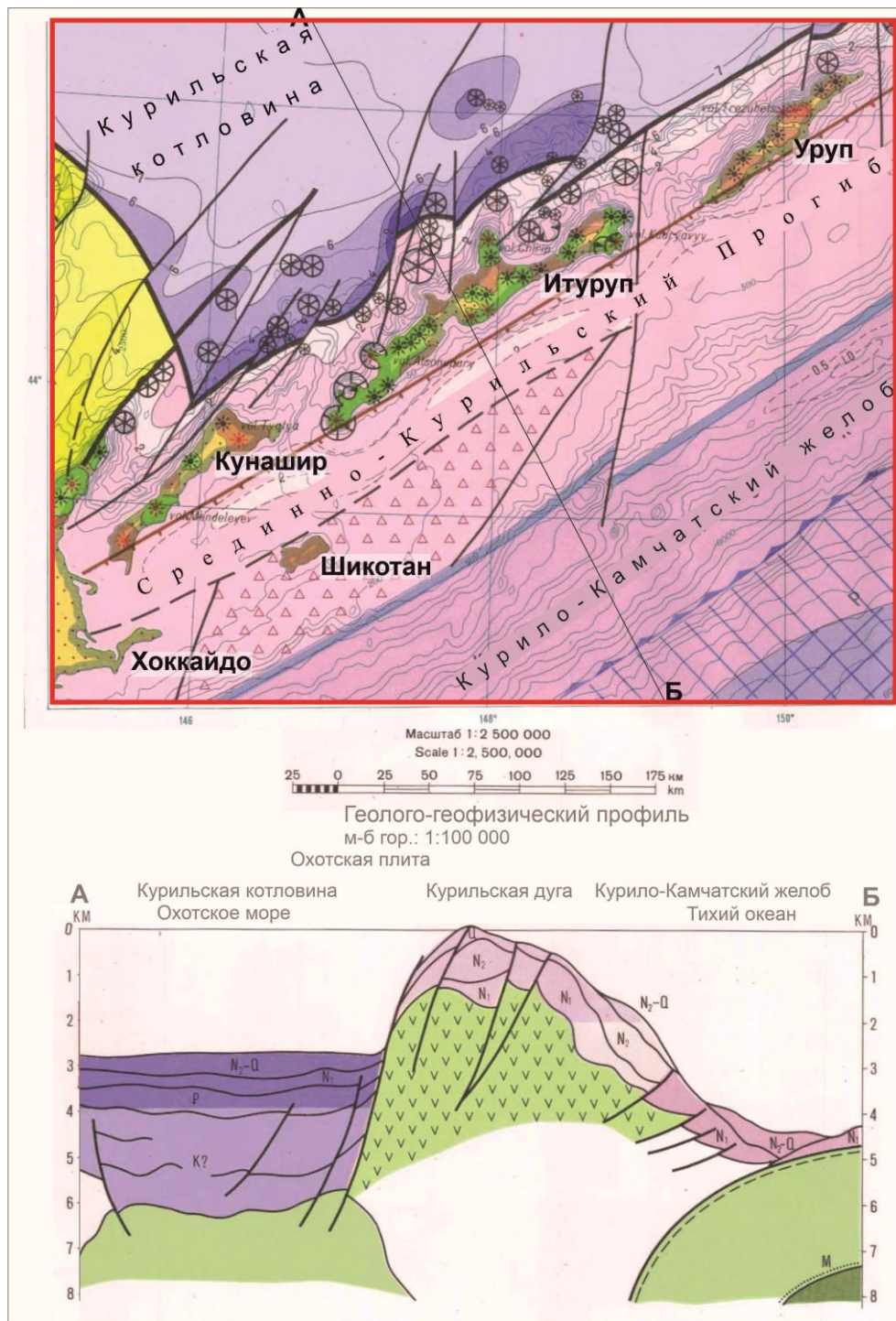


Рисунок 1.2.3 – Фрагмент тектонической схемы Охотского моря, захватывающий территорию исследования по [138]. Условные обозначения в Приложении А

Данное предположение также подтверждается тем фактом, что остров Шикотан (Малая Курильская гряда) выполнен моноκлинально пологопадающими вулканогенно-осадочными образованиями мелового возраста, на которые надвинуты палеогеновые вулканические и интрузивные образования основного состава (по личным наблюдениям автора). Отмеченные особенности геологического строения, а также выявленный тип и характер проявления вещественной зональности отличаются от соответствующих особенностей типичных островных

дуг, что позволяет интерпретировать происхождение Малокурильской морфоструктуры по-разному. С одной стороны, как показывает геолого-геохимический анализ, плейт-тектоническая гипотеза формирования Малой Курильской гряды наряду с доказательствами, имеет весьма значительное количество спорных моментов и недостатков, что дает основание интерпретировать ее происхождение с позиций рифтогенной тектоники, которая происходила на границе Азии, в том числе с позиций теории Расширяющейся Земли [12]. Согласно плейт-тектоническому варианту с использованием палеомагнитных данных [42, 43, 44], Малокурильскую структуру можно рассматривать как чужеродный блок (террейн) в составе аккреционной призмы островной дуги Больших Курил. Соответственно, эта структура изначально могла формироваться не на континентальной окраине Азии, а в виде океанической островной дуги более, чем в 1500 км к юго-востоку. В таком случае значительная часть объема крупной субконтинентальной Малокурильской морфоструктуры была сформирована над долгоживущей зоной субдукции, что приводило к гранитизации земной коры как в вещественном (неоднократные находки домеловых гранитоидов на островах и подводных склонах Южных Курил), так и в геофизическом (хорошо выраженный гранитно-метаморфический сейсмический слой) проявлениях.

В таком случае в фундаменте Большекурильской морфоструктуры предполагается существование средне-позднепалеогенового «Протокурильского магматического пояса» (см. Рисунок 1.2.2, Рисунок 1.2.3), сформированного в результате аккрецирования Малокурильского блока [42] к окраине Охотоморского геоблока. Существование Центрально-Шикотанского надвига северо-восточного простирания, который прослеживается вдоль всей Малокурильской гряды и связанной с ним зоны полимиктового меланжа, в которой отмечаются блоки палеоценовых вулканитов, также свидетельствуют о глобальном тектоническом событии и подтверждают преобладающую обстановку сжатия в регионе в эоцене-олигоцене (по наблюдениям автора). После раскрытия задуговой Курильской котловины в олигоцене – миоцене [163, 166] в результате выполаживания сейсмофокальной поверхности, по-видимому, произошло смещение магматического фронта из Малокурильской зоны в зону миоцен-современного вулканизма Большой Курильской гряды [42]. Стоит отметить, что непонятно каким образом растяжение в задуговом бассейне могло повлиять на смещение магматического фронта. Более того, по существующим оценкам предполагается, что в неогене угол погружения плиты наоборот был больше, нежели сейчас (см. Раздел 4.4). Помимо этого, сходный возраст вулканов Зонне, расположенного в Курильской котловине, и хребта Витязь, а также аналогичный состав редкоземельных элементов (РЗЭ) позволяют предположить, что хребет Витязь сформировался как часть «Протокурильской» островной дуги. Формирование преддуговых комплексов хр. Витязь, вероятно, соответствует началу процессов растяжения во фронтальной части дуги, что

указывает на **синхронность процессов субдукции, раскрытия Курильского бассейна и заложения Центрально-Курильской зоны деструкции** [94, 96].

Подводя итог, можно отметить, что представления об эволюции Курильских островов являются противоречивыми. Остаются спорными вопросы строения коры и литосферы висячего крыла Курильской зоны субдукции, характера самой субдукции, а также морфоструктурных особенностей Курильской островной дуги. Особую дискуссионность вызывает роль процессов, протекающих в Курильской котловине, на развитие региона, время и причина ее заложения, тип земной коры. Все эти нерешённые проблемы подчёркивают необходимость комплексного переосмысления геодинамической эволюции региона с привлечением новых данных. На часть этих принципиальных вопросов, включая уточнение характера субдукционных и задуговых процессов, эволюции магматизма, тектонического строения призвано ответить настоящее исследование.

Результаты анализа последних работ предшественников показывают, что Курило-Камчатская островодужная система сформировалась на границе Охотоморской и Тихоокеанской литосферных плит в результате субдукции последней [137, 178, 187]. Сама система состоит из серии разновозрастных островных дуг (Курильской, Южно-Камчатской, Восточно-Камчатской и др.), которые последовательно или параллельно формируются в ходе закрытия Пацифики и Палеопацифики [6]. Заложение современного структурного плана Курильской островной дуги произошло на границе палеогена и неогена. В это время в результате магматизма началось формирование Большой Курильской гряды и Курильской котловины в ходе растяжения в задуговом бассейне. Наличие кремнистых глубоких осадков эоцен-олигоценного возраста в Срединно-Курильском бассейне указывает на его более раннее формирование [109]. Вероятнее всего, заложение данной морфоструктуры обусловлено эволюцией так называемой «Протокурильской» островной дуги, служащей сейчас фундаментом современной Большой Курильской гряды и частями которой, вероятно, являлись хребет Витязь и Малокурильское поднятие. Стоит отметить, что ранее существовавшие представления о субдукции единой однородной плиты являются упрощёнными. Их следует считать лишь схематическими и допускать неоднородность погружающейся субдуцирующей плиты (расщепление ее на отдельные микроплиты и блоки) [65], что, в свою очередь, влияет на разницу в параметрах субдукции для разных сегментов Курильской островной дуги (см. Раздел 1.3.3).

1.3 Географическая и геологическая характеристики района исследования

Большая Курильская гряда (БКГ) соединяет южную оконечность Камчатского п-ова с о. Хоккайдо, представляет собой последовательность вулканических островов протяженностью более 1150 км со средней шириной 100-200 км [168]. На юго-западе Кунаширским проливом она отделена от полуострова Сиретоко (о. Хоккайдо), на северо-востоке от Камчатки – Первым

Курильским проливом. Традиционно БКГ подразделяется на три сегмента: северный, южный и центральный, которые различаются по геохимическим и геофизическим характеристикам, границами между сегментами являются проливы [65, 115, 132]. В составе южного сегмента отмечаются острова Кунашир, Итуруп, Уруп, а также мелкие вулканические о-ва Черные Братья и о. Броутона. Геодинамические параметры для сегментов Большой Курильской гряды различны. Несмотря на то, что средняя скорость погружения Тихоокеанской плиты считается приблизительно равной 79-80 мм/год [4, 189], расстояние до вулканического фронта в центральной части дуги меньше по сравнению с её флангами. В районе пролива Буссоль оно составляет 175 км, а на Северных и Южных Курилах ~ 190 км и 235 км соответственно. Глубина до субдуцирующей плиты в районе Центральных Курил также немного ниже по сравнению с северной и южной частями дуги: 105 км при 110 км на окраинах.

Как было сказано выше, острова Кунашир и Итуруп расположены в южной части Курильского архипелага. Остров Итуруп является крупнейшим среди Курильских островов. Он вытянут с северо-востока на юго-запад на 200 км, ширина его составляет от 7 до 27 км. Площадь – 3175 км². Кунашир является самым южным островом Большой Курильской гряды. Его длина составляет 123 км при ширине 7–30 км; площадь оценена в 1490 км².

Острова Кунашир и Итуруп, как и вся Большая Курильская гряда, сложены преимущественно вулканическими породами олигоцен-четвертичного возраста. Доолигоценные образования на территории исследования не вскрыты, поэтому ниже не рассмотрены. Они выделены по сейсмическим данным в пределах Срединно-Курильского прогиба, Курильской котловины [47, 109] и выходят на поверхность в Малокурильском поднятии [50]. Среди геологических подразделений, слагающих южные острова Большой Курильской гряды, выделяют стратифицированные вулканические, вулканогенно-обломочные с различной примесью осадочного материала, реже осадочные образования богатырского, фрегатского андезибазальтовых, рыбаковского андезитового и камуйского, роковского и головнинского дацитовых вулканических комплексов. Данные образования прорваны комагматичными и малыми экстррузивными и субвулканическими телами различного состава, реже плутоническими образованиями прасоловского плагиогранит-диоритового интрузивного комплекса (Рисунок 1.3.1).

Ниже приведены описания стратифицированных геологических подразделений (свит и толщ), обнажающихся на островах Кунашир и Итуруп, согласно литературным и собственным данным, полученным в ходе полевых работ.

Характеристика субвулканических и плутонических тел отображена в Главе 4.

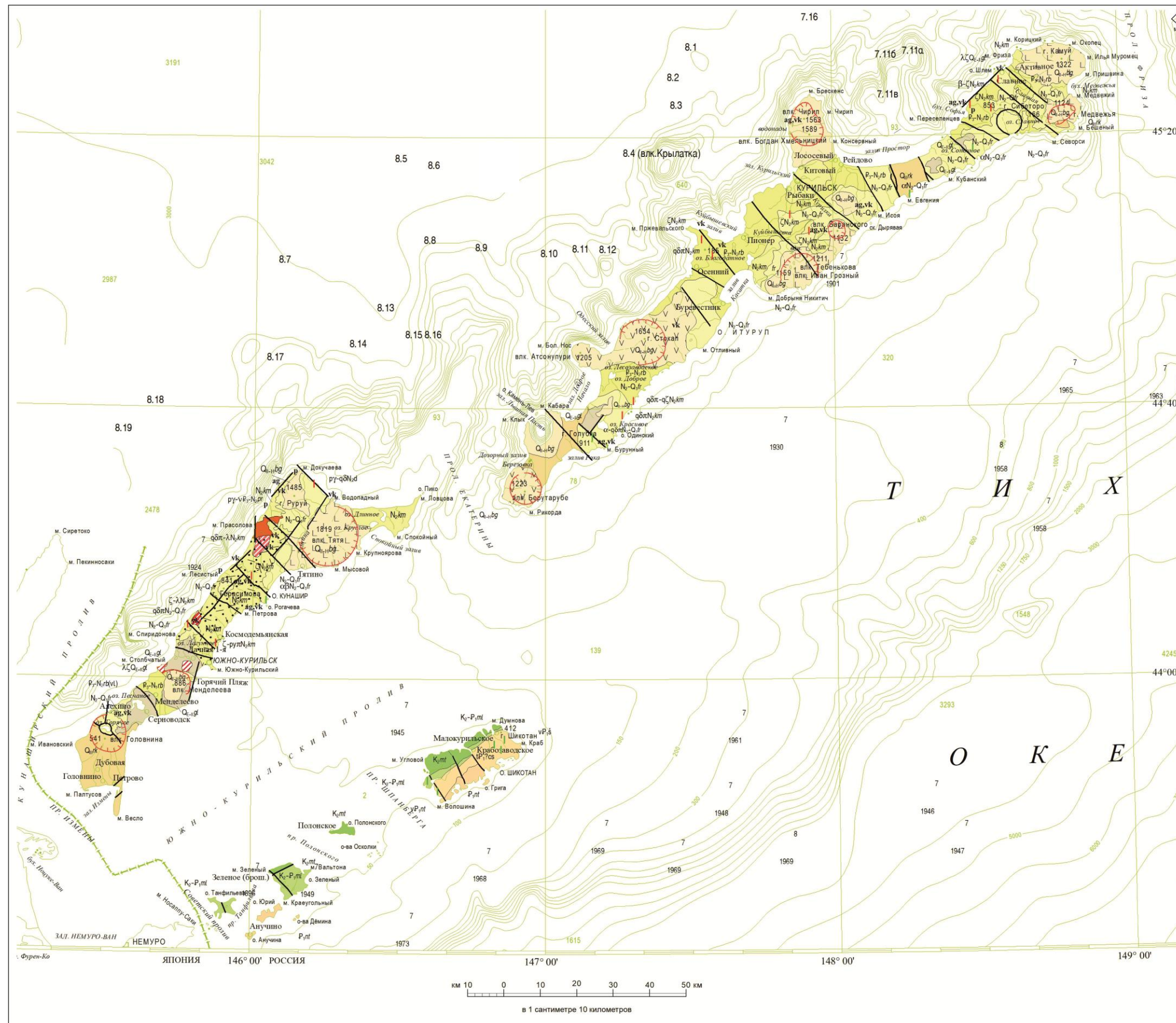


Рисунок 1.3.1 – Геологическая карта островов Кунашир и Итуруп (легенда представлена в приложении Б) [по 198 с изменениями автора]

1.4 Статиграфия

ПАЛЕОГЕН-НЕОГЕН (Р-N)

Ранний олигоцен-ранний плиоцен (Р₃-N₂)

Рыбаковская свита (Р₃-N_{2rb}) относится к раннему олигоцену (?) - раннему плиоцену и является наиболее древним стратифицированным подразделением на исследуемой территории [49]. Свита имеет весьма широкое распространение, характеризуется сильной фациальной и литологической изменчивостью.

Нижняя граница подразделения в районе исследования не вскрыта. На Охотоморском побережье о. Итуруп в районе населенных пунктов Курильск и Рыбаки свита перекрыта стратифицированными образованиями камуйского комплекса (камуйской свитой) (Рисунок 1.4.1). Мощность свиты составляет более 1384 м [109].

Свита представлена линзовидно переслаивающимися пачками вулканокластических и реже вулканогенно-осадочных пород. В составе преобладают гидроэксплозивные туфы основного и среднего состава, чередующиеся с пачками, сложенными светлыми туфоалевролитами, туфопесчаниками, туфогравелитами, туфоконгломератами, туфоконгломератобрекчиями. Обломочные породы псефитовых разностей картируются преимущественно в верхней части разреза. Источником сноса, вероятнее всего, выступали образования Малокурильского поднятия или же вулканических построек рыбаковской свиты. Снос мог осуществляться гравитационными потоками, которые заполняли депрессии между центрами вулканизма, о чем свидетельствует линзовидный характер смены литологических разностей.

В породах различными исследователями [21, 24, 49, 60, 126, 142] обнаружены комплексы диатомовых водорослей зоны *Neodenticula kamtschatica* и радиолярий зон *Luchnocanium nipponicum* и *Thecosphaera japonica*, указывающих (определения В.П. Болдыревой, Д. И. Витухина, Л. М. Долматовой) на позднемиоцен-раннеплиоценовый возрастной диапазон. К-Ar датировки образцов гидроэксплозивных туфов находятся в диапазоне от $3,8 \pm 0,5$ до $8,3 \pm 1,1$ млн. лет, на основании чего предполагался позднемиоценовый возраст свиты [49]. Однако в исследовании De Grave et al. [178], получены датировки по цирконам U-Pb методом по интрузивным образованиям прасоловского комплекса, составившие ~ 31 млн. л. Контакты со вмещающими тела породами рыбаковской свиты преимущественно тектонические, но на некоторых участках в северо-восточной части о. Кунашир отмечаются элементы интрузивных контактов, что, по согласное [178] позволяет предположить раннеолигоценый, а, по мнению автора данной работы, возможно и более древний возраст пород.

Поздний плиоцен N₂

Камуйская свита (N₂km) залегает согласно, реже с незначительным стратиграфическим перерывом на отложениях рыбаковской свиты, перекрыта с небольшим стратиграфическим несогласием, базальтами фрегатской толщи, с которой также зафиксированы фациальные взаимопереходы (Рисунок 1.4.1). Мощность покровных отложений 1176 м [49].

На островах Кунашир и Итуруп свита представлена флишоидными вулканогенно-осадочными отложениями, часто невысокой степени литификации, обогащенными пемзовым материалом от дациандезитового до риодацитового состава. Отмечаются также туфы кислого состава различной степени размерности, чаще неотсортированные, с разной степенью спекания. Помимо этого, среди пород встречаются туфоконгломераты, вулканомиктовые конгломераты и туфоконгломератобрекчии, сложенные окатанной и полуокатанной галькой (туфоконгломератобрекчии содержат также остроугольные обломки) и валунами эффузивов и вулканокластических пород среднего и основного составов, которые соответствуют породам рыбаковской свиты [109].

Плиоценовый возраст камуйской свиты установлен на основании многочисленных определений диатомовых водорослей зон: *Neodenticula kamtschatica*, *Neodenticula kamtschatica* - *N. koizumii*, *N. koizumii* и радиолярий зоны *Thecosphaera japonica* [21, 142].

НЕОГЕН-КВАРТЕР (N-Q)

Поздний плиоцен-ранний плейстоцен (N₂-Q₁)

Фрегатская толща (N₂-Q₁fr) выделена под этим названием в 1994 г. П. Ю. Ковтуновичем при проведении ГДП-200. Имеет широкое распространение практически на всей изученной территории, слагая платообразные поверхности в центральных приводораздельных частях островов Итуруп и Кунашир; залегает на нижележащих образованиях с размывом. Мощность толщи вычислена графически и составляет ~ 350-440 м.

Толща подразделяется на две части: нижняя часть толщи представлена преимущественно базальными конгломератами, гравелитами и конгломератобрекчиями, часто замещающимися по простиранию туфоконгломератами, агломератовыми туфами основного и среднего состава; верхняя часть – «комплекс платобазальтов» – сложена субэзральными эффузивно-пирокластическими образованиями среднего и основного составов при преобладании андезибазальтов. Мощность потоков в среднем 10 м [49. 51].

Стратиграфическая колонка северной части о. Итуруп*

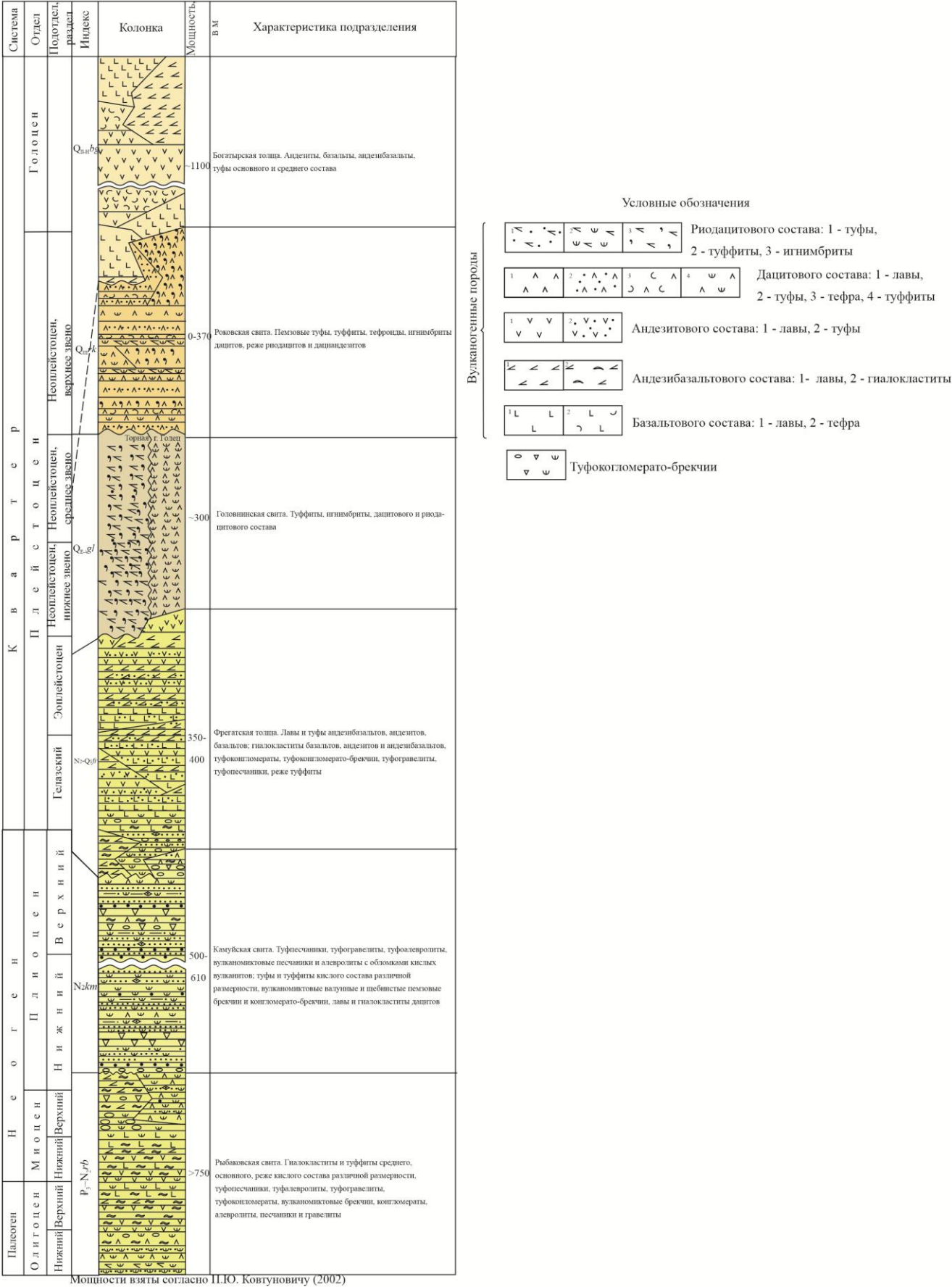


Рисунок 1.4.1 – Стратифицированные образования Южных Курил на примере северной части о. Итуруп [по 49, 109]

Возраст фрегатской толщи (поздний плиоцен-ранний неоплейстоцен) установлен на основании находок диатомовой флоры (зона *Neodenticula kamtschatica*–*N. koizumii*) в разрезах бухты Парусная и перешейка Осенний; радиологического возраста базальтов горы Фрегат ($3,07 \pm 0,05$ млн лет), определенного К-Аг методом Дж. Бейлн в Копенгагенском университете [154], радиологического возраста платобазальтов влк. Медвежий– $1,03 \pm 0,6$ млн лет [165] (К-Аг метод).

КВАРТЕР (Q)

Эоплейстоцен¹-средний неоплейстоцен (Q_{Е-II})

Головинская свита (Q_{Е-IIgl}) выделена Б.Н. Пискуновым в 1962 году в южной части о. Кунашир со стратотипом на Тихоокеанском побережье от пос. Серноводский до пос. Головинно [113]; на о-вах Кунашир и Итуруп развита локально, преимущественно в палеодепрессиях. Залегаёт несогласно на фрегатской толще и на камуйской свите. Вскрытая мощность составляет 640 м [49].

Свита представлена двумя типами разрезов: первый сложен пемзовыми вулканогенно-осадочными и вулканокластическими образованиями кислого состава, часто с текстурами подводных грязево-мутявых потоков и оползневой складчатостью, второй – субэральными пирокластическими отложениями.

Эоплейстоцен-среднеоплейстоценовый возраст головнинской свиты установлен по результатам термолюминесцентных определений (0,5–0,7 млн. лет) [49], а также по многочисленным находкам диатомовых водорослей зоны *Neodenticula koizumii* (1,95–2,2 млн. лет) и зон *Thalassiosira antiqua* – *Proboscia curvistroris* (1,95–0,095 млн лет) [142].

Средний неоплейстоцен-голоцен (Q_{II-QH})

Богатырская толща (Q_{II-QHbg}) среднеоплейстоцен-голоценового возраста, является самым молодым геологическим подразделением на исследуемой территории. Образования богатырской толщи залегают на размытой поверхности фрегатской толщи и головнинской свиты. Мощность стратифицированных образований составляет до 1175 м [49].

На территории островов образования формируют вулканические постройки четвертичного возраста. Толща сложена переслаиванием вулканических и вулканогенно-обломочных пород с различной степенью примеси осадочного материала, преимущественно основного и среднего составов: лавами и туфами андезитов, андезибазальтов, реже дациандезитов со сложными фациальными замещениями. Основание разреза данного геологического подразделения перекрыто отложениями роковской свиты и аккумулятивным чехлом морских террас от среднеоплейстоценового до голоценового возрастов.

¹ По современной классификации соответствует калабрийскому ярусу, индексы в соответствии с [49]

Возраст толщи определен по геоморфологическим признакам и по взаимоотношению с рядом разновозрастных морских террас. Позднеголоценовый возраст верхней части богатырской толщи определяется по хорошей сохранности форм и следов течения лавовых потоков и отсутствию растительного покрова на материалах дистанционного зондирования. Подтверждением возраста являются палеомагнитные данные и результаты радиоуглеродных датировок 4220 ± 50 лет и 4200 лет [192].

Верхний неоплейстоцен (Q_{III})

Роковская свита (Q_{IIIrk}) развита на островах Итуруп и Кунашир локально и приурочена к четвертичным вулканам с эксплозивным типом извержений (вулканы Головнина, Роковский и Ветровой перешейки, кальдера Медвежья). Покровные образования сложены пемзовыми туфами (Рисунок 1.4.2), туффитами, тефроидами, спекшимися туфами дациандезитов, дацитов, риодацитов. Они залегают со стратиграфическим несогласием на лавах первой пачки богатырской толщи и на породах головнинской свиты. С породами второй и третьей пачек богатырского комплекса предполагаются фациальные взаимопереходы. Мощность роковской свиты составляет от 0 м до 370 м.

Возраст определен на основании геоморфологических признаков и радиоуглеродного анализа подстилающих (36 тыс. лет) и перекрывающих (9 тыс. лет) отложений, а также анализа термолюминесцентным методом (20 тыс. лет) пород комплекса [49]. В последние годы получены радиоуглеродные датировки по образованиям в районе кальдеры Львиная Пасть (о. Итуруп): 13 тыс. лет и 12,3 тыс. лет [71]. Согласно другим авторам, пирокластические породы датируются 9.5 тыс. лет [28]. Новейшие данные по радиоуглеродному датированию сохранившихся в тефре обугленных стеблей бамбучника курильского (*Sasa kurilensis*), погибшего вследствие перекрытия тефрой показывают, что эксплозивное извержение на о. Итуруп в районе перешейки Ветровой произошло около 2115–1995 лет назад [29].

Голоценовые отложения включают мариний, эолий, лимний и палюстрий. Они подразделены на нижне-среднюю и верхнюю части голоцена на основе имеющихся радиоуглеродных датировок [49] и в соответствии с постановлением Исполкома Международного союза геологических наук 2018 г., разделившего голоцен на 3 яруса с нижними границами 4250 лет, 8236 лет и 11700 лет соответственно.

Голоценовые нерасчленённые образования представляют собой рыхлые осадки различных генетических типов, расчленение которых невозможно из-за отсутствия стратиграфических критериев. К ним относятся образования склонового и водного рядов.



Рисунок 1.4.2 – Переслаивание белых пемзосодержащих пород роковской свиты.

Ветровой перешеек, о. Итуруп [Фото Семилеткина С.А.]

Голоцен (Qн)

Подводя итог: район исследования расположен в пределах Курильской островной дуги, которая представляет собой сложный геологический объект. Острова Кунашир и Итуруп расположены в южной части Курильского архипелага и сложены стратифицированными породами неогена и квартера, которые прорваны комагматическими и субвулканическими и интрузивными образованиями.

В свете изложенных сведений и существующих на сегодняшний день нерешенных проблем, **цель** настоящей работы может быть сформулирована следующим образом: реконструкция тектоно-магматической эволюции южного сегмента Большой Курильской гряды (острова Кунашир и Итуруп) с установлением связи со структурными элементами и закономерностей изменения состава рудных формаций в ходе геологического развития Южных Курил.

В связи с этим представляется необходимым решить следующие **задачи**:

1. Уточнить методику картирования разрывных нарушений Южных Курил на основе интегрального анализа данных геологических съемок, результатов обработки и интерпретации комплекса геофизических работ и данных дистанционного зондирования (ДДЗ);
2. Уточнить схему разрывных нарушений Южных Курил, обосновать их пространственные взаимоотношения, морфокинематический тип и относительный возраст заложения;

3. Выявить особенности петрохимического и микроэлементного состава магматических образований Южных Курил, обосновать их формационную принадлежность и геологический возраст;

4. Обосновать этапы тектоно-магматической эволюции и стадии магматизма островов Южных Курил;

5. Изучить связь со структурными элементами геологического строения и закономерности изменения состава золото-серебряного оруденения Южных Курил в ходе их тектоно-магматической эволюции.

ГЛАВА 2 ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И МЕТОДИКА ВЫДЕЛЕНИЯ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ ОСТРОВОВ КУНАШИР И ИТУРУП

Знания о разрывных нарушениях региона играют важную роль при изучении его геодинамических обстановок формирования структур региона и его тектонической эволюции. Изучение времени заложения и классификации тектонических дислокаций региона даёт представление о характере распределения тектонических напряжений в его пределах [151]. Это важный фактор для понимания причин и прогноза землетрясений [110]. Кроме этого, к областям развития разрывных нарушений на южных островах Курильского архипелага приурочены зоны гидротермально-метасоматических изменений, вмещающие все медные, свинцово-цинковые и золото-серебряные проявления. С зонами разрывных нарушений и интенсивной трещиноватости связаны выходы источников минеральных и термальных вод. Спорным остается вопрос о взаимном распределении дизъюнктивных структур и современных вулканических построек [132, 134].

Для целостного понимания проблемы и подбора актуальной для ее решения методики стоит начать с истории изучения разрывных нарушений южных Курильских островов и современных представлений об особенностях их тектонического строения.

2.1 Основные виды дизъюнктивных структур островов Кунашир и Итуруп

Выделяется два основных этапа изучения тектонических нарушений Южных Курил, которые, в первую очередь, связаны с изданием первого и второго поколений Государственных геологических карт масштаба 1:200 000. В ходе этих долговременных геологических исследований постоянно пересматривались кинематика, распределение, возраст заложения дизъюнктивных структур и предлагались различные варианты их классификации [86].

XX век

Первой опубликованной работой, в которой обсуждались разрывные нарушения островов Кунашир и Итуруп, стала ГГК-1000/1 по листам L-55, K-55 [47]. Согласно ей, на исследуемой территории закартированы лишь два разрывных нарушения на п-ове Ловцова (Северо-Восточная оконечность острова Кунашир) (Рисунок 1.1.1).

С увеличением масштаба и детальности геологических исследований росло и количество выявляемых дизъюнктивных структур. В первом издании геологической карты м-ба 1:200 000 [78] западнее о. Кунашир (K-55-II) зарегистрирован разлом, который проходит через Кунаширский пролив и отделяет остров от о. Хоккайдо. Охотоморское и Тихоокеанское побережья о. Кунашир разбиты серией тектонических нарушений. Выделяется два главных типа разрывных нарушений: сбросы и трещины скола, выполненные дайками. Ориентировка простираения дислокаций самая разнообразная. Однако наиболее крупные разломы имеют северо-

восточное простирание. В ходе полевых работ авторами карты зафиксировано наличие крупного тектонического нарушения, проходящего от м. Знаменка до подножия влк. Головнина вдоль охотоморского побережья (Рисунок 2.1.1-1) и др. Выделены кольцевые разломы четвертичного возраста на постройках вулканов Менделеева и Головнина, связанные с образованием кальдер. С горячим источником увязывается расположение радиальных разломов. Амплитуда описанных нарушений не была выявлена. Заложение разломов авторы связывают с наступлением различных фаз складчатости, которые дислоцировали и усложняли структуру острова.

В средней части о. Кунашир авторы листа L-55-XXXII [79] отмечают серию северо-восточных и субширотных тектонических разрывных нарушений, которые наблюдаются вдоль охотоморского побережья острова (Рисунок 2.1.1-2). В зонах дробления породы окварцованы и сульфидизированы. Ширина брекчированных зон достигает 50 м при крутых падениях плоскости сбрасывателя (до 80°).

Авторами листа L-55-XXXIII масштаба 1:200 000 [80] предполагается различный возраст тектонических нарушений, большинство крупных разломов считаются «живущими» и представляют собой подводящие каналы для гидротермальных растворов. Заложение разломов северо-восточного простирания связывается с проявлением среднемиоценовой фазы складчатости. Плиоценовые отложения, по мнению авторов, были дислоцированы сахалинской фазой складчатости. В объяснительной записке к листу L-55-XXXIII впервые говорится о существовании крупного сдвигового нарушения между островами Кунашир и Итуруп, которое обуславливает кулисообразное расположение этих островов. В районе г. Руруй и вдоль Охотского побережья выделяются значительные тектонические нарушения типа сбросов, секущие покровы раннечетвертичных эффузивов (Рисунок 2.1.1-3), на местности такие сбросы выражаются почти отвесными обрывами высотой 100 м. Картируются кольцевые разломы четвертичного возраста на постройках вулканов Тятя, Берутарубе и Львиная пасть.

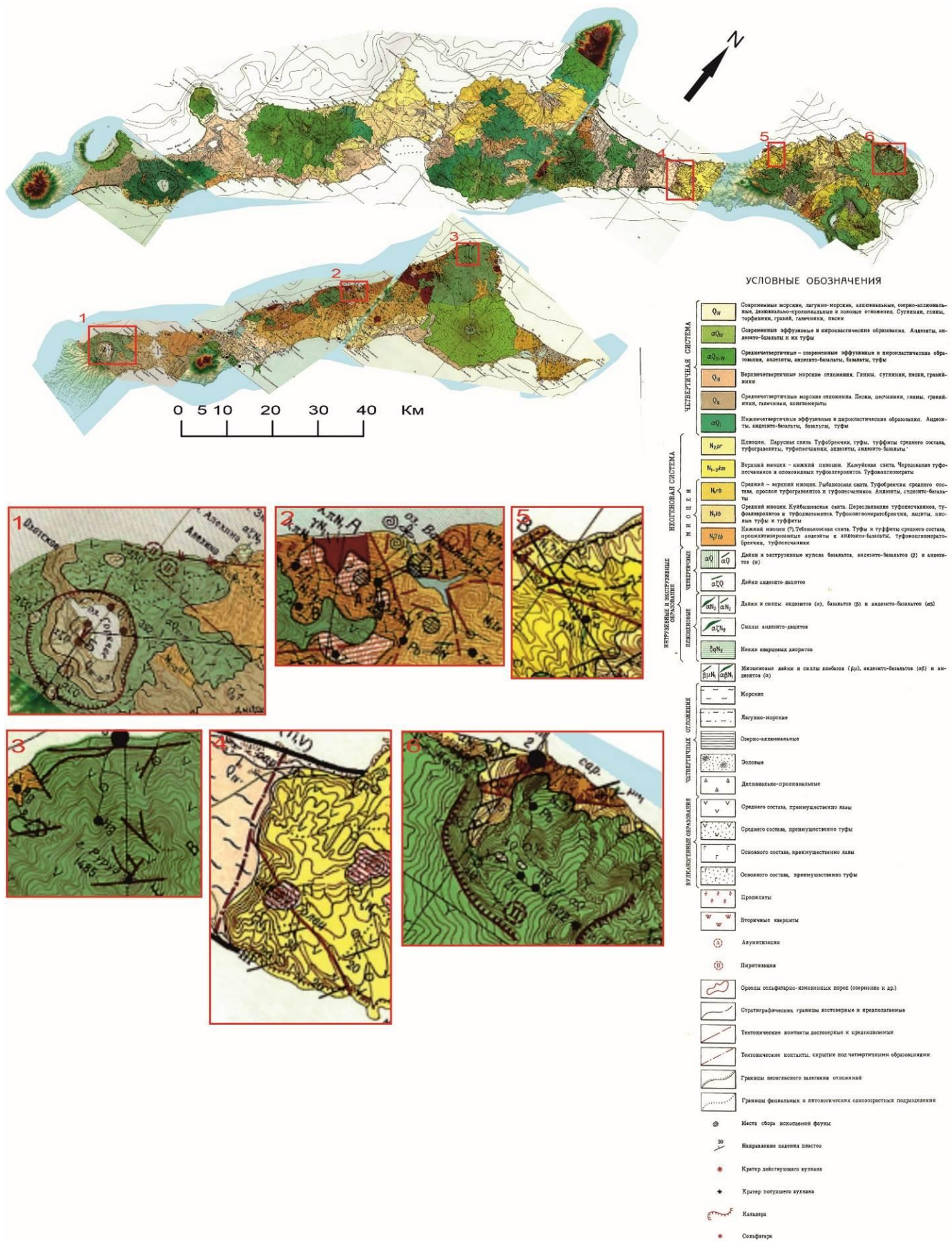


Рисунок 2.1.1 – Схемы островов Кунашир и Итуруп, составленные из листов ГГК-200/1 (масштаб схем 1:1 000 000, врезок 1:250 000) [78, 79, 80]

Иную картину распределения тектонических нарушений на территории островов приводят в своих тематических работах К.Ф. Сергеев и М.И. Стрельцов [132, 134]. Авторами также отмечаются две основные группы разломов, которые подразделяются на продольные и поперечные по отношению к простиранию осевой линии Большой Курильской гряды. К.Ф. Сергеев с крупными продольными разломами на островах (Рисунок 2.1.2) связывает «...все сколько-нибудь значительные медноколчеданные и свинцово-цинковые рудопоявления и основную массу термальных источников. Эти же зоны контролируют и пространственное размещение интрузивных тел урупского комплекса (ранне-среднемиоценовых интрузий на острова Парамушир, Уруп и Кунашир)²». При этом, по мнению автора, продольные разломы чаще всего представляют собой системы сопряженных разрывных нарушений сбросо- и взбросо-сдвигового характера. Вопрос о времени их заложения автор оставляет открытым, но предполагает существование данных структур уже в конце раннемиоценового времени. Среди поперечных разломов, в свою очередь, он отмечает дизъюнктивные структуры сбросовой, сбросо-сдвиговой кинематики³, которые ограничивают молодые грабены, выполненные рыхлыми четвертичными отложениями. Возраст поперечных разломов различен. Часть из них, несомненно, существовала еще в раннем миоцене, тогда как многие другие возникли гораздо позднее и нередко проявляют свою активность даже в четвертичное время [131].

В дальнейшем К.Ф. Сергеевым, опиравшимся на ориентировку отдельных островов и вулканов Большекурильской зоны, будет высказано предположение о наличии главного магмоподводящего разлома внутренней вулканической дуги, который оперяется более мелкими кулисообразно расположенными друг относительно друга структурами, с которыми связаны очаги, питающие вулканы. Движениями по этим разломам, большинство из которых является сбросами, определяется блоковое строение Курильской дуги [33].

Авторы второго издания геологической карты, масштаба 1:1 000 000 (К-55, L-54(55)) [48] подтверждают наличие крупного Екатерининского разлома, проходящего через пролив между островами Кунашир и Итуруп. Отмечается глубинная природа тектонического нарушения, связанная с разрывом и смещением глубинных границ в земной коре между островами.

² Сейчас данные интрузивные образования в южной части о. Уруп принято относить к прасоловскому плагиогранит-диоритовому комплексу

³ Возможно, что, согласно существующей классификации, подразумевались сдвиго-сбросы

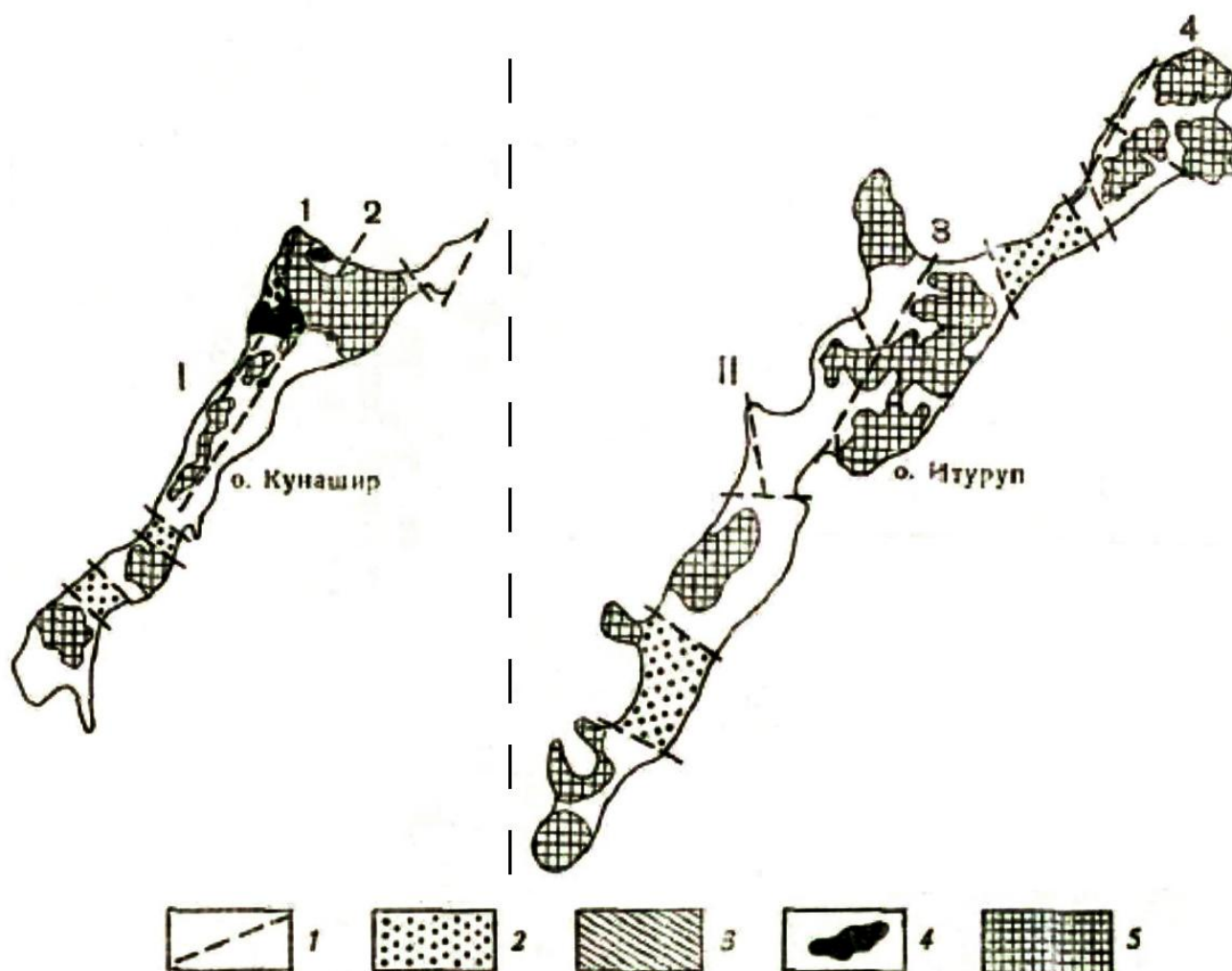


Рисунок 2.1.2 – Схема тектонических нарушений островов Кунашир и Итуруп: 1 – важнейшие разломы; поперечные грабены; 2 – выполненные четвертичными отложениями; 3 – выполненные неогеновыми отложениями; 4 – интрузивные тела формации кварцевых диоритов; 5 – современные вулканические постройки [132]

XXI век

Современные представления о тектонических дислокациях района исследований приведены во втором издании ГГК по листам L-55 с клапаном (К-55-II), м-ба 1:200 000 (Рисунок 2.1.3, Рисунок 2.1.4) [49]. В объяснительной записке к карте авторами выделяются Западный и Восточный сбросы – главные продольные разломы, разграничивающие структуры первого порядка – Большемурильское поднятие от Курильской котловины и Срединно-Курильского прогиба соответственно. Данные разрывные нарушения проявлены как системы круто наклоненных сближенных параллельных сбросов, сбросо-сдвигов, имеющих северо-западное (Западный сброс) и юго-восточное (Восточный сброс) падения.

Непосредственно для Большемурильского поднятия коллективом авторов геологической карты во главе с П.Ю. Ковтуновичем предполагается сложная блоковая структура: приподнятые

блоки представляют собой острова и полуострова (горсты островных блоков - Итурупский, Кунаширский и Сиретокский); опущенные блоки (Екатерины, Немуро) морфологически выражены проливами. Считается, что грабенообразные структуры располагаются кулисообразно относительно друг друга и отмечаются только на южном окончании Большекурильского поднятия. Эти структуры возникли, по-видимому, вследствие левосторонних сбросо-сдвиговых перемещений по региональной продольной зоне, формирующей структуру островной дуги. Островные блоки (горсты), так же, как и грабены южной части Большекурильского поднятия, расположены относительно друг друга кулисообразно.

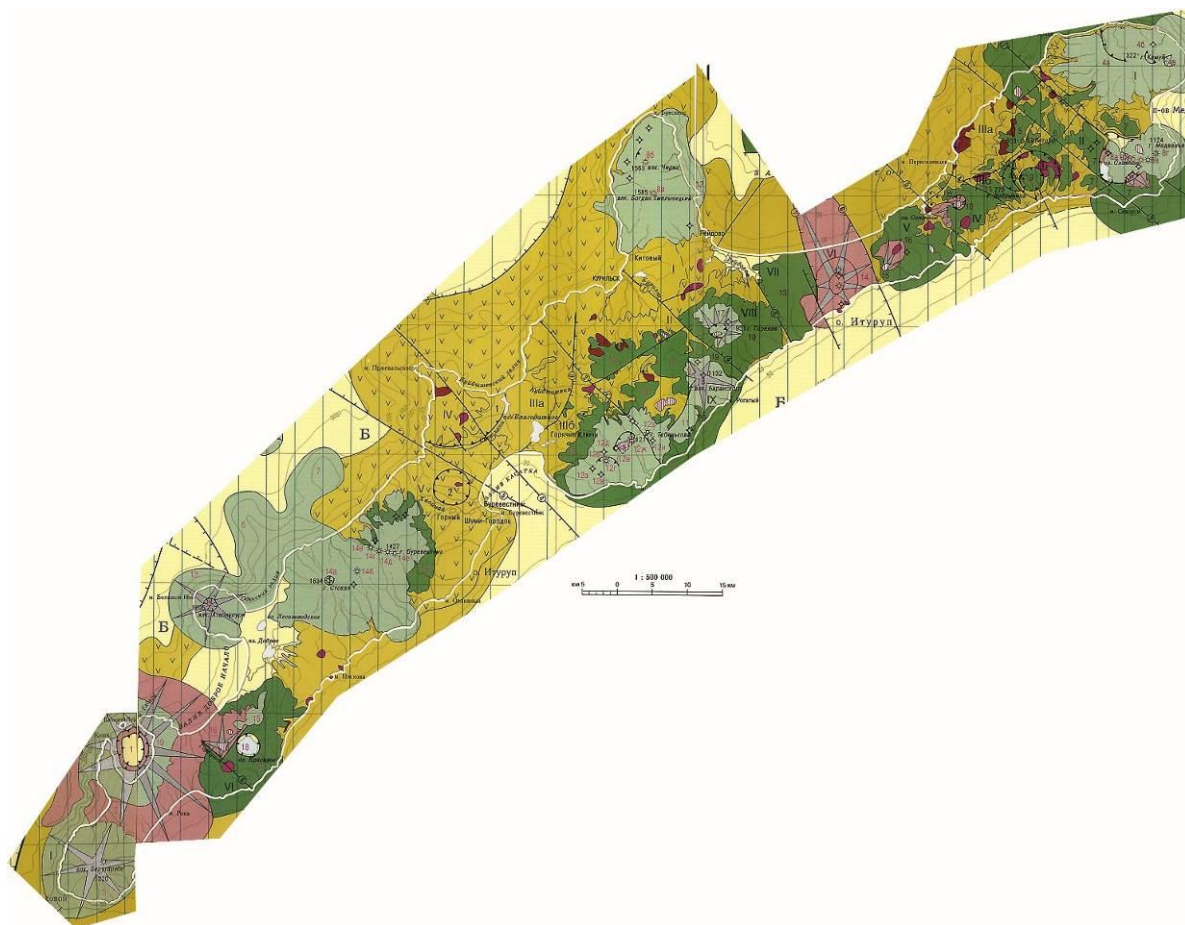


Рисунок 2.1.3 - Вулкано-тектоническая схема о. Итуруп (условные обозначения на
Рисунок 2.1.4) [модифицировано из 49]

Авторы полагают, что Кунаширский островной блок расчленен дизъюнктивными нарушениями, преимущественно поперечного простирания, на ряд более мелких блоков. Итурупский блок также разбит поперечными разломами (Рисунок 2.1.3, Рисунок 2.1.4).

Помимо блоков, выделяются вулканоструктуры неогенового и четвертичного возрастов, которые маркируются по материалам космоснимков и рельефу и ограничиваются кольцевыми сбросами. Кроме того, внутри вулканических структур наблюдается также отчетливая система радиальных разломов.

В большинстве случаев, разломы внутри островных структур (прочие) простираются в северо-восточном (вдоль дуги) и северо-западном (вкрест) направлениях. Нарушения субширотного и субмеридионального играют подчиненную роль. Также авторами зафиксировано несколько меньших по размеру разломов с неясной морфологией, которые, вероятно, представляют собой сбросы и сбросо-сдвиговые разломы.

Кроме того, фиксируются раздвиговые нарушения, к которым приурочены вулканические хребты линейно-гнездового типа. Они наиболее отчетливо дешифрируются на аэрофотоснимках цепочкой кратеров и экструзий на о. Итуруп (хр. Богатырь, хр. Грозный, хр. Медвежий, хр. Чирип). Эти раздвиги являются, по-видимому, оперяющимися разрывами более крупных сдвиговых (сбросо-сдвиговых) разломов поперечного и продольного простираний [49].

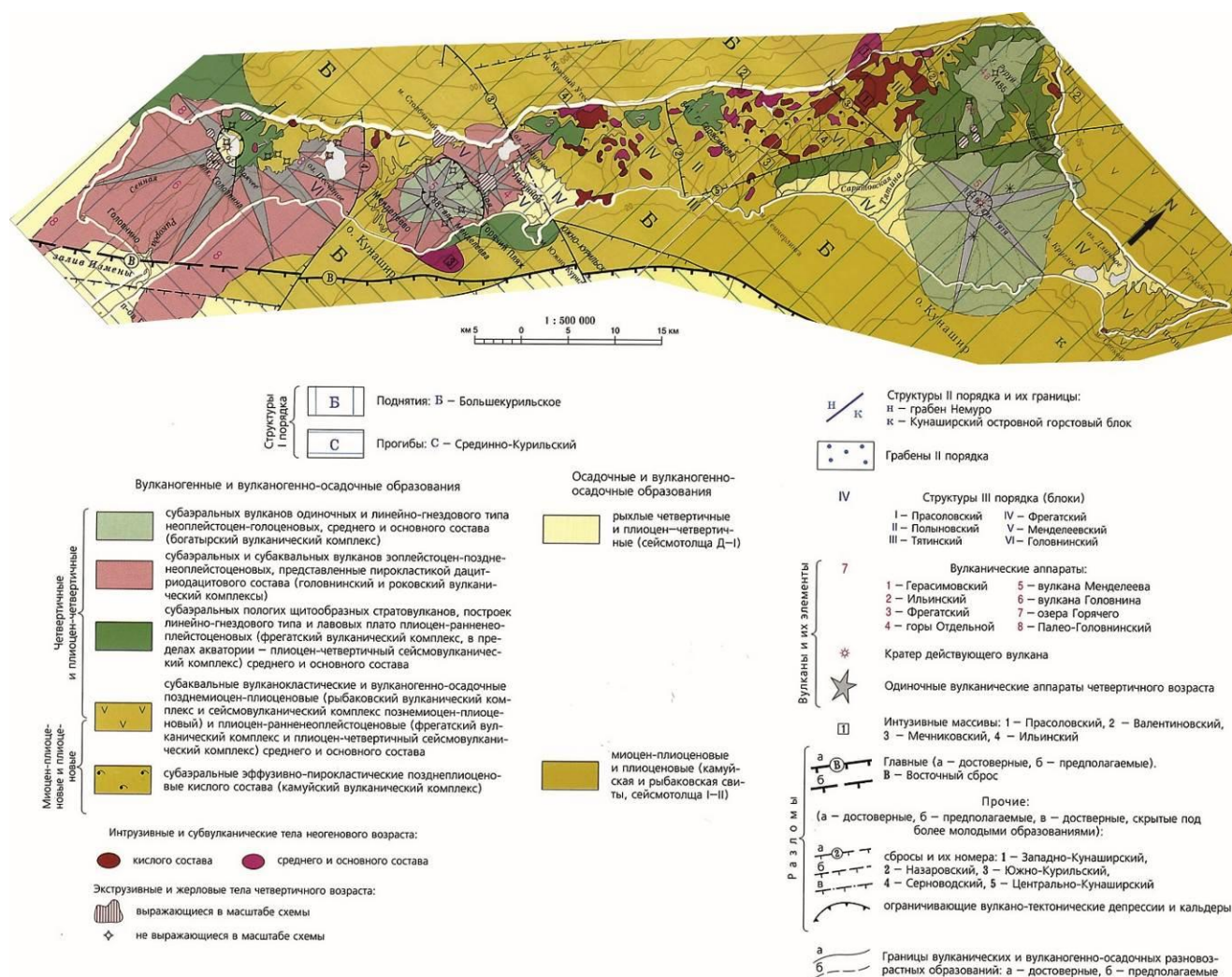


Рисунок 2.1.4 – Вулкано-тектоническая схема о. Кунашир [модифицировано из 49]

Практически на всей территории авторами выделены небольшие нарушения типа сколовых трещин и трещин раздвиг, по которым происходило внедрение даек, углы наклона плоскостей которых, как правило, крутые, близкие к вертикальным. Эти нарушения прямолинейные, разноориентированные, непротяженные.

Возраст разрывных нарушений различен. Многие разломы, по мнению авторов ГГК, были заложены в позднемеловое-палеогеновое время, когда закладывался общеструктурный план будущей островодужной системы. В период палеоцена-эоцена (?) отмечается интенсификация тектонической активности, приведшая к появлению многочисленных новых разрывных нарушений, повторяющих общий структурный план. Следующий этап тектонической активности, пришедшийся на средний и поздний миоцен (возможно начался еще в олигоцене и продолжился в раннем миоцене), способствовал образованию крупных разломов и формированию ключевых структур первого порядка, таких как Большекурильское поднятие, Курило-Камчатский желоб, Курильская котловина и Срединно-Курильский прогиб. С этим этапом в Большекурильском поднятии связано начало интенсивной вулканической активности, не прекратившейся доньше. В позднем миоцене многие разломы утратили свою активность, однако подновление движений и заложение новых нарушений того же структурного плана происходило и в четвертичный период. Тектоническая активность многих, как продольных, так и поперечных нарушений, не прекратилась до настоящего времени. Она фиксируется современными сейсмодислокациями, преимущественно левостороннего сбросово-сдвигового смещения [49].

К разрывным дислокациям авторы карты относят и формирование зон гидротермально-метасоматических изменений, несущих рудную минерализацию. Чаще их связывают с поперечными дислокациями, хотя отмечают и вдоль продольных разломов, что противоречит представлениям К.Ф. Сергеева. К зонам разрывных нарушений и интенсивной трещиноватости пород относят и выходы источников минеральных и термальных вод [49].

Стоит отметить работу В.М. Гранника, опубликованную уже после издания ГГК-200/2, в которой автор вновь говорит о взбросовой кинематике продольных разломов Большой Курильской гряды [52].

Из работ, изданных в последнее время, стоит отметить анализ современной глубинной сейсмотектоники о. Итуруп, выполненный Т.К. Злобиным и др. [110]. Согласно данному анализу, наиболее распространенными видами тектонических подвижек являются сбросы и взбросы. По площади тектонические подвижки распределены неравномерно. Тем не менее, рассматривая глубинный разрез гипоцентров землетрясений, авторы выделяют слои и блоки с разными преимущественными подвижками, разграниченные между собой разрывными нарушениями.

Таким образом, история изучения разрывных нарушений на островах Кунашир и Итуруп насчитывает около семи десятков лет. Первоначально тектонические нарушения были представлены только двумя разломами на полуострове Ловцова, однако дальнейшие исследования увеличили количество выявленных структур. Вопросы, связанные с классификацией, распределением, кинематикой, временем заложения разрывных нарушений

остаются дискуссионными. Тем не менее, эти вопросы имеют ключевое значение для понимания тектонической эволюции региона. Оценка магмоподводящей роли крупнейших разломов на исследуемой территории дает представления об особенностях размещения вулканических и плутонических тел Южных Курил и всей островной дуги в целом, начиная со времени их формирования. Рудоконтролирующая роль дизъюнктивных дислокаций может быть использована для прогноза оруденения на исследуемой территории. Именно поэтому важность анализа разрывных нарушений для написания данной работы трудно переоценить, и одна из задач посвящена изучению структурно-геологических особенностей строения территории исследования на основе типизации разломов, выявления их кинематики, масштаба и времени заложения.

Современные представления о тектонических нарушениях в районе исследований, основанные на данных XXI века, подтверждают наличие крупных продольных и поперечных разломов, таких как Екатерининский разлом. Эти структуры оказывают влияние на формирование островов и активность вулканов. Считается, что блоки, из которых состоят острова, разделены разломами, большинство из которых являются сбросами и сбросо-сдвигами. Также современные исследования указывают на продолжающуюся активность разломов, что подтверждается сейсмическими данными.

Несмотря на огромный объем работы, проделанный авторами ГГК-200/2 [51], в качестве главной причины тектонического развития территории, а, следовательно, и причины формирования разрывных нарушений, рассматривается «воздымание Большой Курильской гряды в ходе эволюции геосинклинального пояса». В связи с этим не до конца ясным остается время заложения разломов. Вызывает вопросы и доказательность наличия крупных «раздвиговых структур», приводящих к вулканизму «линейно-гнездового типа». В работе имеются внутренние противоречия: в тексте объяснительной записки утверждается о «преобладающей компоненте левостороннего сдвига в разломах Южных Курил»; на листах самой геологической карты показаны правые сдвиги (Рисунок 2.1.4). В приведенной авторами классификации разрывных дислокаций выделяются “главные” и “прочие” разломы. При этом количество «прочих разломов» на геологической карте в пределах островной суши крайне незначительно, в то время как в масштабе 1:200 000 по первичным данным картируется большое число дислокаций, что даже показано на карте фактического материала. Весьма спорной представляется классификация “прочих разломов”, которая опирается на их простираие и не учитывает их протяженность, наличие оперяющих дислокаций и ширину ареала их развития.

2.2 Методика изучения разрывных нарушений

Для изучения тектонической эволюции региона необходимо уточнить особенности дизъюнктивной сети региона. При классификации выделенных структур автор основывался на

их масштабе, кинематике, времени заложения. Это позволяет установить время и обстановки формирования разрывных нарушений и выделить основные этапы эволюции. Оптимальным методом для идентификации дислокаций являются крупномасштабные геологические наблюдения. Однако удаленность, труднодоступность и сложная проходимость территории островов не позволяет покрыть всю их площадь геологическими маршрутами. Более того, в ходе прямых наблюдений не всегда представляется возможным фиксация наиболее крупных структур, так как восприятие ограничено обзором наблюдателя. В связи с этим, оптимальным представляется использование данных дистанционного зондирования (ДДЗ). Методика, основанная на идентификации разрывных нарушений с использованием ДДЗ, получила широкое применение в отечественных и зарубежных исследованиях в последние годы [68, 124, 151, 161]. В некоторых исследованиях схемы дешифрирования ДДЗ дополняются геофизическими данными [7, 8, 55, 153].

В рамках данной работы классический набор данных дополняется собственными полевыми наблюдениями, а также большим объемом фондовых источников, включающих в себя различные крупномасштабные карты и схемы, разрезы по скважинам, наблюдения предшественников, зарисовки и другие источники первичной геологической информации. Это, в свою очередь, позволяет усовершенствовать существующую методику и улучшить качество полученных результатов.

При проведении данного исследования применен комплексный метод, основанный на анализе различной геолого-геофизической информации. Для анализа и моделирования распределения разрывных нарушений в данном исследовании применяется интегрированный подход, который включает тщательный картографический анализ и обработку разнообразных картографических данных. В этот процесс вовлечены геологические карты различных масштабов, тектонические схемы, карты потенциальных полей различных масштабов, а также спутниковые снимки «*Sentinel-1*» и «*Sentinel-2*». Кроме того, учитываются данные о землетрясениях и многочисленные фондовые материалы геологосъемочных работ, что позволяет получить объективное представление о геологической структуре и эволюции исследуемой территории [55, 87, 88].

Ввиду разнообразия масштабов и условных обозначений задействованных картографических материалов требуется разносторонняя подготовка к их дальнейшей интерпретации, в частности, унификация и визуализация всего набора данных в сопоставимой образно-знаковой форме [9]. Для этого применяются как автоматизированные методы с использованием географических информационных систем (ГИС), так и ручные приемы картографирования, включая масштабирование, линеаментный анализ и сопоставление полученных результатов между собой. Для упрощения этого процесса широко применяются

различные программные обеспечения, такие как векторные редакторы *Corel Draw*, *Adobe Photoshop* и аналогичные инструменты, что значительно облегчает выполнение работы.

В качестве одного из источников информации рассматривались тектонические схемы, построенные К.Ф. Сергеевым, М.И. Стрельцовым, а также графические материалы, содержащиеся в фондовых отчетах по Государственным геологическим картам и работам более крупных масштабов (поисково-оценочным, разведывательным и др.). Для построений также привлекались опубликованные в статьях тектонические схемы и модели других авторов [28, 30, 108, 132, 134, 169 и др.], в том числе по соседним островам [34] и прилегающей акватории [94] для изучения региональных структур и тектонических напряжений.

Несмотря на то, что опорные геофизические профили «2-ДВ-М» и «1-Ом» не пересекают район объекта исследований (Рисунок 2.2.1), следует отметить их высокую информативность для понимания глубинного строения Большой Курильской гряды и восточной части Охотского моря, в частности уточнения параметров разломов фундамента.

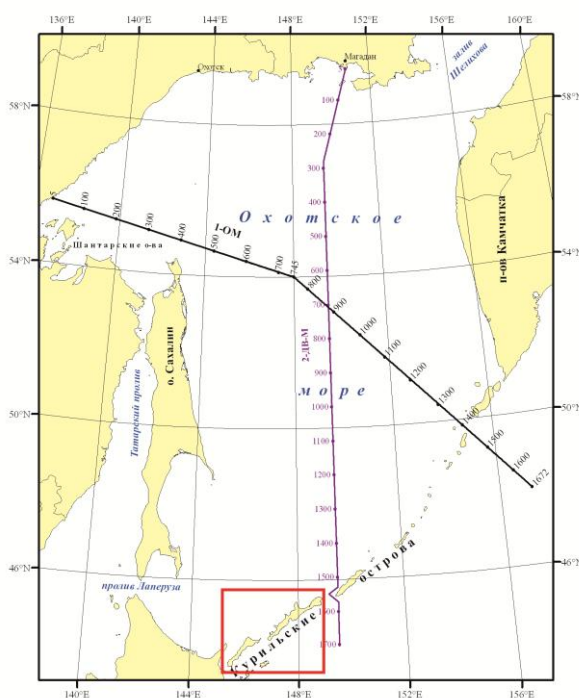


Рисунок 2.2.1 – Схема расположения опорных геофизических профилей 2ДВ-М, 1- Ом [40]. Красной рамкой обозначена территория исследования

Полученные на основе картографического анализа собранного фактического материала количественные и качественные характеристики разломов явились основой для формирования детализации комплексных моделей и схем. Завершением первой стадии исследования стали подготовленные для дальнейших картографических операций интегральные схемы и статистические модели. Дальнейшие операции обработки фактического материала имеют строгую упорядоченность и последовательность, что обеспечивает корректность операций

интерпретационной стадии исследований [7].

Основным интерпретационным элементом при дешифрировании космических снимков (КС) и линеamentного анализа карт аномальных геофизических полей является линеament – спрямленные системно-упорядоченные элементы снимков и полей, отвечающие линейным особенностям рельефа земной поверхности и физическим неоднородностям глубинных недр – (элементы разрывных и пликативных дислокаций), границам между геологическими телами, зонам разрывных нарушений, зонам повышенной трещиноватости и т.п. [92, 171]. Существуют различные взгляды на природу линеamentов [97, 136]. Так, например, П.С. Воронов [27] рассматривает их в качестве глобальных планетарных структур. Он предполагает распределение линеamentов по шести направлениям: 270° , 305° , 325° , 360° , 25° , 55° , формирование которых связано с: «миллиардами меридионально направленных тангенциальных сжатий и растяжений за счет короткопериодических и скачкообразных изменений скорости вращения Земли, а также приливных деформаций ее фигуры». Схожих представлений о планетарном масштабе линеamentов придерживается В.М. Анохин [10, 11].

В рамках данного диссертационного исследования под этим многозначным понятием понимаются прямолинейные вытянутые участки КС или карт потенциальных полей, соответствующие границам между участками различного фототона ДДЗ или аномалиям и градиентным зонам карт потенциальных полей. Обычно разломы, а также зоны дробления и трещиноватости маркируются группированием однонаправленных линеamentов, построенных по разным полям или КС. В отдельных случаях они могут указывать на перегибы флексур и замки линейных складок, поскольку эти участки пликативных структур отличаются усиленной трещиноватостью [106]. Часто линеamentы обнаруживаются в упорядоченности форм эрозионного рельефа, что позволяет интерпретировать их как ослабленные или проницаемые зоны [14]. Пространственное распределение, а также плотность линеamentов на единицу площади являются ключевыми факторами для выделения высокопроницаемых (наиболее трещиноватых) зон [136].

Дешифрирование данных дистанционного зондирования

Как было сказано ранее, на первом этапе исследования производится дешифрирование предварительно обработанных космических снимков. Согласно существующей методике [160, 161], оптимальными для автоматического дешифрирования с целью идентификации разрывных нарушений являются КС *Sentinel-2* (использовались снимки с разрешением 10 м в ближнем инфракрасном диапазоне) и *Sentinel-1* (радиолокационные снимки с двойной поляризацией: VV – горизонтальный прием и VV – вертикальный прием). Эти снимки получены с сервиса свободного доступа *EarthExplorer* службы геологической съемки США и сервиса *Sentinel Playground* от *Sentinel Hub*. В ходе дешифрирования автором применялось два

взаимодополняющих подхода: автоматический и ручной (визуальный). Две начальные операции технологической цепочки, отображенной на Рисунке 2.2.2., выполняются в автоматическом режиме; две заключительные – в мануальном режиме.



Рисунок 2.2.2 – Схема дешифрирования материалов дистанционного зондирования [55]

Автоматическое трассирование линеаментов производится с использованием двух последовательных операций. Первая операция – распознавание границ, отвечающих резким изменениям параметров на смежных участках полей или снимков; второй операцией является проведение линеаментов. Эти операции осуществляются с помощью алгоритма LINE программного обеспечения PCI Geomatica, который является широко используемым модулем для автоматического построения линеаментов. Ключевыми достоинствами алгоритмов автоматического выделения линеаментов являются их быстрота и доступность. Важно подчеркнуть, что вместе с преимуществами эти методы не позволяют выполнить ранжирование линеаментов [55]. Основным продуктом этих операций являются схемы линеаментов (Рисунок 2.2.3), которые вовлекаются в дальнейшие интерпретационные построения с использованием мануального режима оперирования разнородной информации. Автоматизированные способы линеаментного анализа в общем случае не различают природу границ между разными фототонами, выделяет в качестве линеаментов береговые линии, облака, границы растров и прочие “артефакты”, не имеющие никакого отношения к зонам тектонической деструкции земной коры.

Заключительными операциями обработки (см. Рисунок 2.2.2) является фильтрация выявленных линеаментов в ручном режиме с использованием ПО ArcGIS. Здесь также производится отбраковка структурных единиц, которые подтверждаются только одним информационным слоем и/или распределение которых кардинально отличается от общей картины. Для того чтобы редуцировать огромное число выявленных структур, применяется операция ранжирования, основная задача которой направлена на группирование линеаментов по определенным признакам (длина, контрастность проявления на КС) [87, 88]. После этого формируется база данных линеаментов, в которой отражены их географические координаты, длина, кинематика и ранг [130]⁴.

Для уточнения положения проницаемых зон верхней части земной коры необходимо

⁴ На программный код, по которому составлена структура и осуществляется работа базы данных, получено свидетельство о государственной регистрации (Приложение Е).

провести комплексный анализ схем линеаментов. Обобщение результатов ориентировки выявленных линеаментов выполнено в форме розы- диаграммы с использованием модуля ПО *ArcGIS «Polar Plots by Jennes Enterprises»*⁵.

На данном этапе исследования производится построение схемы плотности пространственного расположения линеаментов, что обеспечивает изучение закономерностей распределения зон деструкции земной коры с использованием встроенного инструмента «*Line Density*» программного пакета *ArcGIS*. Инструмент «плотность линий» (*Line Density*) вычисляет плотность линейных объектов в окрестности каждой ячейки выходного растра. Плотность вычисляется в единицах длины на единицу площади.



Рисунок 2.2.3 – Схема линеаментного анализа КС острова Итуруп, построенная в автоматизированном режиме с использованием алгоритма LINE [построено автором в ПО «РСІ Geomatica»]. Бордовыми линиями обозначены автоматически выделенные линеаменты

⁵ http://www.jennessent.com/arcgis/arcgis_extensions.htm

Интерпретация карт аномальных геофизических полей

Начальные операции цикла обработки геофизических полей и их трансформант выполняются в мануальном режиме. Этот способ дешифрирования был ориентирован на выделение таких характерных особенностей полей, как градиентные зоны, изменение простираний аномалий и т.д. В качестве фактического материала использовались геофизические основы ГГК-1000/3 (карты аномальных магнитного и гравитационного полей и их различных трансформант) [графические приложения к 198]. Для идентификации разрывных нарушений наиболее информативными источниками оказались карты горизонтального градиента аномального магнитного поля и локальная составляющая гравитационного поля (Рисунок 2.2.4).

Трудность интерпретации магнитного поля заключается в дипольной структуре аномальных источников и необходимости учета элементов магнитного поля (склонения, наклонения и естественного поля Земли) для конкретного региона [188]. Таким образом, области максимумов могут быть расположены не над самими объектами, а быть смещенными на некоторое расстояние. Тем не менее, оси положительных аномалий на карте горизонтальной составляющей градиента магнитного поля соответствуют границам сред с различной намагниченностью (тектонических блоков, геологических подразделений, зон повышенной трещиноватости и т.д.), а резкое изменение характера их простирания может быть использовано для оценки горизонтального смещения этих блоков.

На карте аномального гравитационного поля возможно выявление структур, сложенных породами с высоким удельным весом. В то же время сильные различия в мощности и составе земной коры для крупнейших структур региона (Большекурильского поднятия, Курильской котловины, Срединно-Курильского прогиба) отражаются на характере гравитационного поля и искажают характер проявления разрывных структур. Поэтому для идентификации разрывных нарушений наиболее информативной оказалась карта локальной составляющей, которая позволила на островах и в прибрежной акватории, выделить аномалии, маркирующие тектонические блоки, плутонические тела, вулканические хребты, постройки одиночных вулканов и др. Градиентные зоны соответствуют их границам и могут рассматриваться в качестве «потенциальных» маркеров разрывных нарушений; при этом амплитуда смещения аномалий на карте позволяет оценить величину горизонтального смещения выделенных дизъюнктивных структур.

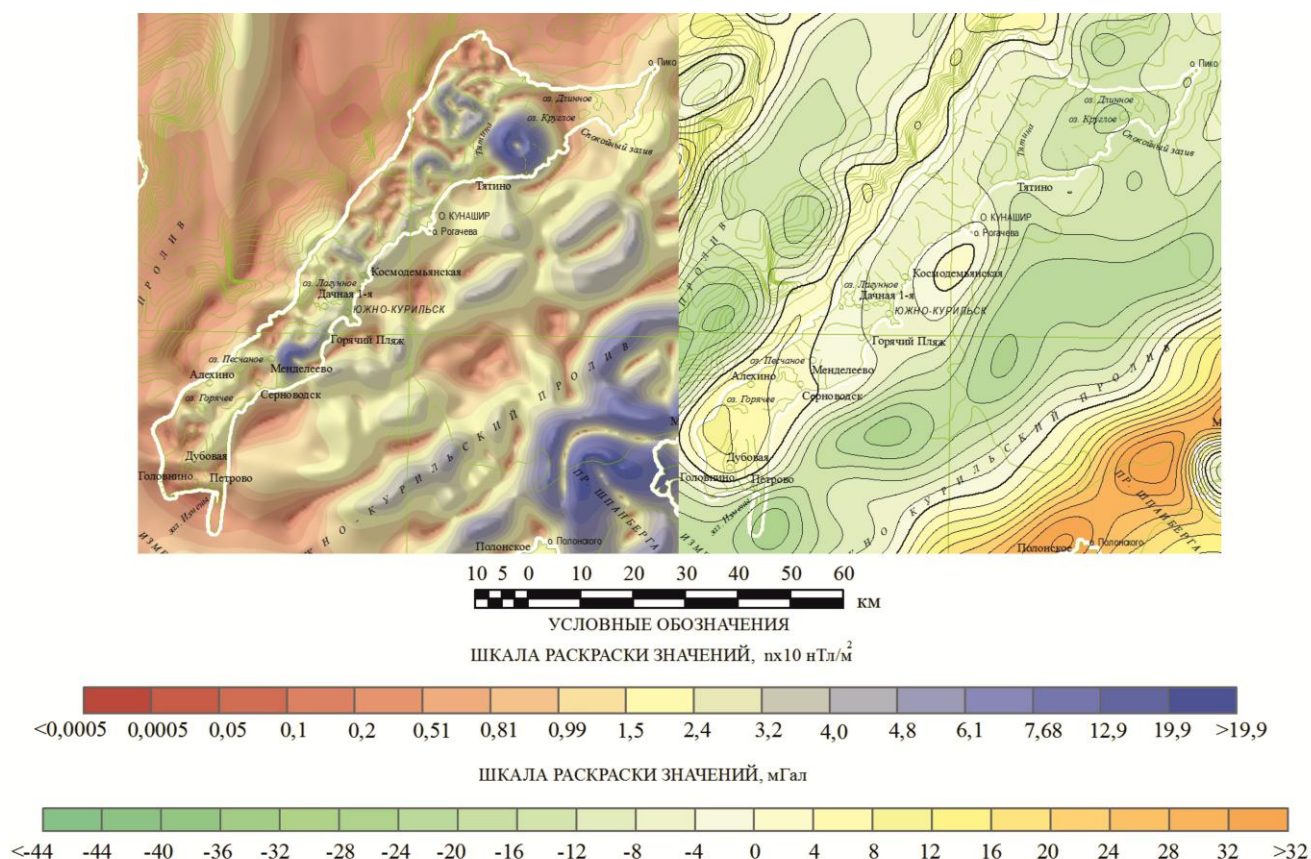


Рисунок 2.2.4 – Карты аномальных геофизических полей. Слева: горизонтальная составляющая градиента магнитного поля. Справа: локальная составляющая аномального гравитационного поля [графические приложения к 198]

Полевые работы

В рамках исследования для решения основных задач на территории Южных Курил автором в период с 2019 по 2020 гг. было пройдено более 120 пог. км. (80 км в масштабе 1:200 000; 40 км в масштабе 1:50 000) наземных геологических маршрутов с различными видами опробования (отбор геологических образцов; сколков горных пород для изготовления петрографических шлифов; сколков пород, содержащих рудную минерализацию, для изготовления аншлифов; штучных проб для проведения анализа на породообразующие и микроэлементы; проб повышенной массы для определения их абсолютного возраста). Для изучения дизъюнктивных структур в ходе геологических маршрутов, помимо фиксации прямых признаков разрывных нарушений (сетей трещиноватости, зон брекчирования и катаклаза и др.), фиксировались также косвенные признаки разломов (геоморфологические, гидрогеологические и др.) [70]. Особенно это касалось наиболее крупных структур, выделение которых в ходе прямых геологических наблюдений затруднительно. В геологическом маршруте зачастую сложно оценить масштаб, кинематику и даже простирание главных разломов, так как они могут быть осложнены оперяющими структурами, задернованы и слабо проявлены при близком рассмотрении. Для этого в ходе полевых работ часть визуальных наблюдений производилась с

акватории (наблюдатель располагался на лодке); при этом активно применялась фото- и видеосъемка с использованием квадрокоптера *DJI Phantom 4*.

Для определения элементов залегания и морфологии разрывных нарушений особый упор делался на изучение параметров зеркал скольжения, трещин скалывания и отрыва. К сожалению, покрыть сеткой геологических маршрутов всю территорию исследований не представлялось возможным. Тем не менее, наиболее надежным информационным слоем для подтверждения разрывного нарушения, выявленного при помощи материалов дистанционного зондирования и карт аномальных геофизических полей, являются полевые наблюдения.

Для идентификации разрывных нарушений активно использовались фондовые и неопубликованные источники геологической и геофизической информации (Рисунок 2.2.5), привлекались первичные материалы, такие как полевые наблюдения предшественников (описания, зарисовки, замеры и др.), выполненные в ходе геологосъемочных работ при построении ГГК-200/1,2. Зачастую, в полевых дневниках авторами отмечались косвенные признаки тектонических нарушений, которые не входили в окончательные версии изданных геологических карт.

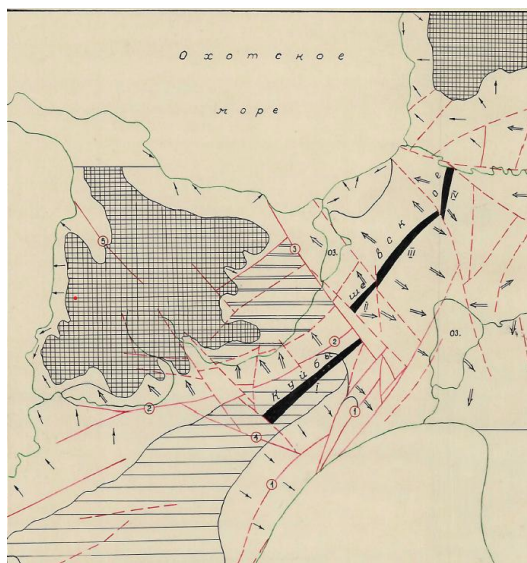


Рисунок 2.2.5 – Фрагмент тектонической схемы центральной части о. Итуруп [193] – один из примеров использованных неопубликованных источников геолого-геофизической информации

Построение схем разрывных нарушений

Интегрированный анализ фактических данных направлен на определение геологической природы структурно-вещественных неоднородностей земной коры, идентифицированных с помощью геофизических и дистанционных данных [153]. В этой фазе ключевую роль играет подтверждение достоверности линеаментных схем и тектонической природы линеаментов путем сопоставления их между собой (дешифрованных КС и проинтерпретированных карт

аномальных полей), с полевыми наблюдениями и другими информационными слоями (геологическими картами, тектоническими схемами, схемами дешифрирования других авторов, данными о современных тектонических подвижках и др.) (Рисунок 2.2.6). Интеграция построенных линеamentных схем с различными информационными слоями, включая данные геологического картирования, данные о распределении эпицентров землетрясений, карты фактического материала полевых наблюдений, осуществляется путем наложения на экране монитора в сопоставимой форме для удобства картографического анализа.

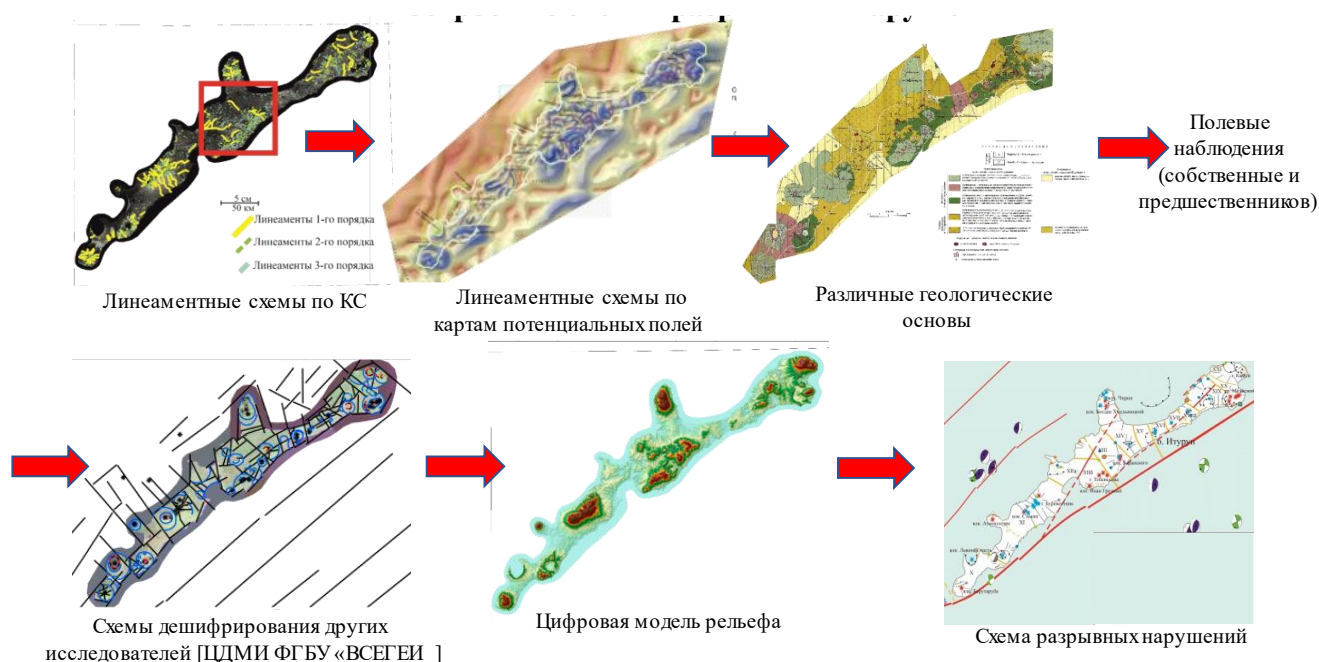


Рисунок 2.2.6 - Схема сопоставления информационных слоев для построения схемы разрывных нарушений на примере острова Итуруп [построено автором]

Для картирования главных сейсмически активных дислокаций задействованы материалы, взятые из БД «Землетрясения России». Параметры этих событий получены по результатам наблюдений региональных и локальных сейсмических сетей Геофизической службы (ГС) РАН и Геофизической службы Сибирского отделения (ГС СО) РАН, а также телесеизмической сети ГС РАН. Однако по этим данным было невозможно выполнить оценку кинематических параметров как отдельной тектонической дислокации, так и всей тектонической зоны. В связи с этим был привлечен каталог механизмов очагов землетрясений по данным Японского национального исследовательского института наук о Земле и предотвращения катастрофических явлений (*NIED – National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention*) (Таблица 2.2.1). Упор делался на изучение закономерностей локализации землетрясений, не входящих в сейсмофокальную зону, глубина которой в районе вулканического фронта Южных Курил составляет 105-110 км [4], при мощности коры в районе о. Итуруп 30-40 км [110], то есть на земную кору и часть верхней мантии.

Таблица 2.2.1 - Фрагмент сейсмического каталога NEID

Дата и время	Широта, град	Долгота, град	Простираие, град	Падение, град	Скольжение, град	Глубина гипоцентра, км	Магнитуда
2011/11/28 19:03:54.48	44.5092	147.1363	206	55	149	32	3.5
2011/11/29 15:31:52.54	43.4017	147.0265	233	69	-121	68	4.1
2011/11/30 21:05:56.65	44.3188	148.8148	285	89	122	23	4.0
2011/12/05 21:50:15.00	43.3992	146.9088	80	89	129	44	4.3
2011/12/14 01:50:29.20	43.6602	147.8100	37	69	89	23	4.3
2011/12/17 19:22:25.68	44.0853	148.2365	238	80	-130	50	3.7

Изучение параметров землетрясений позволило определить кинематические параметры сейсмических подвижек. Эти механизмы предоставляют информацию о пространственной ориентации основных напряжений, возможных плоскостях срыва и направлениях движения в очаге. Анализ проводится на основе данных о первых поступлениях сигналов от короткопериодных датчиков, размещенных на сейсмических станциях. Основные параметры, определяемые в ходе расчета фокальных механизмов очагов – это простираие (*strike*), падение (*dip*) и склонение (*rake*), служащие для описания характеристик нодальных плоскостей [7].

Для того, чтобы оценить амплитуду смещения по разломам, использовались схемы корреляции по структурно-поисковым и гидрогеологическим скважинам, пробуренным в пределах исследуемой территории (Рисунок 2.2.6).

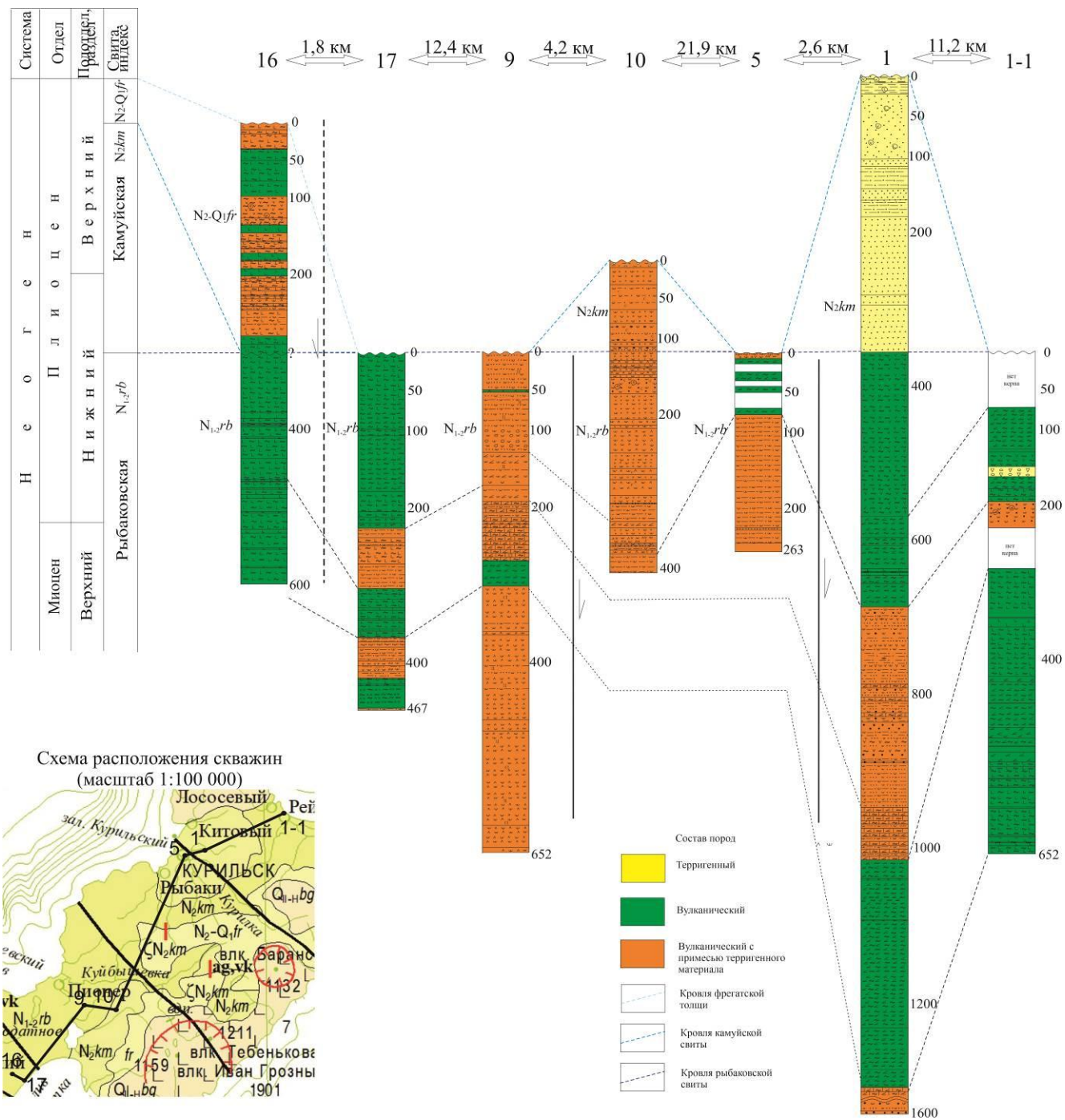


Рисунок 2.2.6 – Схема корреляции разрезов по скважинам в центральной части о. Итуруп
[построено автором по 109]

В таблице 2.2.2 представлен сокращенный фрагмент сопоставления различных корреляционных слоев. В зависимости от проявленности на различных информационных слоях ячейки окрашены в различные оттенки цветов, где наименее насыщенный оттенок соответствует наименее значимому критерию.

Таблица 2.2.2 – Сокращенный фрагмент сопоставления различных корреляционных слоев для идентификации дизъюнктивных структур на примере о. Кунашир [83]

	1 Централно-Кунаширский сброс	8 Серноводский сброс	...
КС S1	Слабо проявлен в ЮЗ части	Слабо проявлен	...
КС S2 (ранг)	Слабо проявлен в ЮЗ части (линеаменты 2, 3 рангов)	Явно проявлен (линеаменты 1 ранга)	...
Магнитное поле	Слабые фрагментированные аномалии	Слабая линейная аномалия	...
Гравитационное поле	-	-	...
Землетрясения	-	№ 5049 без тензора	...
Цифровая модель рельефа	Проявлен в СВ части	Надежно прослеживается по долине через весь остров	...
ГГК-200/2	+	+	...
Поле	(ТН 207025, 207026 и др.)	Отмечается в рельефе в ходе аэрогеологической съемки	...
Поле предшественники	ТН 5560-5562	ТН 8800-8804	...
Геологические карты схемы	[Ковтунович и др., 2002]	-	...
Порядок	1	2	...
Кинематика	Сброс	Сброс, сдвига (?) - сброс	...
Дополнительно	Юго-западный сегмент прослеживается слабо (предполагается). Для северо-восточного сегмента уточнено географическое положение по мощным зонам брекчирования в береговом обрыве	По ЦМР уточнено географическое положение (долина через весь остров). Возможно наличие опережающей структуры (по магнитке) и продолжения на акваторию	...

Примечание к таблице: ТН – точка наблюдения, S1, S2 -космический снимок миссий Sentinel – 1,2

Комплексная методика моделирования разрывных нарушений на южных островах БКГ предусматривает проведение следующих операций: формирование рабочего банка информации, состоящего из разнородных геолого-геофизических данных и материалов дистанционного зондирования, дешифрирование КС автоматическое, ручное, интерпретация карт потенциальных полей, корреляция полученных результатов между собой, с результатами полевых работ собственных и предшественников, тектоническими схемами и геологическими картами, в том числе, фондовыми, данными по опорным геофизическим профилям, анализ результатов структурно-параметрического бурения и распределения современных сейсмических подвижек.

Данная методика позволяет комплексно изучить дизъюнктивные структуры региона: выделить их, классифицировать, оценить кинематику и масштаб, причины формирования. Полученные данные несут важную информацию о тектоническом строении Южных Курил и истории их геологического развития.

ГЛАВА 3 ТИПИЗАЦИЯ, КИНЕМАТИКА И ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ ОСТРОВОВ КУНАШИР И ИТУРУП

3.1 Результаты исследования разрывных нарушений островов Кунашир и Итуруп

Дешифрирование КС

В процессе исследования было проведено изучение структурно-геологических особенностей Южных Курил на основе идентификации и типизации разрывных нарушений. В ходе реализации данных операций в работу был задействован рабочий банк данных, включающий разнотипные геолого-геофизические данные и ДДЗ.

Первоочередной задачей при проведении моделирования разрывных нарушений являлось выполнение линеamentного анализа (визуального и автоматического) карт потенциальных полей и трансформант к ним, а также материалов дистанционного зондирования [55].

Для уточнения положения зон деструкции верхней части земной коры по данным космических снимков были построены схемы линеamentных сетей островов Кунашир и Итуруп. На заключительной стадии построений в ручном режиме выполнена фильтрация линеamentов на основе сопоставления схем дешифрирования, построенных по разным источникам. Отбраковка структурных единиц выполнялась в случае выделения линеamenta только на одном информационном слое на фоне групп линеamentов, которые проявляются сразу несколькими источниками информации. Минимальная длина выявленных линеamentов составляет 200 м, это обусловлено масштабом построений (1:200 000). Ранжирование линеamentов выполнялось с учетом их контрастности проявления на КС и протяженности. По этим материалам можно выделить три ранга линеamentов, которые отмечены разными цветами (желтым – первый ранг, зеленым – второй ранг и синим – третий ранг) (Таблица 3.1.1).

Для того чтобы оценить закономерности ориентации трещиноватости, были построены розы-диаграммы для каждой ранга и отдельно по каждому острову (Рисунок 3.1.1). На территории островов Кунашир и Итуруп с использованием разработанной методики выявлено и подтверждено наличие 1167 и 2855 линеamentов соответственно (Таблица 3.1.1). Количество выявленных структур на о. Итуруп существенно превышает количество аналогичных структур на о. Кунашир. В первую очередь это обусловлено большей площадью первого (3187 км² против 1490 км²). Кроме того, на острове Итуруп более развит голоценовый вулканизм, к центрам которого зачастую приурочены зоны повышенной концентрации линеamentов.

Таблица 3.1.1 – Характеристика линеаментов южной группы островов Большой Курильской гряды

Ранг	О. Итуруп		О. Кунашир	
	Кол-во, шт.	Ср. длина, м.	Кол-во, шт.	Ср. длина, м.
1	108	3352	23	4192
2	739	1038	323	1302
3	2008	431	821	443
Всего	2855	–	1167	–

Анализируя Рисунок 3.1.1 и Таблицу 3.1.1, можно отметить элементы сходства в распределении линейных структур на территории островов. Исключение составляет распределение линеаментов первого ранга. Средняя длина данных структур на острове Кунашир больше, чем на острове Итуруп, при этом к данному рангу отнесены лишь 2% от общего количества линеаментов.

Сходство в распределении зон тектонической трещиноватости по островам подтверждается не только их длиной и количеством, но и направлением (Рисунок 3.1.1). Полученные данные свидетельствуют о том, что восток-северо-восточное простираие структур является доминирующим для зон деструкции на Южных Курилах. Объяснением преобладания такого направления может служить действие регионального тектонического напряжения. По сейсмическим данным, фокальным механизмам очагов землетрясений, характеру осадконакопления, морфологии вулканических построек в Курильской островной дуге преобладает обстановка сжатия [166, 182]. Согласно представлениям Г.П. Авдейко [4], угол между направлением движения Тихоокеанской плиты и простираием дуги в районе Южных Курил составляет 45° - 50° . Азимут простираия Курильской островной дуги меняется от 55° градусов в южной ее части до 30° в районе северных Курил. Если принять в качестве среднего значения 40° , то направление движения Тихоокеанской плиты в районе островов Кунашир и Итуруп будет составлять 350° - 355° . Азимуты смещения станций Курильской геодинимической сети за период 2007-2015 гг. приблизительно составляют 315° и 305° для островов Кунашир и Итуруп соответственно [120]. Несмотря на расхождение имеющихся данных, достоверно можно утверждать о наличии региональной компрессии в север-северо-западном направлении. Следовательно, выявленное преобладание восток-северо-восточного направления зон трещиноватости можно объяснить моделью образования ослабленных зон, ориентированных перпендикулярно оси сжатия [179]. На острове Парамушир, который находится в северной части Курильской островной дуги, отмечается северо-восточная ориентировка зон тектонической

трещиноватости [68], что можно объяснить непостоянством геодинамических параметров вдоль островной дуги [4].

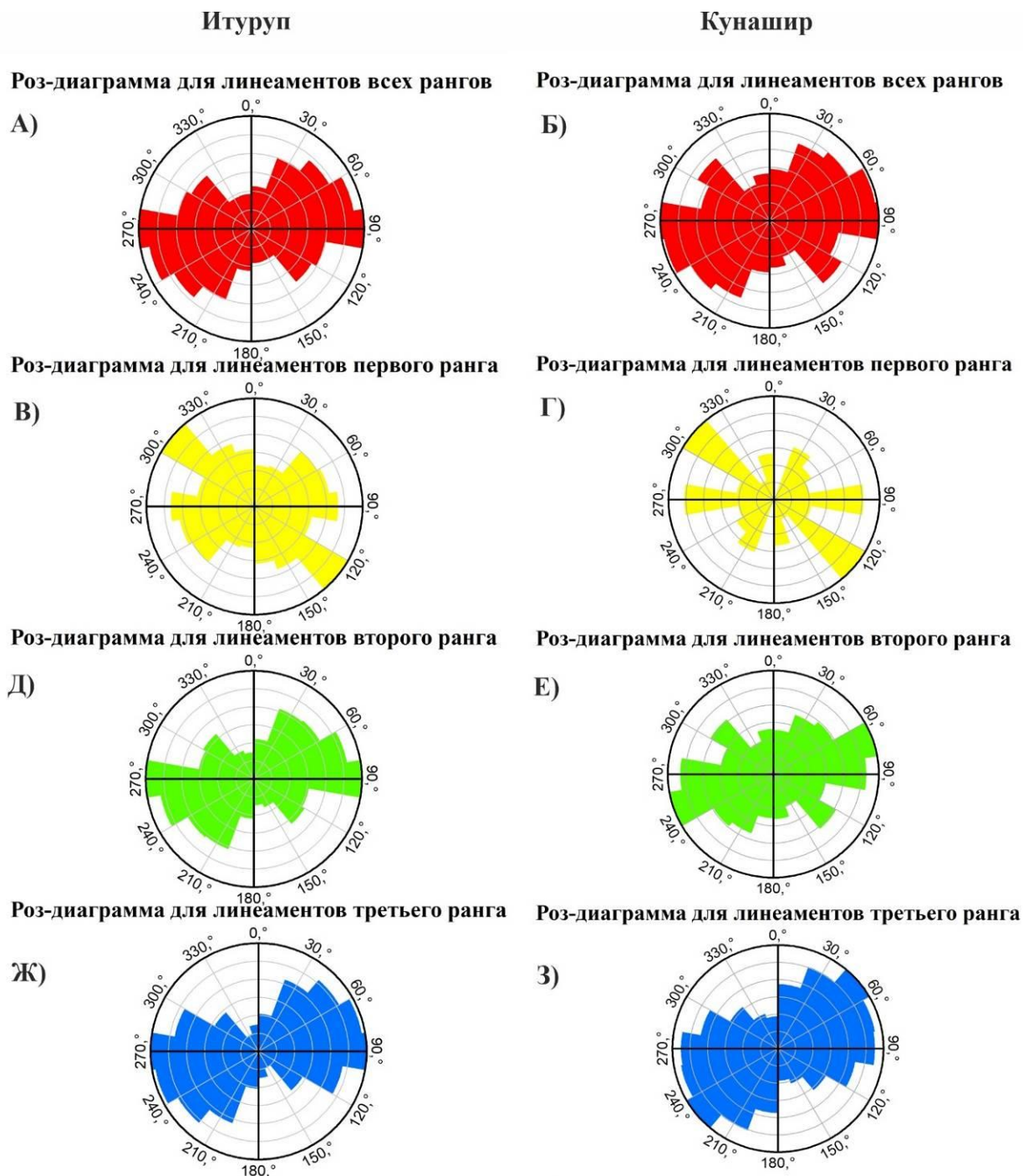


Рисунок 3.1.1 – Направление зон тектонической трещиноватости Южных Курил
[построено в ПО *Rock Works*]

Продольное (относительно оси простираения дуги) простираение не является характерным для **линеаментов 1-го ранга** (Рисунок 3.1.1-В, Г). К этой группе относятся наиболее крупные структуры, средняя протяженность которых составляет первые километры. Как было отмечено выше, продольная ориентировка зон деструкции обосновывается сжатием в северо-западном, север-северо-западном направлении. При этом заложение поперечных структур может быть

обусловлено чередующимися циклами растяжения и сжатия в северо-восточном направлении [110]. Кроме того, весьма вероятно, что наиболее проявленные и протяженные линейные структуры служат индикаторами разломных зон крупных разрывных нарушений, которые, согласно тектоническим схемам (Рисунок 2.1.4), имеют поперечное (СЗ) простирание.

Линеаменты 2-го ранга (Рисунок 3.1.1-Д, Е) зачастую являются оперяющими структуры первого ранга, что обуславливает широкий диапазон их простирания и максимумы в продольном и поперечном направлении. Длина данных структур редко превышает 2 км и в среднем составляет 1000 м и 1300 м для островов Кунашир и Итуруп соответственно.

Линеаменты 3-го ранга являются самой многочисленной группой, к которой относятся наименее протяженные структуры. Благодаря количеству, в разы превосходящему сумму линеаментов первого и второго рангов, их простирание формирует общий тренд (Рисунок 3.1.1-Ж,З).

Важным этапом при проведении данного исследования стало построение схемы плотностного распределения линеаментов островов (Рисунок 3.1.2). Зоны наибольшей концентрации линеаментов (повышенной трещиноватости земной коры) окрашены в красный цвет. Анализируя Рисунок 3.1.2, можно отметить, что этим зонам соответствуют действующие вулканические постройки: хребты (хр. Грозный) или одиночные вулканы (влк. Менделеева). Повышенной деструкцией земной коры также характеризуются участки, связанные с эксплозивным неоплейстоценовым вулканизмом: Ветровой перешеек, г. Голец (о. Итуруп) [55], и с интрузивным неогеновым магматизмом: северная часть о. Кунашир в районе м. Прасолова. Кроме того, на схемы вынесены объекты полезных ископаемых [по 198 и 49 с дополнениями автора], при этом наблюдается значимая корреляция между распределением полезных ископаемых и зонами повышенной концентрации и пересечений линеаментов. Таким образом, схемы зон деструкции, построенные при помощи комплексного дешифрирования материалов дистанционного зондирования, могут быть применимы в качестве альтернативного метода прогноза полезных ископаемых в удаленных и труднодоступных районах не только Южных Курил, но и островной дуги в целом [85, 124].

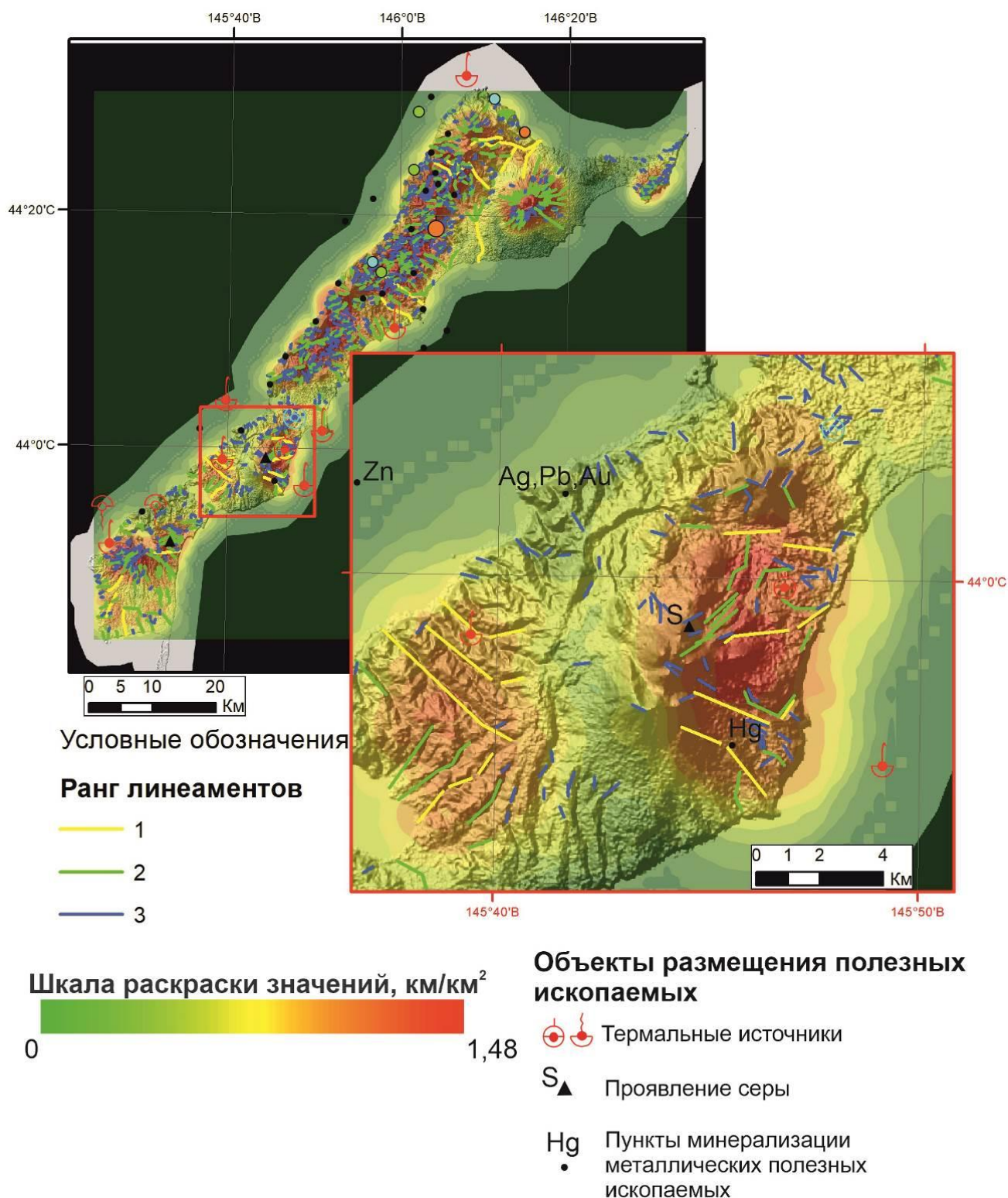


Рисунок 3.1.2 - Схема распределения зон локальной тектонической трещиноватости верхней части земной коры о. Кунашир с объектами размещения полезных ископаемых (за исключением строительных материалов и титан-магнетитовых россыпей) [по 84]

Комплексная интерпретация фактологического материала направлена на установление геологической природы структурно-вещественных неоднородностей земной коры, выделенных геофизическими и дистанционными методами [9, 153]. Основополагающим шагом на данном

этапе является визуальное сопоставление линеаментов, построенных по разным источникам, между собой, с полевыми наблюдениями и другими информационными слоями (геологическими картами, тектоническими схемами, схемами дешифрирования других авторов, анализом современных тектонических подвижек и др.).

Итогом данной работы стало построение схем разрывных нарушений островов Кунашир и Итуруп (Рисунок 3.1.3). Информация по дизъюнктивам акватории генерализована из ГГК-200/2 [49] и Тектонической схемы Охотского моря [137]. Дополнительно в Приложении В приведена схема дизъюнктивных структур, размещенная на уточненной геологической основе. На Рисунок 3.1.3 также были вынесены объекты полезных ископаемых, что позволяет оценить рудоконтролирующую роль разломов и особенности распределения различных типов минерального сырья в зависимости от дизъюнктивных структур. Кроме того, на схемах отражены фокальные механизмы очагов землетрясений. Результаты анализа распределения фокальных механизмов очагов землетрясений показывают, что наряду с многочисленными проявлениями взбросовой кинематики широко распространены сбросы, сдвиги, их промежуточные разновидности и сдвиго-взбросы (Рисунок 3.1.3). Важно отметить, что кинематические параметры сейсмических подвижек подтверждают общую обстановку сжатия в регионе. В частности, это хорошо проявляется по гипоцентрам мелкофокусных землетрясений в Курильской котловине. К сожалению, на островную сушу приходится сравнительно небольшое количество очагов.

Таким образом, в ходе построений на основе анализа простираания и масштаба линеаментов в сочетании с другими геологическими и геофизическими материалами, было выявлено 3 системы разрывных нарушений: **первого порядка** (преимущественно продольные относительно простираания островной дуги), **второго порядка** (преимущественно поперечные относительно простираания дуги) и **третьего порядка** (разнонаправленные, в том числе радиальной и концентрической ориентации в ареалах вулканических структур) [55, 83]. Порядок структур условный и определяется размером территории исследований.

Разломы первого порядка: являются наиболее протяженными дислокациями на территории островов. Длина составляет от первых десятков (на островной суше) до первых сотен (в акватории) километров. Эти структуры часто перекрыты позднеоген-четвертичными отложениями, поэтому слабо фиксируются на КС (Рисунок 3.1.4-1), но надежно выделяются на картах аномальных геофизических полей (Рисунок 3.1.4-2), и в ходе полевых работ по косвенным признакам. Характерным примером является Центрально-Кунаширский сброс, который оперяется серией более малых разрывных нарушений, одно из которых маркируется по наличию крупных уступов в рельефе (водопад Птичий) и формирует русло одноименной реки (Рисунок 3.1.4-3). Поверхность сместителя главной дислокации сопровождается мощными (шириной до 50

м) зонами брекчирования в клифе, высота которых достигает 40 м (Рисунок 3.1.4-4).

На территории острова Итуруп и его прибрежной акватории к данной группе относится 3 разрывных нарушения: в центральной части острова (Рубчиковский сброс), в прибрежной акватории (вероятно, фрагмент, так называемого, Западного сброса [49]), в северной части острова (Сибеторский сброс). В пределах острова Кунашир к данной группе отнесены ранее упомянутый Центрально-Кунаширский разлом и разрывные нарушения в районе п-ва Ловцова (Рисунок 3.1.3). Предполагается наличие крупного разлома в северной части острова на побережье Охотского моря, отмеченного у К.Ф. Сергеева и косвенно закартированного М.И. Стрельцовым, как серия малых разрывов слабо наклоненных к простиранию острова [132, 134]. Несмотря на тот факт, что Рубчиковский и Центрально-Кунаширский разломы были выявлены ранее [49, 132, 134] (см. Рисунок 2.1.2, Рисунок 2.1.4), в рамках данного исследования уточнены их морфология, пространственное положение, время формирования.

Как отмечалось в разделе 1.2, Восточный и Западный сбросы определяют границы между региональными морфоструктурными элементами. Это сложные, неоднородные, фрагментарные структуры, состоящие из серии более малых разрывных нарушений. Основываясь на масштабе и морфологии, Восточный и Западный сбросы⁶ могут быть отнесены к разломам первого порядка. Для Восточного сброса различными авторами предполагается компонента правого [49, 163, 187] или левого [134] сдвига. Для Западного сброса на тектонической схеме к ГГК-200/2 (листы 7,10) [49] помимо вертикальных отмечаются левосдвиговые подвижки, что в любом случае указывает на сдвиго-сбросовую кинематику данных структур. Заложение этих разломов, по всей видимости, происходило в ходе формирования общего структурного плана территории, на границе палеогена и неогена (?) (см. Раздел 1.3), а не в палеоцене-эоцене, как полагали П.Ю. Ковтунович и соавторы. На это также указывают и результаты сейсмопрофилирования МОВ-ОГТ: разломы смещают олигоцен-миоценовые сейсмоакустические горизонты и перекрыты более поздними образованиями [49].

Начало активного магматизма в конце олигоцена в пределах Большой Курильской гряды связано с подъемом магматического расплава из мантийного клина, который приводил к деформированию и воздыманию тонкой субконтинентальной (см. Рисунок 1.2.3, Рисунок 1.2.2) земной коры. Это объясняет формирование Западного и Восточного сбросов. Другой причиной могут быть правосторонние смещения вдоль сдвиговой зоны северо-восточного простирания, которая могла сформироваться одновременно с заложением современного режима субдукции. Более того, согласно данной модели, по последним данным, в олигоцене [163] осуществлялось раскрытие Курильской котловины: растяжение в задуговом бассейне могло приводить к

⁶ Это историческое название. Фактически данные разрывные нарушения являются сдвиго-сбросами

заложению разломов сбросовой кинематики, вкрест оси растяжения в нем. Опорный геофизический профиль 2 ДВ-М пересекает разломы первого порядка в районе пролива Фриза, отделяющего острова Итуруп и Уруп (Рисунок 2.2.1). Результаты интерпретации и переинтерпретации профиля также показывают, что продольные сбросы в пределах пролива имеют глубокое заложение, смещая поверхность Мохоровичича, при весьма крутых углах падения (до 80°), которые, вероятно, уменьшаются с глубиной [39, 40, 137, 145]. Схожие параметры предполагаются и для крупных продольных разломов в акватории островов Кунашир и Итуруп [49].

В пределах островной суши наиболее протяженные дизъюнктивные структуры северо-восточного простирания контролируют размещение plutонических массивов прасоловского плагиогранит-диоритового комплекса (на островах Кунашир, Уруп и Парамушир) [132, 134]. Это связывают с морфологией тел, активным магматизмом в раннем, как считалось ранее, неогене, при котором поступление расплава осуществлялось по ослабленным зонам. Согласно последним оценкам [178], возраст пород прасоловского комплекса, отобранных в северной части о. Кунашир, составляет ~ 31 Ма (ранний олигоцен). Для Сибеторского и Центрально-Кунаширского сбросов также предполагается наличие сдвиговой компоненты [49], что дает основание предполагать **заложение наиболее протяженных продольных дислокаций акватории и суши в одно время в одном тектоническом режиме и совместно рассматривать их в качестве разломов первого порядка.**

Спорной остается кинематика и принадлежность сбросов, формирующих грабен в проливе Екатерины (Екатерининский разлом) (см Рисунок 3.1.3): так в Государственной геологической карте 2002 г. по результатам интерпретации сейсмопрофилирования МОВ-ОГТ предполагается подвижка правого сдвига [49]. Сам разлом считается структурой, оперяющей Западный сброс. Более того, компонента правого сдвига предполагается на основании анализа взаимного расположения Южных Курил. Продольные оси островов от Кунашира до Симушира по проливам кулисообразно смещены вправо друг относительно друга [65] (Рисунок 3.1.5). Северные Курилы характеризуются левосдвиговыми перемещениями. В то же время, согласно палетке Гзовского [38, 111], при преобладающем сжатии в север-северо-западном направлении будет формироваться правый сдвиг с восток-северо-восточным простиранием, соответствующий Восточному сбросу (сдвига-сбросу). По данной модели, разломы север-северо-восточного простирания (пролив Екатерины) должны являться левыми сдвигами, что противоречит реальным наблюдениям. Такое расхождение может обусловлено наличием сложного тектонического режима на территории исследования. На формирование и эволюцию островов оказывали влияния также напряжения растяжения в северо-восточном направлении, вызванные заложением Центрально-Курильской зоны деструкции и тектонические процессы, связанные со

сменой режима развития задугового бассейна (см. Раздел 1.3).

Инверсия тектонического режима в Курильской котловине подтверждается анализом фокальных механизмов очагов мелкофокусных землетрясений, которая показывает преобладающую обстановку сжатия в земной коре (*Beach balls* синего цвета Рисунок 3.1.3). Как было отмечено ранее, в задуговом бассейне во время его формирования преобладал режим горизонтального растяжения. Наличие режима растяжения в континентальной коре на ранних этапах развития субдукционных зон может быть вызвано надвиганием островной дуги на субдуцирующую плиту в сторону глубоководного желоба [121]. В такой обстановке **расплав поступает** из мантийного клина по субвертикальным коровым разломам и системам трещин [122], формирование которых происходит в это же время (**по разломам первого порядка**). Данный факт еще раз подтверждает магмоподводящую роль продольных структур. В свою очередь, инверсия режима развития задугового бассейна на современном этапе может быть связана с глубиной эрозионного среза и окончанием магматизма. При кристаллизации пород на стадии закритического катакластического течения в них возникают остаточные напряжения горизонтального сжатия при эксгумации. Более того, сразу после подъема расплава в массиве также повышается уровень напряжений горизонтального сжатия до уровня давления магмы. Однако это сжатие не может распространяться далеко от островной дуги, охватывая лишь небольшую часть задугового бассейна [122, 123]. Это вполне укладывается в полученную картину распределения взбросовых механизмов в пределах Курильской котловины, согласно которой, поля концентрации расположены от центров активного вулканизма (хр. Богатырь, гора Руруй) и магматизма (Прасоловское поднятие) на расстоянии, сопоставимом с мощностью коры (см. Рисунок 3.1.3). Преобладающая глубина распределения гипоцентров для рассмотренных событий – нижняя кора (25-40 км). Таким образом, с учетом того, что задуговой бассейн формировался в ходе рифтогенеза, обеспечившего заложение продольных сбросов, можно предполагать локальную инверсию характера подвижек, произошедшую также по разломам первого порядка.

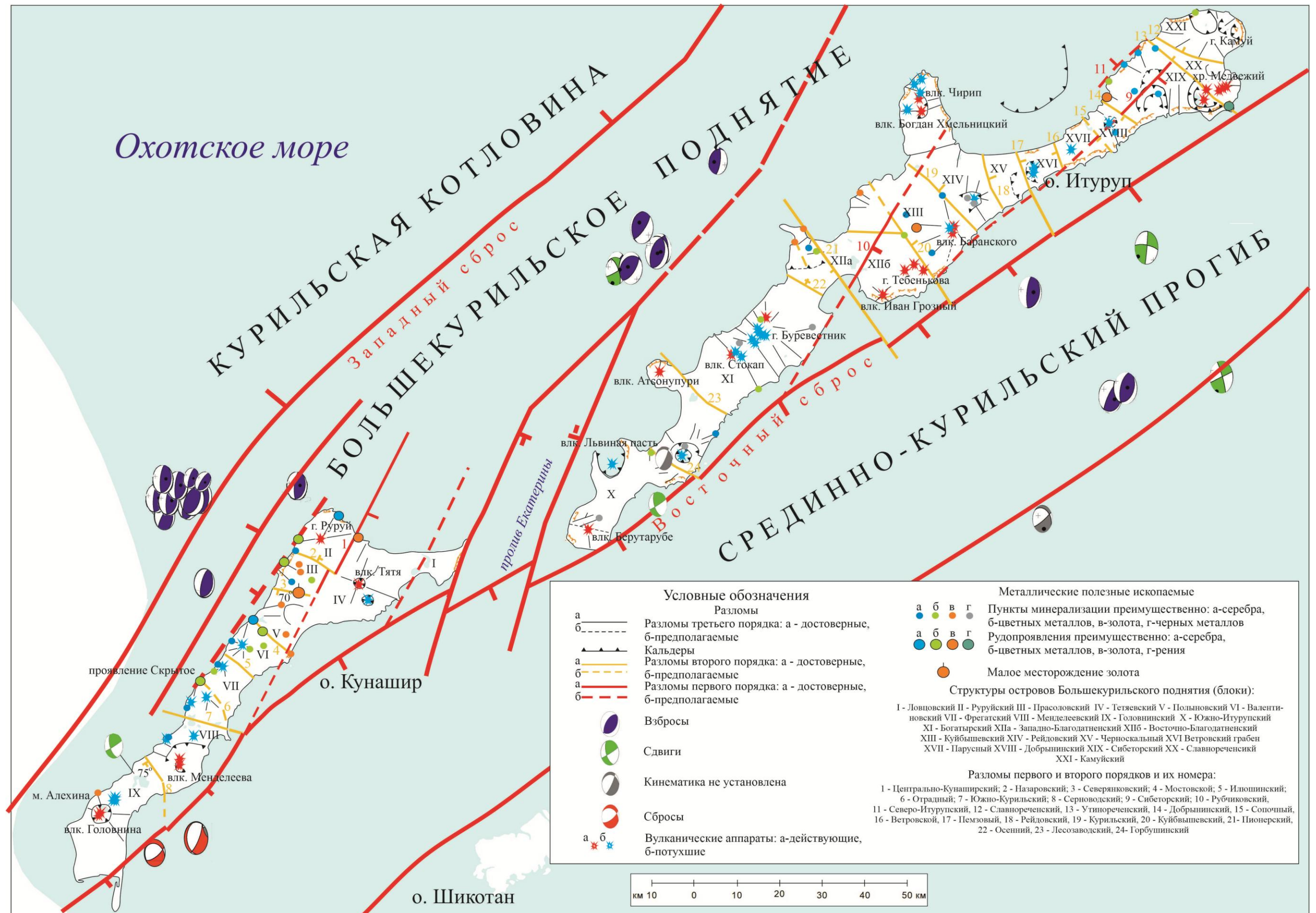
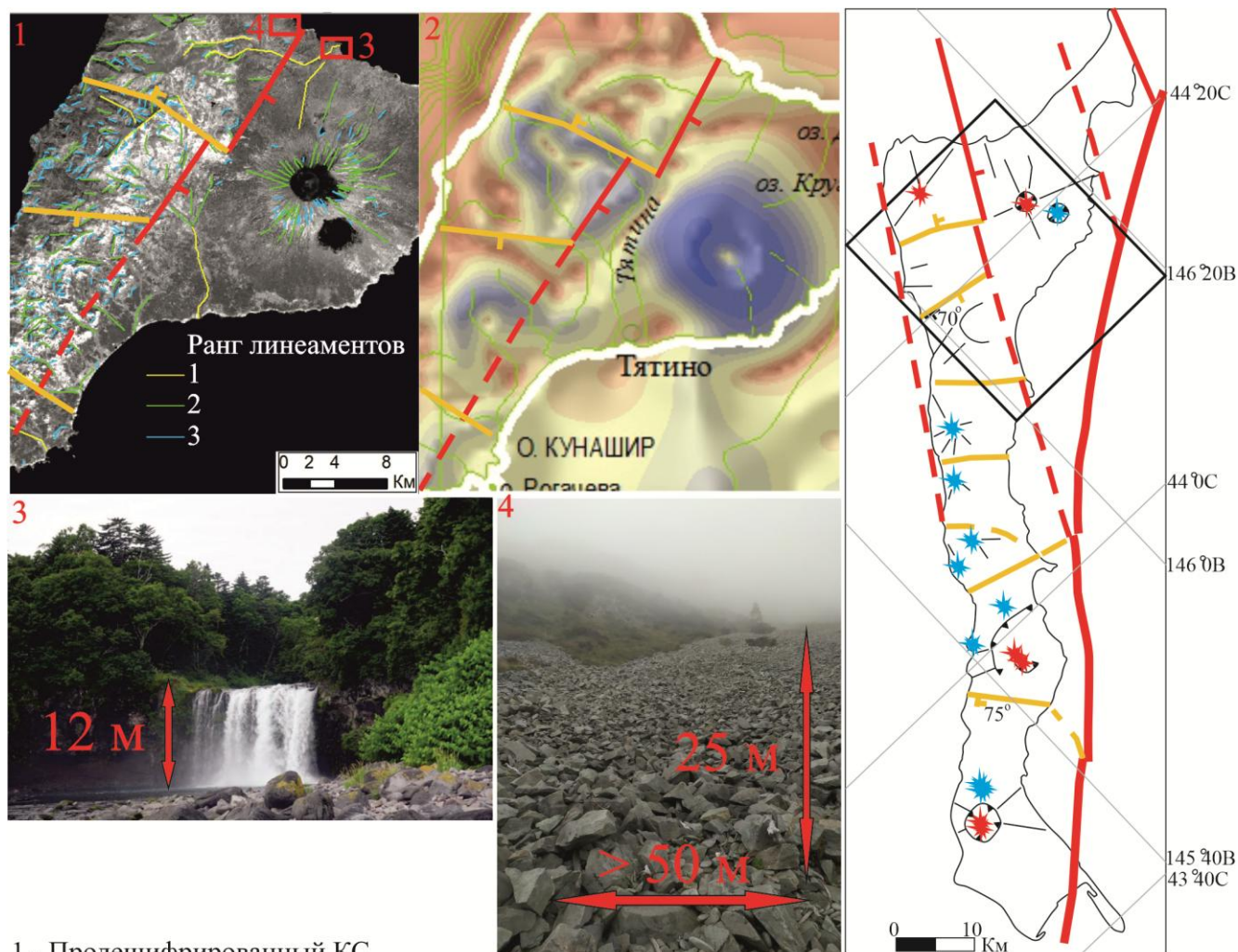


Рисунок 3.1.3 - Схема разрывных нарушений островов Итуруп и Кунашир с объектами размещения металлических полезных ископаемых [построено автором].



- 1 - Прощифрированный КС
 2 - карта модуля горизонтальной составляющей градиента аномального магнитного поля
 3 - водопад Птичий в северной части о. Кунашир [фото О. Плаксина]
 4 - мощная зона (более 50 м) дробления в клифе, высотой 25 м на побережье Охотского моря маркирует зону главного разлома

Рисунок 3.1.4 - Геологическое и геоморфологическое проявления продольного разлома первого порядка (Центрально-Кунаширский сдвига-сброс) [по 84] (положение участка детальных исследований показано на тектонической схеме справа черной рамкой)

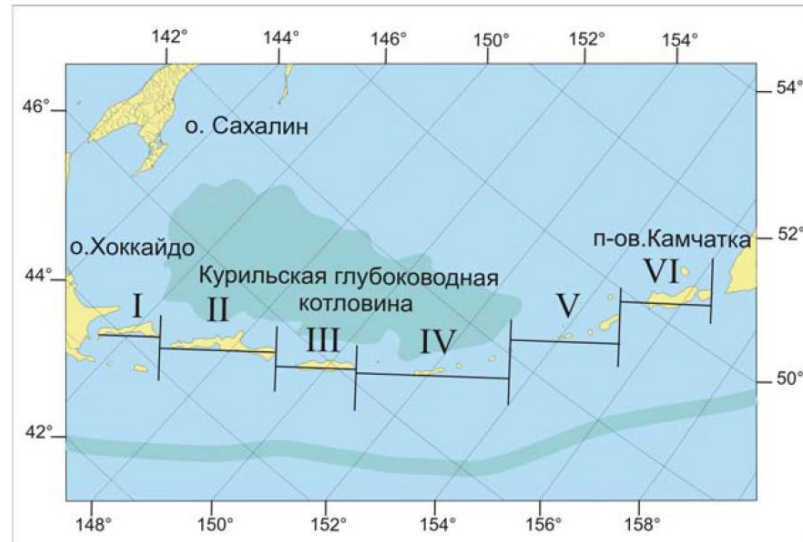


Рисунок 3.1.5 - Кулисообразное смещение Курильских о-вов [65]

Разломы второго порядка: к данной группе относятся разрывные нарушения, длина которых превышает 5-6 км и достигает первых десятков километров. Масштаб разломов позволяет выделять их по слабым положительным аномалиям на карте горизонтальной составляющей градиента аномального магнитного поля (Рисунок 3.1.7-1Б, 2Б). В ходе полевых работ разломы второго порядка надежно трассируются в рельефе при помощи различных морфотектонических признаков, например по наличию глубоких U-образных долин рек. Особенно отчетливо они проявляются в материалах аэрогеологической съемки, выполненной с использованием БПЛА (Рисунок 3.1.7-1В). В бортах рек эти дислокации картируются по зонам брекчирования, повышенной трещиноватости, катаклаза, гидротермальной измененности пород. Кроме того, данные структуры зачастую сопровождаются выходами термальных источников, что подтверждает их текущую активность (Рисунок 3.1.7-2В).

В рамках данного исследования на построенной схеме (Рисунок 3.1.3) уточнено местоположение некоторых структур (Тебеньковский сброс, Рейдовский сброс, Добрынинский и др.), наличие нескольких разломов, выделяемых ранее, не было подтверждено. Предполагается существование ряда поперечных структур в районе Доброго перешейка (о. Итуруп) и в центральной части о. Кунашир. Кроме этого, уточнена дизъюнктивная сеть наименее изученного и труднодоступного Медвежьего полуострова.

На геологических картах (Рисунок 2.1.3, Рисунок 2.1.4) данные разрывные нарушения сопровождаются субвулканическими телами миоцен-плиоценового возраста и контролируют их размещение, что позволяет предположить их глубокое заложение и миоценовое время формирования. Часть разломов продлевается на акваторию [по 49]. Можно предположить, что разрывные нарушения данной группы моложе разломов первого порядка, так как на некоторых

участках (в северной части о. Кунашир и в акватории Срединно-Курильского прогиба) они смещают продольные разломы. Это согласуется с моделью Е.П. Леликова и Т.А. Емельяновой [94] о формировании Центрально-Курильской зоны деструкции. Авторы предполагают наличие поперечных линейных структур преимущественно северо-западного простирания, разбивающих общий структурный план островодужной системы на ряд блоков. Эти разломные зоны прослеживаются от оси Курильского желоба через островную дугу, выходят в Курильскую котловину и служат подводными каналами для молодых плиоцен-плейстоценовых вулканитов. Заложение самих разрывных нарушений вероятно происходило раньше, параллельно с формированием зоны деструкции фронтального склона глубоководного желоба в районе Центральных Курил. Природа, время протекания и механизм этих процессов остаются пока невыясненными [20, 119]. Однако заложение региональной зоны растяжения в результате апвеллинга мантийных масс по оси вкрест простирания Курильских островов может объяснить чередующиеся циклы растяжения и сжатия в северо-восточном направлении, о которых было сказано ранее [64]. Вместе с тем, ряд исследователей полагает, что зона деструкции закладывалась параллельно с формированием Курильской котловины (в позднем олигоцене (?) - раннем миоцене) [163, 166], что также указывает на миоценовое, а возможно и более древнее, время формирования разломов второго порядка. Данные процессы в сочетании с неоднородностью параметров субдукции вдоль простирания Курильской островной дуги могли спровоцировать заложение разломов сбросов, зачастую со сдвиговой компонентой и чистых взбросов.

Другая причина формирования разломов второго порядка может быть связана с деформированием висячего блока субдукционной зоны в результате косоугольного погружения слэба. Направление, скорость и угол погружения Тихоокеанской плиты отличаются для разных сегментов КОД [5]. Эти данные также подтверждаются построениями других специалистов [152], в том числе из Геологической службы США [190]. На Рисунке 3.1.6 на врезке изображен профиль, показывающий расстояние до поверхности слэба по оси, параллельной глубоководному желобу (границе плит). На профиле (показан на рисунке белой линией) видно, что северо-восточнее пролива Буссоль глубина до верхней кромки погружающейся Тихоокеанской плиты резко уменьшается со 180 км до 140 км и менее. Косая конвергенция может приводить к заложению транспрессионных структур - сочетание горизонтального сдвига в вертикальной плоскости с горизонтальным сжатием [184]. Как было отмечено ранее, при сжатии в север-северо-западном направлении поперечные разломы второго порядка могут являться правыми сдвигами (при восток-северо-восточном простирании) или чистыми взбросами (при север-северо-восточном простирании). Простирания даек, замеренные в ходе полевых работ, разнятся,

однако можно отметить слабое преобладание простирания в субширотном, преимущественно восток-северо-восточном направлении, по оси наименьшего сжатия. Такие представления о кинематике структур увязываются с моделью авторов ГГК-200/2, которые предполагают для поперечных разломов сбросовую, сбросо-сдвиговую, реже взбросовую (для разлома на Осеннем перешейке о. Итуруп) кинематику, что отражено на геологических картах и тектонических схемах (Рисунок 2.1.3, Рисунок 2.1.4). Амплитуду некоторых сбросов в центральной части о. Итуруп можно приблизительно оценить по схемам корреляции разрезов по скважинам (Рисунок 2.2.6). Она составляет первые сотни метров. Схожие величины предполагаются для острова Кунашир, где на границе неогена и квартера существовало единое лавовое плато Фрегат, которое было раздроблено и подверглось дифференцированным вертикальным перемещениям, а его сохранившиеся фрагменты представлены изолированными массивами (столовыми горами и поднятиями), выполненными образования фрегатского комплекса. Подвижки осуществлялись по поперечным разломам (второго порядка). С учетом эвстатических колебаний, проведенная оценка показывает, что отдельные блоки Кунашира испытали неравномерное поднятие: северная часть острова подверглась значительному вертикальному смещению более чем на 1 км (как минимум 1000-1100 м), тогда как на юге это смещение составило лишь 200-300 м [135, 178].

Таким образом, разломы второго порядка определяют клавишную структуру островов [49]. Большинство из них активны и сейчас, что подтверждается распределением очагов малоглубинных землетрясений, выходами термальных источников и яркой выраженностью в рельефе.

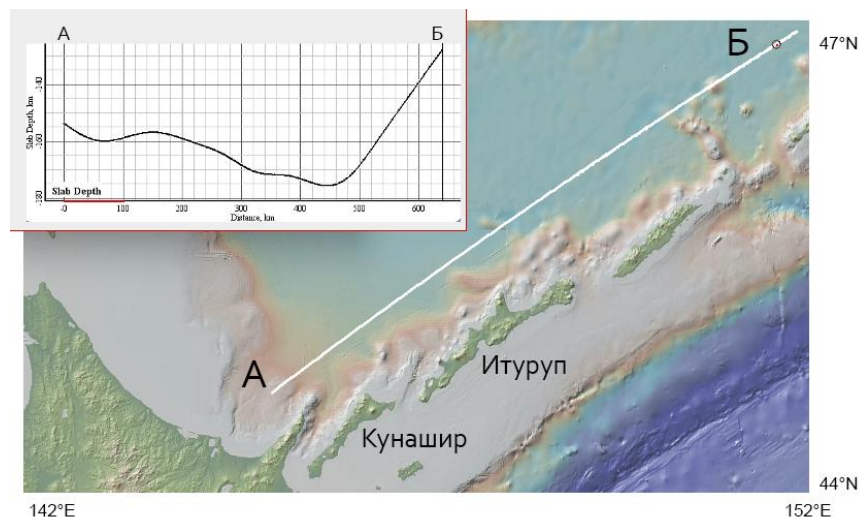


Рисунок 3.1.6 - Профиль, отображающий изменение расстояния до поверхности субдуцирующей плиты вдоль простирания КОД по данным USGS⁷. Топографическая основа по [gmrt.org]

⁷ <https://www.usgs.gov/tools/slab20-interactive-map#software>

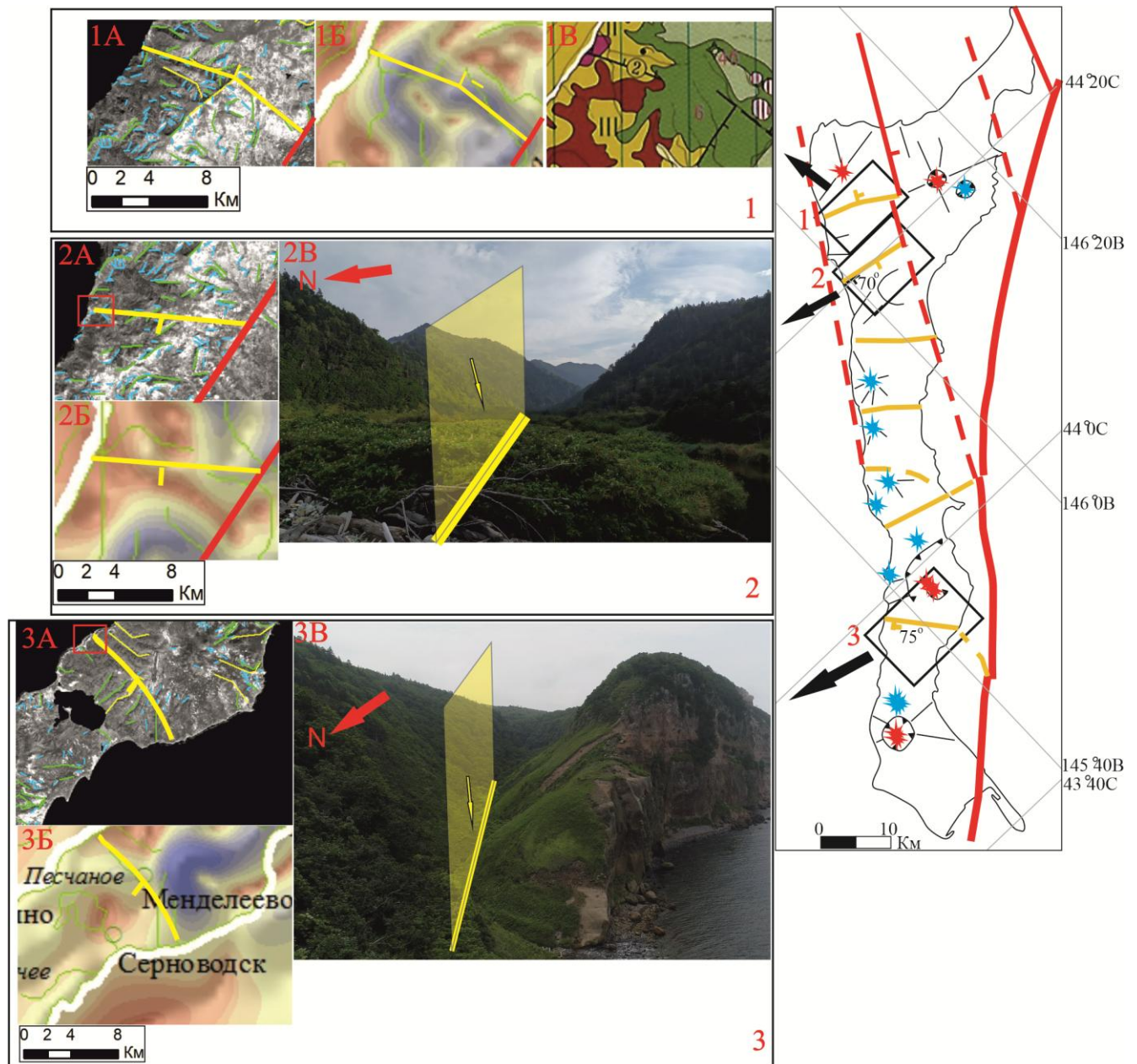


Рисунок 3.1.7 - Разломы второго порядка на примере острова Кунашир

[84] (положения площадей детальных исследования отмечены на схеме справа черными рамками). 1 – Назаровский разлом: А – продешифрированный КС; Б – карта модуля горизонтальной составляющей градиент аномального магнитного поля; В – фрагмент ГГК-200/2 [49]. 2 – Северянковский разлом: А – продешифрированный КС; Б – карта модуля горизонтальной составляющей градиент аномального магнитного поля; В – глубокая U-образная долина реки Золотая маркирует зону разлома. 3 – Серноводский разлом: А – продешифрированный КС; Б – карта модуля горизонтальной составляющей градиент аномального магнитного поля; В – глубокая долина безымянного ручья с выходами термальных источников, сопровождающихся зонами сульфидизации и брекчирования

Разломы третьего порядка – среди выделенных групп данные нарушения являются наименее протяженными – при длине от первых сотен метров до первых километров (Рисунок 3.1.8, Рисунок 3.1.9). Это структуры, связанные прежде всего с центрами современного- и палеовулканизма. На продешифрированных КС они соответствуют линеаментам второго ранга или линейно распределенным линеаментам третьего ранга (Рисунок 3.1.8-1А, 2А; Рисунок 3.1.9-1). Однако идентификация данных структур по ДДЗ должна подтверждаться другими информационными слоями, в частности результатами полевых наблюдений собственных и предшественников. Так, например, на Охотоморском побережье в центральной части острова гора Фрегат (Рисунок 3-2В) – структура, выполненная субвулканическими образованиями плиоцен-плейстоценового возраста, соответствует линеamentу второго ранга на КС, то есть не является разрывным нарушением. Так же, как и дайки на северо-западном склоне горы на КС отмечены в качестве линеamentов второго и третьего рангов (зеленые и синие линии на Рисунок 3.1.8-2А, В). Однако в окрестностях горы по результатам полевых наблюдений и анализа цифровой модели рельефа выделено два разлома, отнесенных к третьему порядку (на северо- и юго-востоке). Возраста разломов различны определяются возрастом магматического тела в центральной части ВТС и соответствуют преимущественно неогену для центров палеомагматизма и квартеру для современных построек.

В рассматриваемом случае вследствие малого масштаба разломы третьего порядка не фиксируются на картах аномальных полей (Рисунок 3.1.8-2Б), однако современные вулканические постройки могут соответствовать локальным максимумам полей (Рисунок 3.1.8-1Б, Рисунок 3.1.7-2). Разломы третьего порядка надежно фиксируются в ходе полевых работ, но отличаются от главных меньшей мощностью зон дробления и изменения пород. Преимущественно связаны с действующей вулканической активностью, поэтому, несмотря на размер, выражаются в рельефе по гидросети, уступам (Рисунок 3.1.7-3) и др. рельефным формам, например: в окрестностях хребта Богатырь на побережье Охотского моря отмечаются по многочисленным водопадам в скалистом берегу.

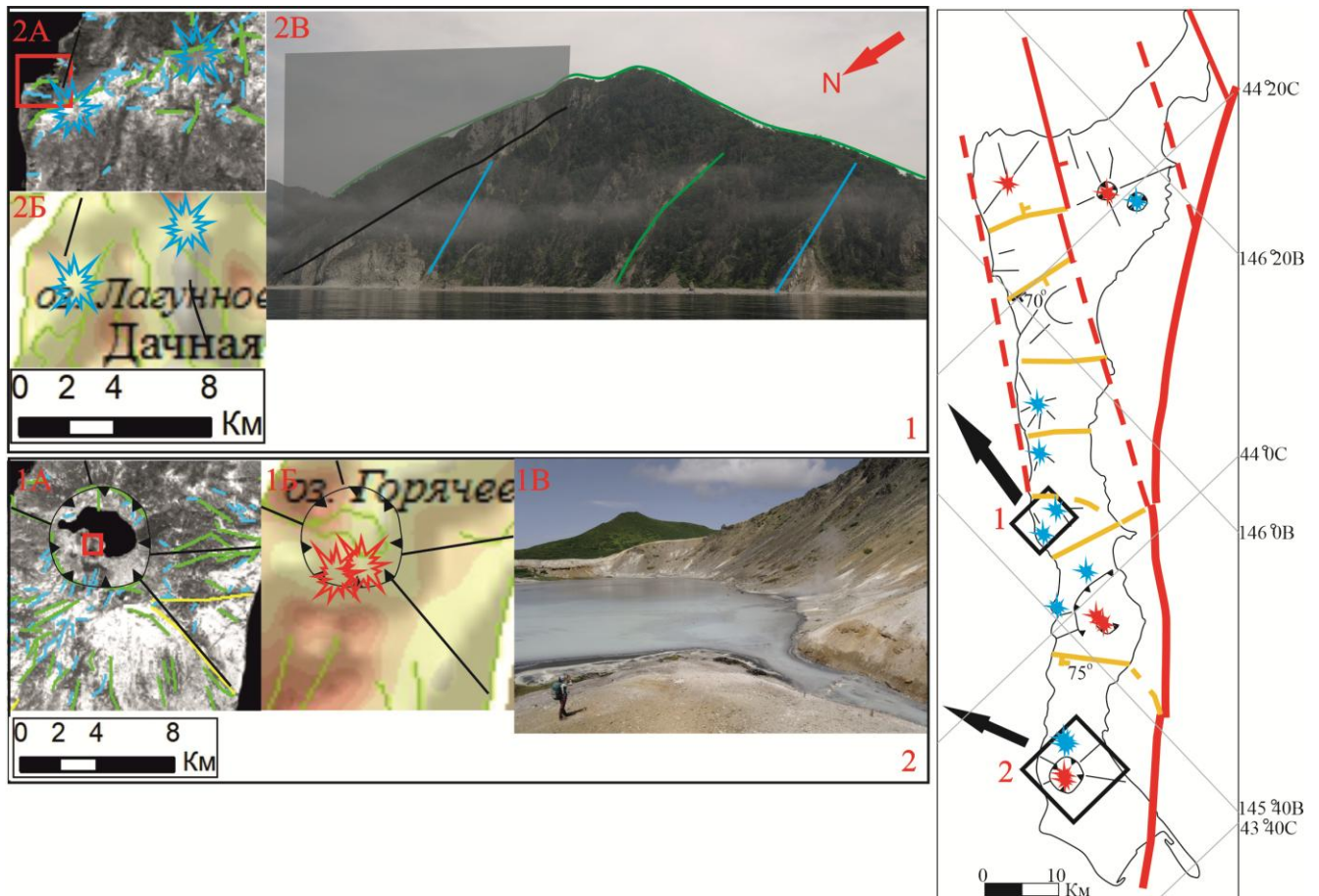


Рисунок 3.1.8 - Разломы третьего порядка на примере острова Кунашир [83] (отмечены на схеме справа черными рамками). 1 – гора Фрегат – центр плиоцен-эоплейстоценового палеовулканизма: А – продешифрованный КС; Б – карта модуля горизонтальной составляющей градиент аномального магнитного поля; В – линеаменты второго и третьего порядков соответствуют дайкам (отмечены зеленым и синим цветами, соответственно), разлом третьего порядка (черного цвета) проходит по распадку и сопровождается зонами брекчирования. 2 – кальдера действующего вулкана Головнина А – продешифрованный КС; Б – карта модуля горизонтальной составляющей градиент аномального магнитного поля; В – разломы третьего порядка формируют радиально кольцевую структуру

Разрывные нарушения третьего порядка имеют линейную и кольцевую морфологию. Выделяются серии радиально-кольцевых структур у построек одиночных вулканов, сформированные разломами данной группы. В центральной части некоторых ВТС отмечаются кальдеры (Рисунок 3.1.8-1В). Линейные структуры данной группы имеют сложную кинематику и разнообразное порой невыдержанное простирание. Характерные геоморфологические признаки подтверждают их современную активность.

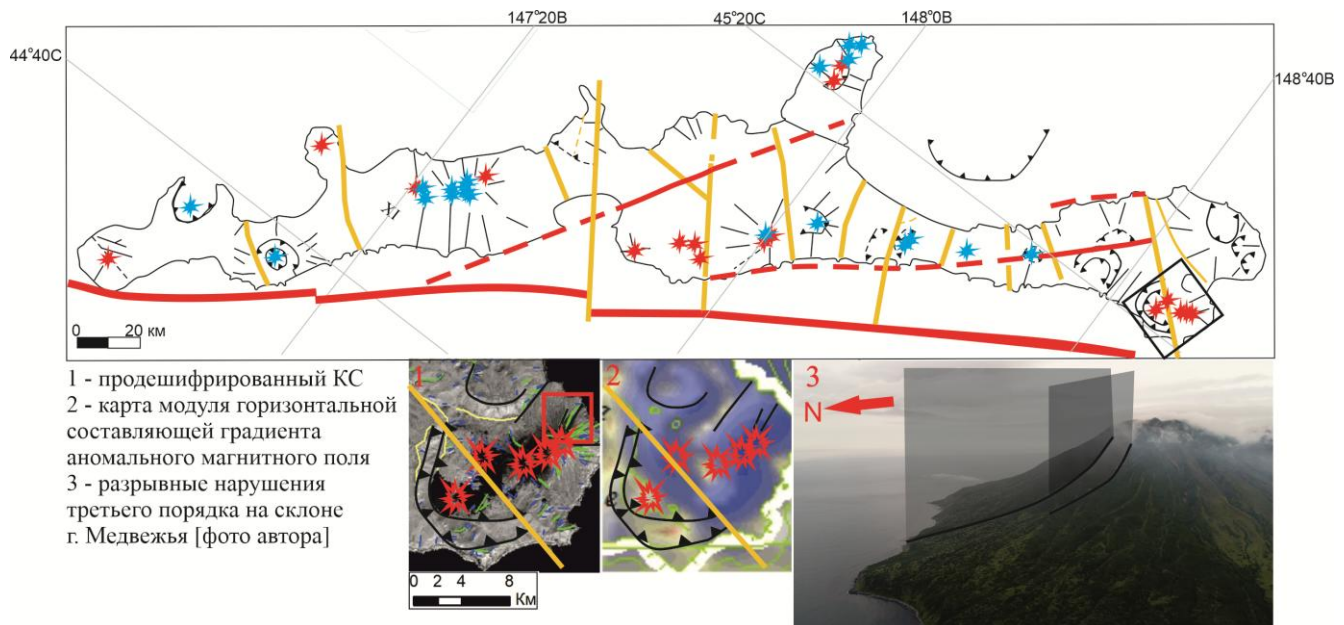


Рисунок 3.1.9 - Разломы третьего порядка на примере хребта Медвежий (о. Итуруп)
[построено автором]

Кроме того, разломы третьего порядка являются подводящими каналами для циркуляции растворов, разгрузка которых происходит в виде термальных источников и парогидротерм. Характерным примером является месторождение Океанское в центральной части о. Итуруп (Рисунок 3.1.3), где на небольших термальных фумарольных полях наблюдаются выходы сернистых парогазовых струй и термальных источников, с деятельностью которых связаны отложения самородной серы [192]. Существует гипотеза [134] о том, что второстепенные дислокации, развитые на склонах и у подножий вулканических хребтов, являются признаком наличия «глубинных» разломов, которые могут служить подводящими каналами для магматического расплава, что обеспечивает линейно-гнездовой вулканизм в пределах Курильских островов. Однако, результаты построений не позволяют ни подтвердить, ни опровергнуть данную гипотезу. Ковтунович и др. [49], полагают, что вулканические хребты ассоциируют с раздвиговыми нарушениями, которые оперяют более крупные продольные и поперечные разломы. С учетом того, что большинство вулканических хребтов на островах простираются в СВ направлении – перпендикулярном оси максимального сжатия на территории, механизм формирования таких раздвиговых структур остается неясным.

Для изучения особенностей дизъюнктивной сети островов Кунашир и Итуруп была применена комплексная методика исследований, включающая анализ разнородных источников геолого-геофизической информации. При исследовании распределения простираний выявленных линеаментов заметно, что основные направления выделенных структур совпадают с направлениями тектонических нарушений, то есть ослабленные зоны земной коры являются признаками наличия разрывных нарушений. Установлено доминирующее восток-северо-

восточное простираие зон трещиноватости, преобладание такого направления можно объяснить моделью образования ослабленных зон, ориентированных перпендикулярно оси сжатия. На схемах зон локальной тектонической трещиноватости (Рисунок 3.1.2) видно, что наибольшими значениями, в первую очередь, характеризуются современные вулканические постройки. Помимо этого, с ослабленными участками земной коры связаны области концентрации полезных ископаемых. Это обусловлено тем, что тектоническая трещиноватость может распространяться на большие глубины, образуя пути для восходящих потоков магматических расплавов и растворов глубокой циркуляции к поверхности Земли. Таким образом, аналогичные схемы могут быть применимы в качестве альтернативного способа прогноза полезных ископаемых на Курильских островах в труднодоступных регионах.

Полевые наблюдения подтверждают применимость линеаментного анализа в качестве одного из методов для выявления разрывных нарушений. Кроме того, результаты полевых работ позволяют дать характеристики различным группам выявленных структур. Так, например, было установлено, что зачастую второстепенные сбросы на Охотоморском побережье островов связаны с дайковым магматизмом, который служит источником тепла для гидротермальных систем. Этим может быть обусловлено сильное гидротермальное изменение вмещающих пород.

Основываясь на результатах дешифрирования материалов дистанционного зондирования, с применением различных информационных слоев были построены схемы разрывных нарушений о-вов Кунашир и Итуруп, на которых нашли отражение как ранее выявленные, так и впервые отмеченные структуры. Для того, чтобы оценить рудоконтролирующую роль выявленных структур, на схемы были добавлены объекты полезных ископаемых (Рисунок 3.1.3). Подтверждена рудоконтролирующая роль выявленных структур на территории исследований. Глубинные долгоживущие разломы являются подводными каналами для металлоносных растворов, разгрузка которых происходит в виде термальных источников и парогидротерм, несущих с собой минерализацию цветных, редких и благородных металлов. С зонами трещиноватости и разрывных нарушений в вулканических породах связаны выходы термальных вод.

Построенная схема разрывных нарушений позволяет уточнить структурно-геологические особенности строения островов, так как на ней выделены разрывные нарушения, которые не были зафиксированы ранее. В то же время для ранее отмеченных нарушений уточнены местоположение, структура, а также связь с историей геологического развития региона. Достоверность построенной схемы обосновывается использованием современных методов машинного анализа разнотипных геолого-геофизических данных в сочетании с их мануальной обработкой с привлечением результатов работ других авторов, приведенных как в

опубликованных, так и в фондовых источниках информации. Такого рода комплексный подход позволил уточнить классификацию разрывных нарушений островов Кунашир и Итуруп и примыкающей акватории, которая базируется не только на особенностях простирания (продольные и поперечные по [131, 134]) или масштаба (главные и прочие по [49]), но и на кинематике, времени и причинах формирования выделенных структур. Важно отметить магмоподводящую роль разрывных нарушений, приуроченность интрузивного магматизма о. Кунашир к продольным структурам. При этом остается неясной природа вулканизма линейно-гнездового типа, но говорить о его связи с продольными тектоническими нарушениями «раздвигового типа», как считалось ранее [49], не представляется возможным.

Таким образом, можно сформулировать **первое защищаемое положение**: «Геологическая структура островов Кунашир и Итуруп включает три системы разрывных нарушений: 1) продольные разломы первого порядка сдвига-сбросовой кинематики, проявленные в пределах Большой Курильской гряды, преддугового и задугового бассейнов, формирующие общий структурный план территории (P_3-N_1) и обусловленные процессами над субдуцирующей плитой; 2) поперечные разломы второго порядка, преимущественно сбросо-сдвиговой кинематики, обусловившие клавишное строение островов (N_{1-2}); 3) радиально-кольцевые дислокации третьего порядка, приуроченные к вулканическим структурам ($N-Q$)».

ГЛАВА 4 ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ОСТРОВОВ КУНАШИР И ИТУРУП – ПЕТРОГРАФИЯ, ГЕОХИМИЯ, ФОРМАЦИОННАЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ И ЭТАПЫ МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

4.1 Методы исследования

Реконструкция геодинамической модели формирования магматических структурно-формационных комплексов Южных Курил, обоснование этапов тектоно-магматической эволюции территории и стадий магматизма может быть выполнено после выявления особенностей минерального, петрохимического и микроэлементного составов магматических образований, формирующих острова, обоснования их формационной принадлежности и геологического возраста. Для решения данного блока задач были использованы методы химического анализа содержания макро- и микроэлементов в породах, а также оптико-микроскопического изучения шлифов горных пород. Ниже приводится подробная информация о каждом из использованных методов, пределах обнаружения и аналитических ошибках.

Изучение шлифов из отобранных в ходе полевых работ горных пород выполнено автором с целью петрографической характеристики типов пород (осадочных, вулканогенно-обломочных, вулканических и магматических пород различных геологических подразделений, слагающих Южные Курилы) и включает:

- предварительное петрографическое изучение (85 шт.) с целью отбора типовых шлифов для различных групп пород;
- полное оптико-микроскопическое изучение и детальное описание шлифов (30 шт.).

Работы выполнялись автором в лаборатории кафедры исторической и динамической геологии Санкт-Петербургского горного университета на микроскопе *Zeiss Axio Imager A2m*.

Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (РСФА) (силикатный) является одним из доминирующих методов анализа горных пород, руд, почв, донных отложений на основные породообразующие оксиды и был выполнен в центральной лаборатории ФГБУ ВСЕГЕИ. Из плавленных таблеток (вес 4 г) анализируемую пробу смешивали с флюсом (50% метабората лития и 50% тетрабората лития) в отношении 1:9; смесь плавил в золото-платиновых тиглях на установке *Classe Fluxer-Bis* фирмы *Claisse Fluxer* (Канада), затем прессовали в таблетки диаметром 40 мм на прессе с усилием 20 тонн. Пределы обнаружений петрогенных компонентов, определяемых методом РСФА приведены в Таблице 4.1.1.

Таблица 4.1.1 – Пределы обнаружений химических элементов

Компонент	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Пределы обнаружения (%)	0.02-100	0.02-50	0.01-10	0.01-50	0.01-40	0.05-50	0.01-50	0.05-20	0.01-20	0.01-50

Методом РСФА было исследовано 85 образцов горных пород, отобранных в ходе полевых работ.

Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой – распространенный метод многоэлементного анализа, в котором для обнаружения присутствия элементов в растворах используется явление электромагнитного излучения нейтральных атомов или ионов, находящихся в возбужденном состоянии (атомная эмиссия). Данный анализ также был выполнен в центральной лаборатории ФГБУ «ВСЕГЕИ» на квадрупольном масс-спектрометре ELAN-DRC-e (*Perkin Elmer*). Нижние пределы обнаружения химических элементов методом ICP-MS приведены в таблице 4.1.2.

Таблица 4.1.2 – Нижние пределы обнаружения химических элементов

Элемент	Нижний предел (г/т)	Элемент	Нижний предел (г/т)	Элемент	Нижний предел (г/т)
Ag	0.0005	Ho	0.0005	Sb	0.0001
Al	0.006	In	0.0003	Sc	0.03
As	0.006	Ir	0.0006	Se	0.06
Au	0.001	K	0.01	Si	<0.7
B	0.08	La	0.0005	Sm	0.001
Ba	0.0005	Li	0.0004	Sn	0.002
Be	0.003	Lu	0.0005	Sr	0.0008
Bi	0.0005	Mg	0.007	Ta	0.0006
Ca	0.05	Mn	0.002	Tb	0.0005
Cd	0.003	Mo	0.003	Te	0.01
Ce	0.0004	Na	0.003	Th	0.0003
Co	0.0002	Nb	0.0009	Ti	0.005
Cr	0.02	Nd	0.002	Tl	0.0003
Cs	0.0005	Ni	0.005	Tm	0.0003
Cu	0.003	Os	0.0005	U	0.0001
Dy	0.001	P	0.3	V	0.002
Er	0.0008	Pb	0.001	W	0.003

Продолжение таблицы 4.1.2

Eu	0.0007	Pd	0.003	Y	0.0009
Fe	0.005	Pr	0.0004	Yb	0.001
Ga	0.001	Pt	0.002	Zn	0.003
Gd	0.002	Rb	0.003	Zr	0.004
Ge	0.003	Re	0.0006	—	—
Hf	0.0006	Rh	0.0005	—	—
Hg	0.004	Ru	0.002	—	—

Методом ICP-MS было исследовано 33 образца горных пород, отобранных в ходе полевых работ.

4.2 Петрография

По имеющимся данным [49], по аналогии со стратифицированными (покровными) образованиями, субвулканические и экструзивные тела островов Кунашир и Итуруп принадлежат к фрегатскому, богатырскому андезибазальтовым, рыбаковскому андезитовым и камуйскому, роковскому, головнинскому дацитовым вулканическим комплексам. Помимо этого, выделяются интрузивные образования прасоловского плагиогранит-диоритового комплекса, отмеченные в северной части о. Кунашир. В прасоловский комплекс также включены два массива выделяемого ранее докучаевского комплекса. Ниже приведены уточненные описания для каждого геологического подразделения, полученные автором исследования в ходе полевых работ, и петрографические описания наиболее распространенных разновидностей слагающих комплексы пород по результатам оптико-микроскопического изучения шлифов (исключением являются экструзии роковского и богатырского комплексов, которые не были опробованы автором в ходе полевых работ, для них описание приводится по опубликованным данным).

Рыбаковский андезитовый вулканический комплекс (Рз–N₂rb). Субвулканические образования представлены различными петрографическими разностями от базальтов и долеритов до андезитов, диоритов и кварцевых диоритов, дацитов и риодацитов, при преобладании пород среднего состава.

Эти образования прорывают породы рыбаковской свиты и формируют штокообразные тела, а также дайки и силлы, главным образом, субмеридионального простирания в стратифицированных образованиях аналогичного состава. Их мощность от 1-3 м до 10-15 м, длина 100-150 м, редко до 3,0 км. Углы падения от крутых (более 50°) до субвертикальных. Силлы характеризуются большей протяженностью, пологим и субгоризонтальным залеганием.

Площадь штокообразных тел редко превышает 5 км², в них часто отмечается столбчатая отдельность, в т.ч. в кислых разновидностях.

Базальты, андезибазальты (Рисунок 4.2.1) – серые, темно-серые до черного цвета с зеленоватым оттенком породы с порфировыми, сериально-порфировыми, гломеропорфировыми, интерсертальными структурами. Порфировые вкрапленники (30-70 % объема пород) представлены таблитчатым и короткостолбчатым, реже изометрическим, полисинтетически сдвойникованным, формирующим гломеропорфировые срастания плагиоклазом (№50-70) (30-50%), клинопироксеном (до 20%), оливином (до 10%), магнетитом (до 10%), ортопироксеном (до 10%). Соотношение минералов и стекла в основной массе следующее: стекло – 40%, плагиоклаз – 30%, клинопироксен – 20%, рудный минерал – 10%. Основная масса имеет интерсертальную или микролитовую структуру и сложена вулканическим стеклом и игольчатыми микролитами плагиоклаза, изометрическими микролитами диопсида, оливина, рудного минерала. Размер микролитов плагиоклаза составляет 0.001-0.01 мм, микролитов диопсида и оливина – 0.001-0.005 мм.

Диориты и кварцевые диориты преимущественно встречаются в северной части о. Итуруп и представлены массивными породами серого, реже темно-серого цвета, с порфировидной структурой и микропанидиоморфнозернистой основной массой. В порфировых выделениях – плагиоклаз (андезин) и темноцветные минералы. Плагиоклаз (70-90% объема пород) образует вытянутые полисинтетически сдвойникованные, часто зональные кристаллы (0,1-2,0 мм). Клино- и ортопироксены (3-20%) представлены удлиненно-призматическими идиоморфными зернами до 1,0 мм. В кварцевых диоритах в интерстициях присутствуют (до 5%) ксеноморфные зерна кварца (0,3-1,0 мм). Акцессорные минералы представлены магнетитом (3-5%).

Андезиты – дациандезиты – массивные породы светло-серого и серого цвета с интерсертальными, порфировыми, сериально-порфировыми, гломеропорфировыми структурами. Большая часть пород (~60%) сложена черным, реже темно-бурым вулканическим стеклом с микролитами олигоклаза-андезина, диопсида, реже амфибола и изометрическими кристаллами рудного минерала. Размер микролитов составляет 0.001-0.01 мм. На плагиоклаз в основной массе приходится примерно 30%, на диопсид и магнетит (?) – примерно по 10%. Встречаются пустоты, выполненные кварцем. Доля вкрапленников редко превышает 30% от объема породы. Они представлены андезином №30-50 (от 0,5 до 2 мм) двух генераций. Ранние плагиоклазы представлены таблитчатыми и коротко столбчатыми кристаллами размером 1-1.5 мм, вкрапленники второй генерации представлены лейстами и изометрическими зернами размером 0.1-0.5 мм.

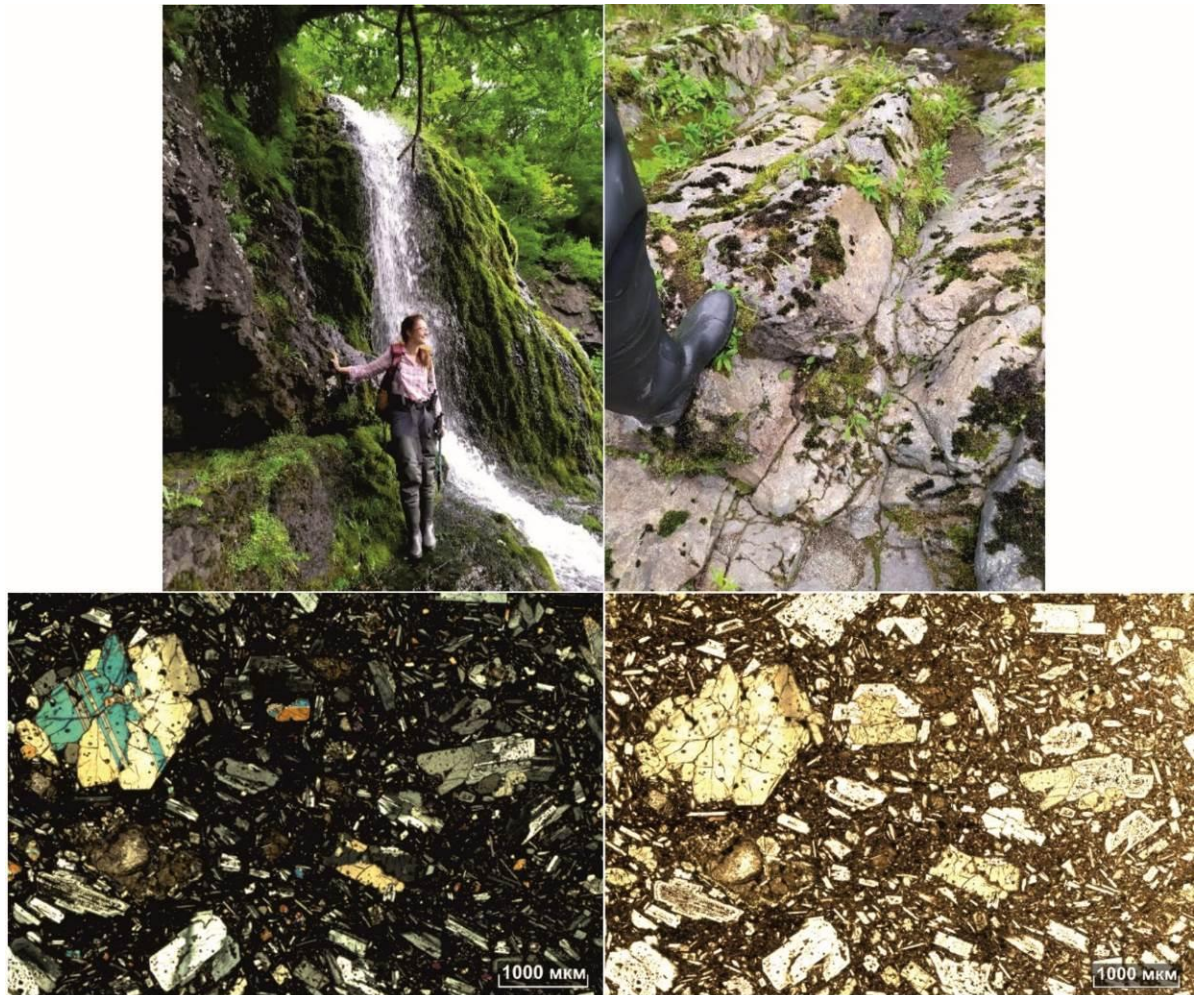


Рисунок 4.2.1– Андезибазальты рыбаковского комплекса (р. Куйбышевка, о. Итуруп). Слева
вверху: коренной выход в стене водопада (правый борт устья р. Куйбышевка, о. Итуруп).

Справа вверху: столбчатая отдельность. Внизу: микрофотографии в шлифе (слева с
анализатором, обр. 207014) [фото автора]

Кислые разновидности данного геологического подразделения в ходе полевых работ автором опробованы не были, описание приводится по ГГК-200/2. Дациты и риодациты – породы от до темно-серого цвета, часто флюидальной текстуры с порфировой структурой. Вкрапленники составляют 5-40% объема пород и представлены преимущественно плагиоклазом (андезин, олигоклаз) 70-80% объема вкрапленников, реже пироксеном и амфиболом. Зональные полисинтетически сдвойникованные кристаллы плагиоклаза (0,2-2,0 мм) образуют гломеропорфировые срастания с пироксенами. Среди темноцветных минералов преобладает бурая роговая обманка с удлиненными опацитизированными по краям зернами (до 2,0 мм, 5-20%). Зерна клино- и ортопироксенов удлиненно-призматической формы (0,05-0,5 мм, до 10%) со слабовыраженными опацитовыми каемками. Основная масса микролитовой структуры

состоит из кварц-полевошпатового агрегата, кислого стекла и примеси рудного минерала. Акцессорный апатит содержится в количестве до 2% [49].

На близповерхностные условия формирования субвулканических образований рыбаковского комплекса указывают довольно полная раскристаллизация пород с присутствием в их составе образований эффузивного облика, полное отсутствие пегматитов и жильных образований. В крупных телах проявляется глыбовая отдельность, в малых – столбчатая отдельность (Рисунок 4.2.1) с перпендикулярной контактам ориентировкой. Внутреннее строение тел простое - степень раскристаллизации пород возрастает по направлению к их центру.

По данным ГГК-200/2, возраст субвулканических образований рыбаковского комплекса относится к позднему миоцену - раннему плиоцену. По результатам исследования циркона пород рыбаковского комплекса, отобранных в ходе полевых работ, U-Pb методом (на спектрометре SHRIMP-II), выполненного в ЦИИ «ВСЕГЕИ» [198], абсолютный возраст пород составил: $20,6 \pm 0,2$ млн. лет (209017/1), $20,7 \pm 0,14$ млн. лет (образец 207019/1), $7,36 \pm 0,11$ млн. лет. (образец 208014/1), $7,32 \pm 0,12$ млн. лет (образец 207034/1), что соответствует раннему и позднему миоцену.

Однако, на основании комагматичности с рыбаковской свитой, вмещающей раннеолигоценовые образования прасоловского комплекса [], можно предполагать, что породы рыбаковского комплекса формировались в начале олигоцена, что также согласуется с представлениями по [178].

Прасоловский плагиогранит-диоритовый плутонический комплекс ($\rho\gamma$ - δP_3 - N_2pr) представлен рядом интрузивных массивов сложного состава на острове Кунашир (Прасоловский, Мечниковский, Лобановский, Докучаевский, Валентиновский массивы). Массивы интродуцируют образования рыбаковской свиты (P_3 - N_2rb) и перекрыты лавами фрегатской толщи и отложениями головнинской свиты.

В их составе выделяют плагиогранитовую, габбродиоритовую и гранодиоритовую фазы: первая сложена плагиогранитами, гранодиоритами и гранодиорит-порфирами (Рисунок 4.2.2); вторая – кварцевыми диоритами, диоритами, габброидами, диорит- и кварцевыми диорит-порфирами; третья (ранее докучаевский комплекс [49]) – гранитоидами (плагиограниты, гранит-порфиры, гранодиориты и гранодиорит-порфиры), в меньшей степени кварцевыми диоритами и кварцевыми диорит-порфирами (Рисунок 3.1.4).



Рисунок 4.2.2 – Плагиограниты прасоловского комплекса (м. Прасолова, о. Кунашир).
Вверху: коренные выходы, формирующие клиф [фото И. Зюзюкина]. Внизу: фотографии в
шлифе (слева с анализатором, обр. 209056/1) [фото автора]

Плагиограниты и, плагиогранит-порфиры представляют собой полнокристаллические породы серого, светло-серого цвета с гипидиоморфнозернистой и порфировидной структурами. Минеральный состав (об. %): олигоклаз (40), кварц (30), амфибол (10) и калиевый полевой шпат (до 10). Порода сложена идиоморфными таблитчатыми зернами олигоклаза размером 0.5-2.5 мм, зачастую замещенными серицитом и соссюритом. Мелкие зерна изометрические кварца формируют мономинеральные скопления и сростки (до 4,0 мм), в том числе с олигоклазом. Роговая обманка (зеленая) наблюдается в виде неправильных по форме выделений в интерстициях. Калиевый шпат представлен в ксеноморфных зернах, формирующих срастания с олигоклазом. Акцессорные – магнетит, апатит, циркон, сфен (первые %) (Рисунок 4.2.2).

Гранодиориты, гранодиорит-порфиры – массивные серого, светло-серого на выветрелой поверхности бурого цвета породы, со среднезернистой, гипидиоморфнозернистой и

порфировидной структурами. Минеральный состав олигоклаз (40-50%), кварц (до 20%), ортоклаз (до 20%), вторичные минералы – хлорит, эпидот, серицит. Порода сложена идиоморфными таблитчатыми и коротко столбчатыми зернами олигоклаза №15 и ксеноморфными зернами кварца и ортоклаза размером 0.5-2.5 мм. В ортоклазе отмечаются единичные вроски альбита. Вторичные изменения выражены в замещении плагиоклаза соссюритом и серицитом.

Кварцевые диориты и кварцевые диорит-порфиры – серые, светло-серые породы с неравномернотекстурной и порфировидной структурами. Минеральный состав: плагиоклаз (до 75%), кварц (15-20%), темноцветные минералы (10-15%). Плагиоклаз (андезин, олигоклаз) составляет таблитчатые полисинтетически сдвойникованные прямозональные кристаллы (0,1- 3,0 мм). Ксеноморфные зерна кварца (0,1-0,3 мм) распределены равномерно между кристаллами плагиоклаза.

В результате датирования проб, отобранных автором в ходе полевых работ, в ЦИИ «ФГБУ ВСЕГЕИ» U-Pb методом по 12 точкам циркона, содержащегося в гранитоидах Докучаевского массива (о. Кунашир, обр. 207025/1), получен возраст **5,04±0,06 млн. лет** (ранний плейстоцен), что соответствует заключительной фазе становления прасоловского плутонического комплекса [198]. Для более ранних фаз в изданных картах и серийных легендах [49] возраст прасоловского комплекса принимался по наиболее часто встречающимся результатам K-Ar датировок позднемиоценовым (11-10 млн. лет). Однако в недавних работах [178] опубликованы результаты первого датирования пород комплекса U-Pb методом по циркону (LA-ICP-MS), магматическая природа которого доказана катодоллюминесцентными исследованиями. Возраст гранодиорита составил 31 млн. лет, что отвечает раннему олигоцену. Следует отметить, что согласно детальному изучению взаимоотношений интрузивных пород, слагающих Прасоловский массив [128], гранодиориты относятся ко второй фазе становления массива, то есть возраст комплекса может быть больше, чем предполагаемый 31 млн. лет.

Субвулканические образования камуйского дацитового вулканического комплекса (N₂km) представлены телами риодацитов, дацитов, риолитов различной морфологии (штоками, дайками и силлами). Отмечаются штокообразные тела сложного (от дацитов до кварцевых диорит-порфиров) и простого строения (дациты, риолиты, риодациты, андезидациты), дайки и силлы преимущественно риодацитового состава. Породы комплекса интродуцируют более древние породы рыбаковской свиты и образования камуйской свиты.

Штоки сопровождаются дайками и силлами аналогичного состава. Дайки преимущественно северо-западного простирания, часто контролируются зонами разрывных нарушений. Силлы, до 10 м мощностью, имеют пологое залегание. Дайковым телам свойственны

крутые ($70-90^\circ$) углы падения, резкие и ровные контакты, незначительная протяженность (в среднем 20-200 м) и небольшая мощность (до 10 м) [49].

Диорит-порфириты и кварцевые диорит-порфириты – серые и светло-серые породы с гипидиоморфнозернистой и порфировидной структурами (Рисунок 4.2.3). Состав: плагиоклаз (50-75%), пироксены (10-15%), кварц (10%) и амфибол (10%). Плагиоклаз (андезин-лабрадор) присутствует в виде зональных полисинтетически сдвойникованных кристаллов (0,3-5,0 мм) удлиненно-таблитчатой, реже изометрической формы. Клино- и ортопироксены слагают таблитчатые зёрна (0,2-2,0 мм), часто сдвойникованы. Зёрна кварца изометрические, размером 0,1-0,3 мм.



Рисунок 4.2.3 – Малый шток камуйского комплекса, выполненный кварцевыми диоритами (о. Кунашир, обр. 207034/1) [фото автора]

Дациты (Рисунок 4.2.4.), риодациты, риолиты – порфировые породы от светло-серого до черного цвета. Основная масса (~80%) имеет кристаллитовую, сферолитовую, либо гиалопилитовую структуры, часто с перлитовой и полосчато-флюидальной текстурой. Основная масса состоит из кристаллитов, микролитов, лейст кварца, андезина, олигоклаза и вулканического стекла. Вкрапленники (до 20% объема породы) на 60-80% представлены плагиоклазом (альбит-олигоклаз, реже андезин). Зерна плагиоклазов (0,1-2,0 мм) прямозональные, полисинтетически сдвойникованные, таблитчатые и удлиненно-таблитчатые, нередко с «оплавленными» краями и обильными включениями бурого стекла. Выделения кварца (10%) (0,1-5,0 мм) округлой формы с «оплавленными» границами. Пироксены (до 10%) слагают таблитчатые, реже удлиненные зерна (~ 0.5 мм).

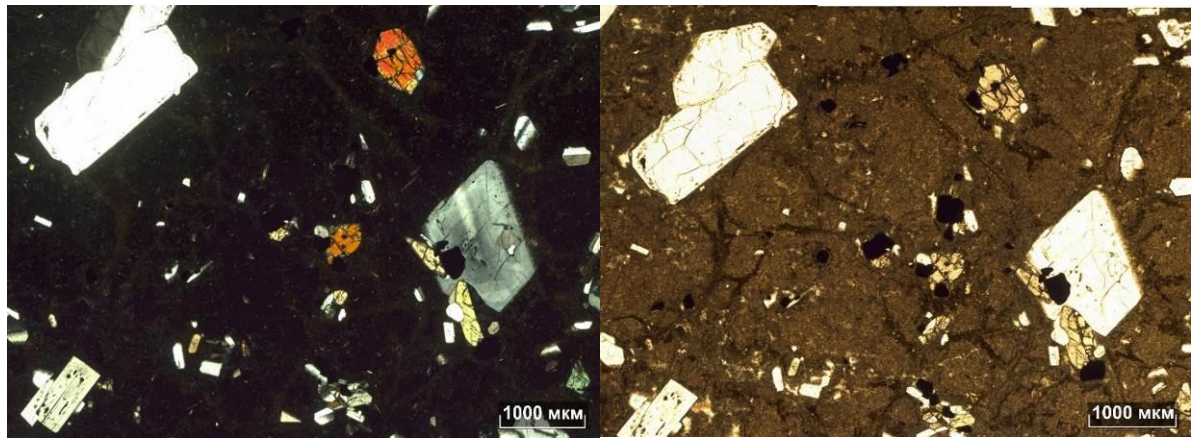


Рисунок 4.2.4 – Фотография в шлифе дацитов камуйского комплекса
(слева с анализатором, обр. 204013/4) [фото автора]

Согласно датировке, выполненной в ЦИИ «ФГБУ ВСЕГЕИ» (U-Pb), возраст андезидацитов камуйской свиты составил $4,210 \pm 0,63$ млн. лет (обр. 209022/1), что соответствует раннему плиоцену. По опубликованным данным, возраст субвулканических образований установлен радиологическим определением калий-аргоновым методом (6,5 - 4,5 млн. лет) [107, 127] и по интрузивному взаимоотношению с плиоценовой камуйской свитой и холодному контакту с породами фрегатского андезибазальтового вулканического комплекса [49].

Фрегатский андезибазальтовый вулканический комплекс (N_2-Q_{1fr}) представлен изометричными штокообразными телами основного и средне-основного составов, а также дайками андезитов, андезибазальтов, кварцевых диорит-порфиритов (Рисунок 4.2.5). Данные образования прорывают породы камуйской свиты. Залегают в комагматичных образованиях фрегатской толщи.

Андезиты – массивные плотные породы светло-серого до белого на свежем сколе цвета с порфировой, сериально-порфировой, микролитовой структурой. Основная масса (60-80%) выполнена вулканическим стеклом (60%) с микролитами андезина, реже пироксенов, которые имеют изометрическую и игольчатую форму и занимают до 20% основной массы (0,01-0,1 мм). Порфировые вкрапленники представлены столбчатыми и изометрическими зернами андезина (N_{45}) двух генераций и призматическими индивидами клино-, реже ортопироксена. Размер вкрапленников плагиоклаза первой генерации составляет 1-1.5 мм, вкрапленники второй генерации имеют размер 0.1-0.5 мм. Они иногда образуют гломеропорфировые срастания размером 1-1.5 мм. Вкрапленники пироксенов имеют идиоморфные призматические и изометрические, реже гипидиоморфные формы, их размер составляет 0.1-0.5 мм.

Андезибазальты, базальты – светло-серые, серые породы с порфировой, сериально-порфировой, гломеропорфировой структурой. В породах фрегатского комплекса преобладают лейкократовые разновидности, часто оливинсодержащие (в более основных разностях) с порфировыми структурами. Основная масса (~70%) сложена черным вулканическим стеклом,

игольчатыми и изометрическими микролитами плагиоклаза №40-50, цветных минералов, и изометрическими микролитами рудного минерала. Размер микролитов составляет $<0.01-0.05$ мм. Во вкрапленниках отмечаются столбчатые, лейстовидные и игольчатые, реже изометричные порфировые вкрапленники трех генераций и гломеропорфировые срастания плагиоклаза (андезина и лабрадора), реже отмечаются зерна оливина, пироксенов и кварца. Вкрапленники ранней генерации образованы изометрическими зернами размером 1.5-3 мм, вкрапленники второй представлены изометрическими и короткостолбчатыми зернами размером 0.5-1 мм. Микровкрапленники третьей генерации представлены игольчатыми, лейстовидными и короткостолбчатыми зернами размером 0.1-0.25 мм. Единичные вкрапленники оливина представлены типичными бочонкообразными зернами размером примерно 1 мм. На вкрапленники в породе приходится 30-60 %



Рисунок 4.2.5 – Субвулканические образования фрегатского комплекса о. Кунашир.

Слева сверху: скала Парус сложена базальтами фрегатского комплекса. Слева снизу: андезит (обр. 3017/1); справа: Дайка андезибазальтов в районе м. Красный Утес [фото автора]

Метасоматически переработанные разности субвулканических образований фрегатского комплекса встречены на о. Кунашир в районе м. Красный Утес. Они слагают штокообразное тело

неправильной формы и многочисленные дайки, секущие отложения рыбаковской свиты (Рисунок 4.2.5), представлены породами среднего и основного состава. Для даек характерны маломощные (1-2 см) зоны закалки, относительно ровные контакты и преобладающая поленобразная отдельность. Средняя мощность составляет 50 см, углы падения 80-90°, при субширотном простирании.

Абсолютный возраст андезитов фрегатского комплекса (204016/1), полученный ЦИИ ФГБУ ВСЕГЕИ (U-Pb), равен: **2,15±0,06 млн. лет** (гелазский ярус) [198]. Плиоцен-раннеплейстоценовый возраст тел устанавливается на основании их комагматичности образованиям фрегатской толщи и подтверждается наличием рвущих контактов с породами камуйской и рыбаковской свит [49].

Экструзивные тела головнинского дацитового комплекса (Q_{E-IIgl}) прорывают породы камуйского и фрегатского вулканических комплексов, залегают в комагматичных образованиях головнинской свиты. Экструзивно-жерловые образования комплекса имеют простое внутреннее строение и однородный состав пород, которые по содержанию кремнезема относятся к риодацитам и дацитам, реже к дациандезитам.

Риодациты, дациты формируют куполовидные тела (Рисунок 4.2.6), выраженные в рельефе как возвышенности конической формы с относительными превышениями до 200-330 м (г. Отдельная, о. Кунашир). Распространены в юго-западной части острова Кунашир. Образуют разнообразные в плане малые тела, от изометричных (диаметром 200-700 м) до линейно-вытянутых (0,1-1,6 км). Контакты с вмещающими породами вертикальные либо наклонные от центра экструзии.

Дациты, риодациты (Рисунок 4.2.7) – светло-серые, серые с зеленоватым оттенком породы с порфировой, реже афировой структурами. Основная масса (>50%) гиалопилитовая, микрофельзитовая, микролитовая и кристаллитовая, с участками интерсертальной и фрагментами сферолитовой. Основная масса состоит из кристаллитов, микролитов и лейст плагиоклаза, мелких зерен кварца и пироксена, погруженных в кислое вулканическое стекло. Фенокристаллы (от 5 до 50% объема породы) представлены олигоклазом-андезином (50-80%), кварцем (до 20%), реже пироксеном, амфиболом. Из аксессуарных минералов отмечаются апатит, циркон, магнетит (не более 3%).



Рисунок 4.2.6 – Мыс Столбчатый на о. Кунашир выполнен экструзивным телом риодацитов головнинского комплекса [фото автора]

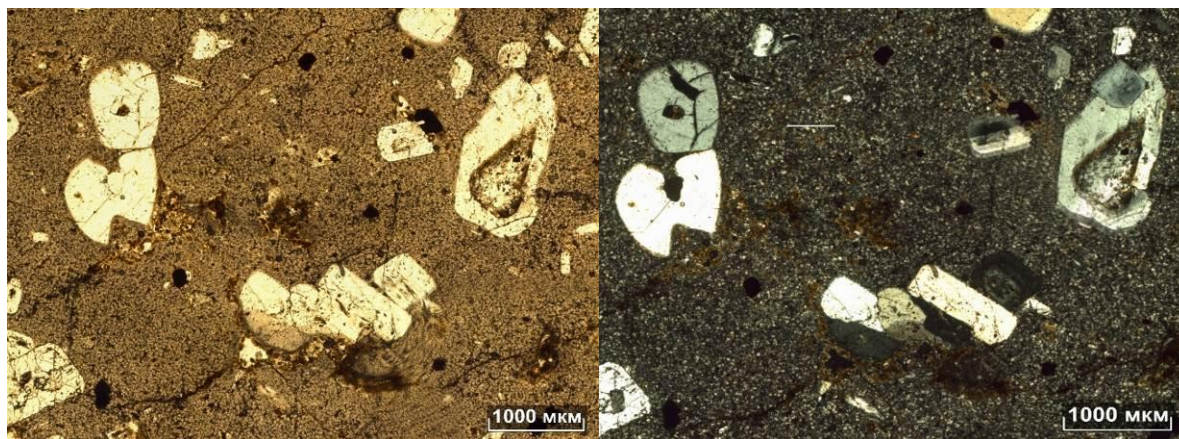


Рисунок 4.2.7 – Фотографии в шлифе риодацитов м. Столбчатый (слева с анализатором, обр. 208009/1) [фото автора]

Возраст образований принимается эоплейстоцен-среднеплейстоценовым на основании одновозрастности с образованиями головнинской свиты и по наличию рвущих контактов с фрегатской толщей [49].

Экструзивные тела роковского дацитового вулканического комплекса ($Q_{\text{шrk}}$) имеют отчетливую пространственную и генетическую связь с кальдерами (Медвежий п-ов, Ветровой перешеек и др.). Отличаются простотой внутреннего строения и однородностью слагающих

пород, которые по кислотности подразделяются на две группы: кислого состава – риодациты и дациты (преобладают); среднего состава – дациандезиты. Экструзивные тела и дайки залегают в комагматичных образованиях роковской свиты, часто перекрыты лавами богатырского вулканического комплекса.

В ходе данного исследования опробованы не были. Ниже приводится характеристика по данным [49].

Дацинты и риодациты представляют собой породы от темно-серого до черного цвета с добавлением оттенков, варьирующихся от коричневого до фиолетового, и характеризуются сериально-порфировой структурой с заметной флюидалностью. Вкрапленники, занимающие от 5 до 30% их объема, представлены плагиоклазом (составляющим 60-80% всех фенокристаллов), пироксенами и реже кварцем. Особенностью являются агломераты плагиоклаз-пироксен и чисто пироксеновые агрегаты. Плагиоклазы (в частности, андезин и олигоклаз) формируют табличные зонально сдвоенные кристаллы полисинтетической природы размерами от 0,1 до 2,0 мм. Темные минералы, в основном ортопироксены и в меньшей степени моноклинные пироксены, отличаются удлиненной призматической формой с размерами от 0,1 до 1,0 мм, часто окружены опацитовыми каемками и клинопироксеновыми обрамлениями. Кварц встречается в виде хорошо раскристаллизованных, зачастую резорбированных округлых зерен до 1,0 мм. Основная масса породы состоит из кварц-пироксен-полевошпатовых агрегатов с добавлением темного, почти непрозрачного вулканического стекла, имеющего микролитовую и пилотакситовую с участками сферолитовой структуру.

Геологический возраст экструзивных тел устанавливается по синхронности образования с датированными отложениями роковской свиты и перекрытию голоценовыми образованиями.

Богатырский андезибазальтовый вулканический комплекс ($Q_{II}-Q_{Hbg}$) представлен экструзивно-жерловыми образованиями, для которых характерна приуроченность к четвертичным вулканическим постройкам одиночного или линейно-гнездового типов. На Итуруп распространены в районе горы Камуй, южнее оз. Тайное, западнее горы Горелая, на полуострове Чирип, на хребтах Грозный и Богатырь. На о. Кунашир отмечены вблизи горы Руруй и в верховьях реки Птичь, а также в районе вулкана Менделеева.

Тела куполовидные, в плане как изометричные, так и неправильные, площадью от 0,1 до 3 км² часто менее. Контакты резкие, ровные, вертикальные, крутопадающие от центра или к центру экструзии. В экзоконтактах отмечаются элементы дробления, в эндоконтактах – стекловидные разности пород. Наблюдается глыбовая, призматическая и тонкоплитчатая отдельность. По составу пород выделяются три группы тел: кислого состава (дациты), среднего и средне-основного составов (андезиты и андезибазальты), основного состава (базальты).

Экструзивные образования богатырского комплекса не были опробованы в ходе полевых работ, ниже приводится характеристика согласно [49].

Базальты – серые, темно-серые породы с сериально-порфировой структурой. Вкрапленники (10-30 % объема породы): плагиоклаз (50-70% от объема фенокристаллов), клинопироксен (до 35-40%) и редкие зерна оливина. Плагиоклаз (лабрадор, битовнит) формирует полисинтетические двойники (0,5-2,0 мм). Моноклинный пироксен образует короткостолбчатые индивиды (0,3-1,5 мм). Основная масса имеет интерсертальную, пилотакситовую, микролитовую структуры, состоит из микролитов и лейст плагиоклаза, мелких зерен пироксена и оливина. В качестве акцессорного минерала представлен магнетит (до 5%).

Андезиты и андезибазальты – породы серого, темно-серого цвета, почти черного цвета с сериально-порфировой структурой. Вкрапленники (20-50 % объема породы): плагиоклаз (60-80 %), моноклинный и ромбический пироксены (до 30%), реже зерна оливина. Плагиоклаз (андезин, лабрадор) представлен удлинённо-таблитчатыми прямозональными и полисинтетически-сдвойникованными кристаллами (0,1-3,0 мм). Ортопироксен образует удлинённо-призматические опациitized кристаллы. Клинопироксен наблюдается в виде призматических и короткопризматических зёрен размером 0,2-0,5 мм. Основная масса состоит из микролитов и лейст среднего плагиоклаза и темноцветных минералов, погруженных в стекло, иногда ожелезненное. Имеет гиалопилитовую, пилотакситовую и интерсертальную структуры. Акцессорные – магнетит (2-4 %).

Геологический возраст экструзивных тел устанавливается по синхронности образования с датированными отложениями богатырской толщи и перекрытию голоценовыми образованиями.

Таким образом, как и в случае со стратифицированными (покровными) аналогами, субвулканические и экструзивные тела островов Кунашир и Итуруп принадлежат к фрегатскому, богатырскому андезибазальтовому, рыбаковскому андезитовому и камуйскому, роковскому, головнинскому дацитовым вулканическим комплексам (Таблица 4.2.1). Субвулканические образования в пределах территории исследований формируют разнообразные по морфологии и генезису тела: силлы, штоки, дайки, экструзивные купола и неки. При этом состав субвулканических образований близок к составу их покровных аналогов. Помимо этого, выделяются интрузивные массивы прасоловского плагиогранит-диоритового комплекса, отмеченные в северной части о. Кунашир.

Таблица 4.2.1 – Геологические подразделения островов Кунашир и Итуруп

Рыбаковский андезитовый вулканический комплекс (P_3-N_2rb)
Прасоловский плагиогранит-диоритовый плутонический комплекс (P_3-N_2pr)
Камуйский дацитовый вулканический комплекс (N_2km)
Фрегатский андезибазальтовый вулканический комплекс (N_2-Q_1fr)
Головинский дацитовый вулканический комплекс (Q_E-plgl)
Богатырский андезибазальтовый вулканический комплекс ($Q_{II-H}bg$)
Роковский дацитовый вулканический комплекс ($Q_{III}rk$)

4.3 Петро-геохимическая характеристика вулканических и плутонических образований

Содержания главных петрогенных оксидов и редких элементов для исследования вариаций геохимического состава пород, отобранных в ходе полевых работ и переданных в лабораторию ФГБУ «ВСЕГЕИ», получены в рамках работ по созданию ГГК-1000/3 [198]. Помимо этого, в ходе исследования использованы результаты анализов из отчетов работ, проводимых ООО «СахГРЭ» для построения ГГК-200/2 [192]. В сравнительно небольшом объеме приведены материалы из монографий [72, 113, 128]. Это связано с тем, что в них опубликованы усредненные результаты без точной привязки места отбора пробы.

Вследствие того, что химический состав покровных и субвулканических образований геологических подразделений, слагающих Курильские острова, отличается незначительно [49], для исследования эволюции магматизма (вулканизма) островов Кунашир и Итуруп использовались данные и по стратифицированным, и по субвулканическим разновидностям вулканических комплексов, слагающих острова. Кроме того, в ходе полевых работ автором не были опробованы экструзивные образования роковского и богатырского вулканических комплексов, а в материалах предшественников зачастую не указан вид горных пород. Данные по содержанию петрогенных и микроэлементов, за вычетом опубликованных материалов, приведены в Приложении Г.

Представительность данных по геологическим подразделениям, слагающим территорию исследования, различна (Рисунок 4.3.1, Рисунок 4.3.3). В первую очередь это обусловлено разной степенью распространенности пород различных геологических подразделений на территории островов, а также их доступностью для опробования. Поскольку процессы метасоматоза могут значительно влиять на содержание некоторых элементов, для исследования выбирались наименее измененные разности вулканических пород

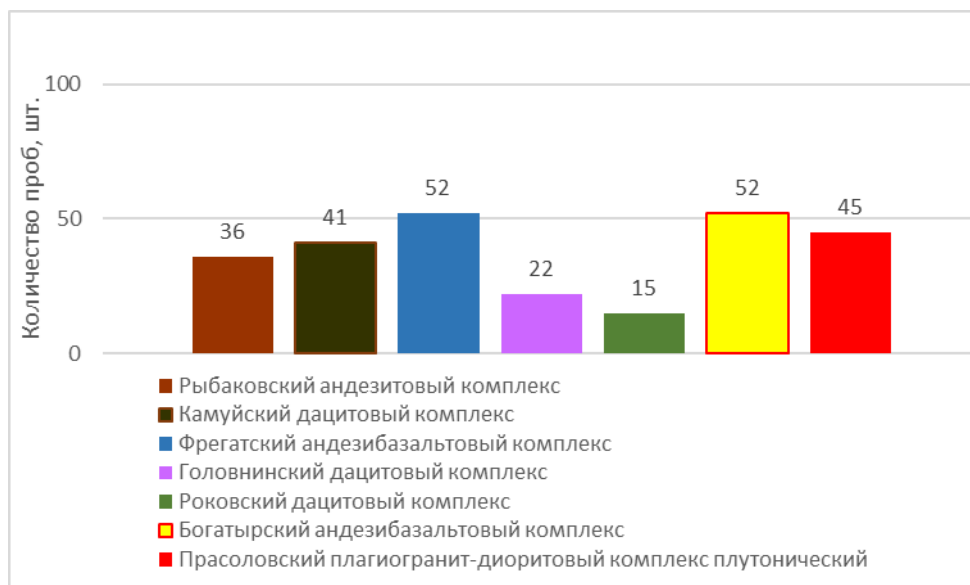


Рисунок 4.3.1 – Гистограмма распределения отобранных для исследования проб по геологическим подразделениям [построено автором]

По результатам анализа химического состава пород для изучения особенностей вулканизма/магматизма автором были построены мультиспектральные диаграммы. Ниже приведены результаты их интерпретации

В целом, породы, слагающие южные острова БКГ, составляют непрерывный ряд от базальтов до риолитов, с интервалом содержаний SiO_2 от 45 до 79% (Рисунок 4.3.2). Выделяются три статистических максимума по содержанию кремнезема, соответствующих андезибазальтам (56%), дацитам (66%) и риолитам (74%). Присутствие кислого риолитового максимума, в первую очередь, обусловлено интрузиями прасоловского плагиогранит-диоритового комплекса. Наиболее контрастный андезибазальтовый пик можно отчасти объяснить неравномерностью опробования островов Кунашир и Итуруп. Тем не менее, имеющиеся данные позволяют заключить, что породы среднего и основного состава являются преобладающими на территории Южных Курил.

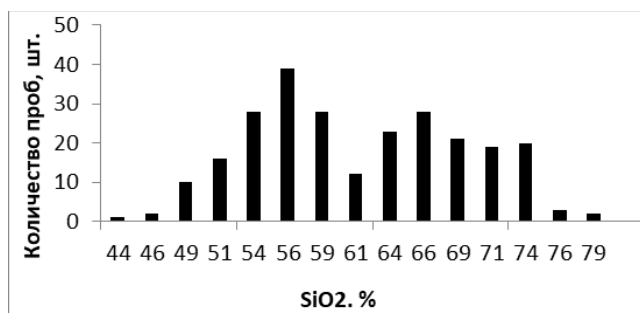


Рисунок 4.3.2 – Гистограммы распределения содержания SiO_2 в породах Южных Курил [построено автором]

На АФМ-диаграмме (Рисунок 4.3.4) поля распределения точек химического состава изучаемых пород попадают на границу между известково-щелочной и толеитовой сериями, что не противоречит существующим представлениям [49, 99, 104]. При этом, необходимо отметить, что для пород прасоловского, роковского и головнинского комплексов точки распределены преимущественно в области известково-щелочной серии, что связано с отбором проб из тыловодужной части

Согласно классификационной диаграмме TAS (Рисунок 4.3.5), изучаемые образцы попадают в диапазон пород от базальтов до риолитов нормальной щелочности. Пониженные средние значения суммы K_2O и Na_2O , как известно, отличают вулканы островных дуг от пород окраинно-континентальных вулканических поясов [53, 140, 148]. На диаграмме не отражены фигуративные точки, соответствующие образованиям прасоловского комплекса, так как он состоит из интрузивных пород.

На дискриминационной диаграмме Харкера для выделения породных серий по содержанию K_2O (Рисунок 4.3.6) большинство фигуративных точек составов изученных вулканических пород распределено в пределах низкокалиевой и умеренно-калиевой серий. Вероятнее всего, такая закономерность связана с зональным строением островов, что выражается в приуроченности пород низкокалиевой серии к фронтальной части дуги, а умеренно-калиевой серии – к тыловой ее части. Однако важно отметить, что интрузии прасоловского комплекса расположены исключительно в тыловодужной части островной дуги. Особенности распределения фигуративных точек для данного геологического подразделения можно связать с эволюцией магматического очага и внедрением умеренно-калиевых разновидностей в более поздние фазы.

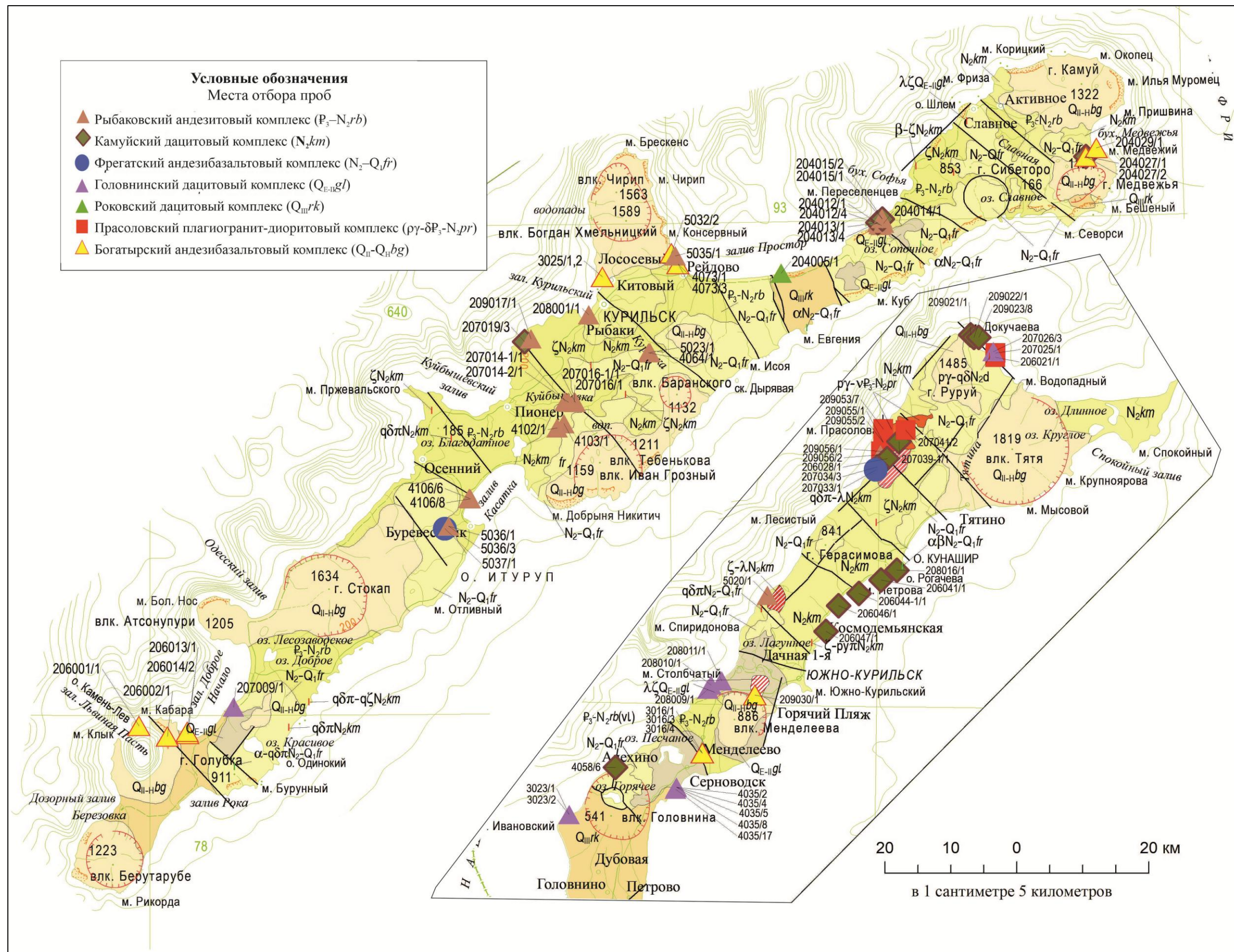


Рисунок 4.3.3 – Схема опробования пород о. Итуруп (слева) и о. Кунашир (справа) (масштаб 1:500 000) [построено автором]

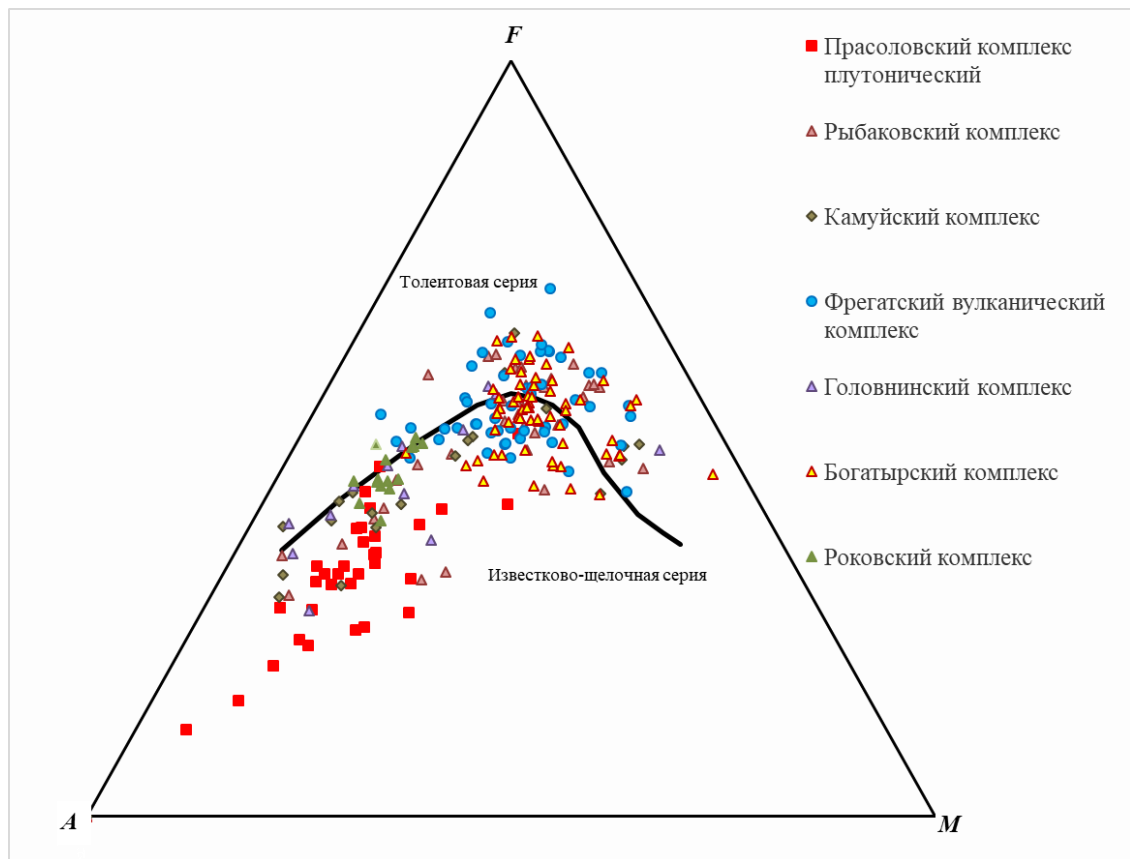


Рисунок 4.3.4 – Дискриминационная AFM-диаграмма для неоген-четвертичных вулканических комплексов южного сегмента Курильской островной дуги [построено автором по 173]

Для исследования содержаний редких элементов в породах, составляющих острова Кунашир и Итуруп, представлены результаты анализа 33 проб, проведенного ЦЛ ФГБУ «ВСЕГЕИ» по указанной выше методике [198]. Из рассмотрения исключены пробы, не содержащие данных о концентрации РЗЭ. Кроме того, использованы данные по трем пробам прасоловского комплекса, взятые из фондового отчета по результатам работ, проводимых для создания ГГК-200/2 в 2000 г [192]. В опубликованных ранее работах [60, 143] не содержатся сведения о концентрациях несовместимых литофильных элементов, которые принято использовать при исследовании состава магматических пород. Для сравнения на диаграммах (Рисунок 4.3.8) показаны поля составов разновозрастных вулканических пород о. Кунашир [100, 101] и средний состав базальтов океанических островов [190], данные нормированы на содержания редких элементов в примитивной мантии по [190].

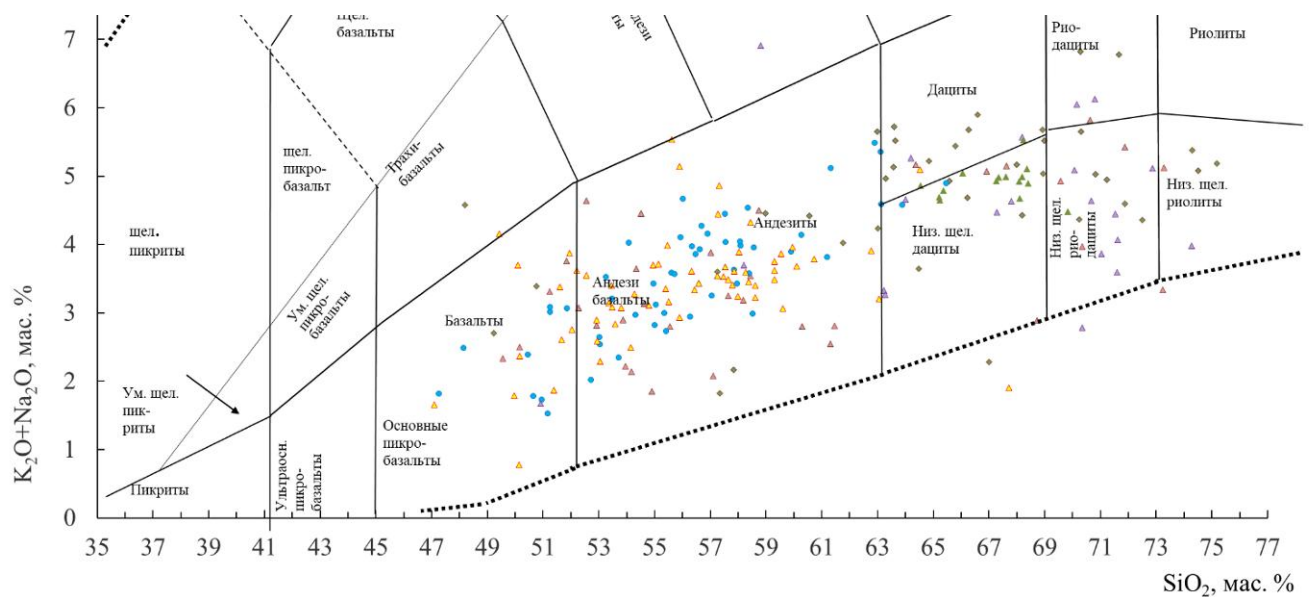


Рисунок 4.3.5 – TAS-диаграмма для неоген-четвертичных вулканических комплексов южного сегмента Курильской островной дуги. Условные обозначения на Рисунке 4.3.4 [построено автором]

В пределах южного звена Курильской островной дуги, к которому относятся острова Кунашир и Итуруп, по мнению некоторых авторов, отчетливой продольной геохимической зональности не отмечается [143]. В то же время исследователи связывают вариации составов излившихся пород с поперечной геохимической зональностью, это особенно характерно для острова Итуруп [103]. Поперечная зональность проявляется в возрастании щелочности пород, концентрации калия, некогерентных (Mg, Ni, Cr) элементов, а по критерию Мияширо в переходе от толеитовых до известково-щелочных разностей в западном направлении (от фронта к тылу).

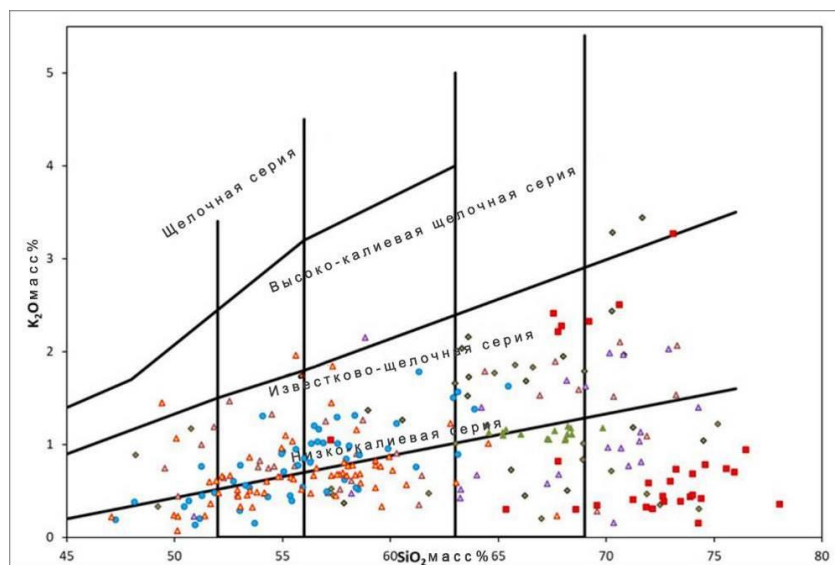


Рисунок 4.3.6 – Дискриминационная диаграмма Харкера для выделения породных серий по содержанию K_2O для неоген-четвертичных вулканических комплексов южного сегмента Курильской островной дуги [167]. Условные обозначения на Рисунке 4.3.4 [построено автором]

Рассмотрим закономерности изменения петрохимического и микроэлементного составов пород для каждого из выделенных в разделе 4.2 комплекса.

По химическому составу породы **рыбаковского андезитового комплекса** относятся к нормально-щелочному подотряду с преобладанием натрия $Na/K > 1$, с низкой калиевоcтью для большинства пород основного состава ($K_2O = 0,22-1,41$ масс%). На АФМ диаграмме (Рисунок 4.3.4) точки составов пород попадают на границу известково-щелочных и толеитовых серий, что связано с переходом от фронтальной к тыловодужной зоне. Породы характеризуются умеренной до высокой глиноземистостью и низкими концентрациями TiO_2 (0,32-0,91 масс%).

Содержание редкоземельных элементов $\sum REE$ (Рисунок 4.3.8) в андезибазальтах и базальтах рыбаковского комплекса варьирует от 49 до 61 г/т, в дацитах сумма увеличивается до 76 г/т. Характер распределения редкоземельных элементов в породах основного состава рыбаковского комплекса слабо нисходящий с обеднением тяжелыми элементами относительно легких (La/Yb 2,5-4,1), что приближает их к базальтам океанических островов (ОИВ). На многокомпонентных диаграммах, нормализованных к примитивной мантии (Рисунок 4.3.), породы рыбаковской свиты деплетированы в отношении Ta, Nb, но обогащены Rb, Ba, K, Sr, что позволяет относить их к типичным представителям островодужной серии [101].

Породы **прасоловского плутонического комплекса** относятся к нормально-щелочному и умеренно-щелочному подотрядам кислого отряда, известково-щелочной серии (Рисунок 4.3.4). Наиболее щелочными являются гранодиориты докучаевского массива (207025/1), которые ранее выделялись в отдельный плутонический комплекс [49] и внедрялись в последнюю очередь. Среди гранитоидов выделяется две группы пород, соответствующих низкокалиевой (преобладающее число анализов) и умеренно-калиевой сериям (Рисунок 4.3.6).

Характер распределения редкоземельных элементов в интрузивных образованиях прасоловского комплекса слабо нисходящий, с обеднением тяжелыми редкими землями относительно легких. Исключение составляют риодациты прасоловского комплекса, отобранные с побережья Охотского моря (209056/1), которые характеризуются трендом с незначительным повышением тяжелых РЗЭ, при La/Yb отношениях 0,85. Микроэлементный состав пород характеризуется увеличением концентраций Rb, K, Ba, дефицитом некогерентных высокочarged элементов (HFSE) Zr, Hf и глубокой Ta-Nb аномалией, что является явным признаком островодужных образований [158].

Эффузивные и вулканокластические породы **камуйского комплекса** по химическому составу относятся к нормально-щелочному подотряду среднего и кислого рядов с высокими содержаниями глинозема. В некоторых пробах, отобранных в районе м. Ремонтного (о. Кунашир), содержания титана достигают 17,4 масс%. Породы обогащены щелочами, по

сравнению с ранее описанными образованиями рыбаковского комплекса, и формируют кластер на границе низко- и умеренно-калиевой серии. Встречаются также кислые высококалиевые породы, расположенные в тыловодужной зоне.

Согласно АФМ-диаграмме породы камуйского комплекса демонстрируют характеристики как известково-щелочной, так и толеитовой серий. При этом породы, обогащенные кремнеземом, количество которых преобладает среди вулканитов позднеплиоценового возраста, смещены в известково-щелочную область.

На спайдер-диаграммах, нормализованных к примитивной мантии (Рисунок 4.3.7), образования камуйского комплекса показывают максимумы по несовместимым (Ba, K и Sr) и Ta-Nb минимум, менее выраженные по сравнению с образованиями P_3-N_2rb , что позволяет предположить изменение состава расплава и обстановок его формирования в позднем плиоцене. Спектр распределения REE субгоризонтальный, со слабым обогащением легкими лантаноидами. Eu-аномалия не проявлена.

Особенностью вулканизма **фрегатского комплекса** плиоцен-плейстоценового возраста является не только подъем территории и переход от субаквального к субаэральному вулканизму, но и трещинный характер излияний [49]. Покровные и субвулканические образования данного геологического подразделения относятся к нормально-щелочным средним и основным породам, главным образом к толеитовой, и в меньшей мере к известково-щелочной сериям с высоким содержанием глинозема и низким титана. Подразделяются по типу щелочности на калиево-натриевый и натриевый типы, чередующиеся в разрезе и по латерали без видимой закономерности. При этом отмечаются низкие содержания K_2O (0,22-1,41), схожие со значениями во фронтальных вулканитах других возрастных интервалов. Невысокие содержания некогерентных микроэлементов хорошо коррелируют с пониженными концентрациями калия. Спектры распределения РЗЭ имеют субгоризонтальный характер либо слабо обогащены легкими лантаноидами.

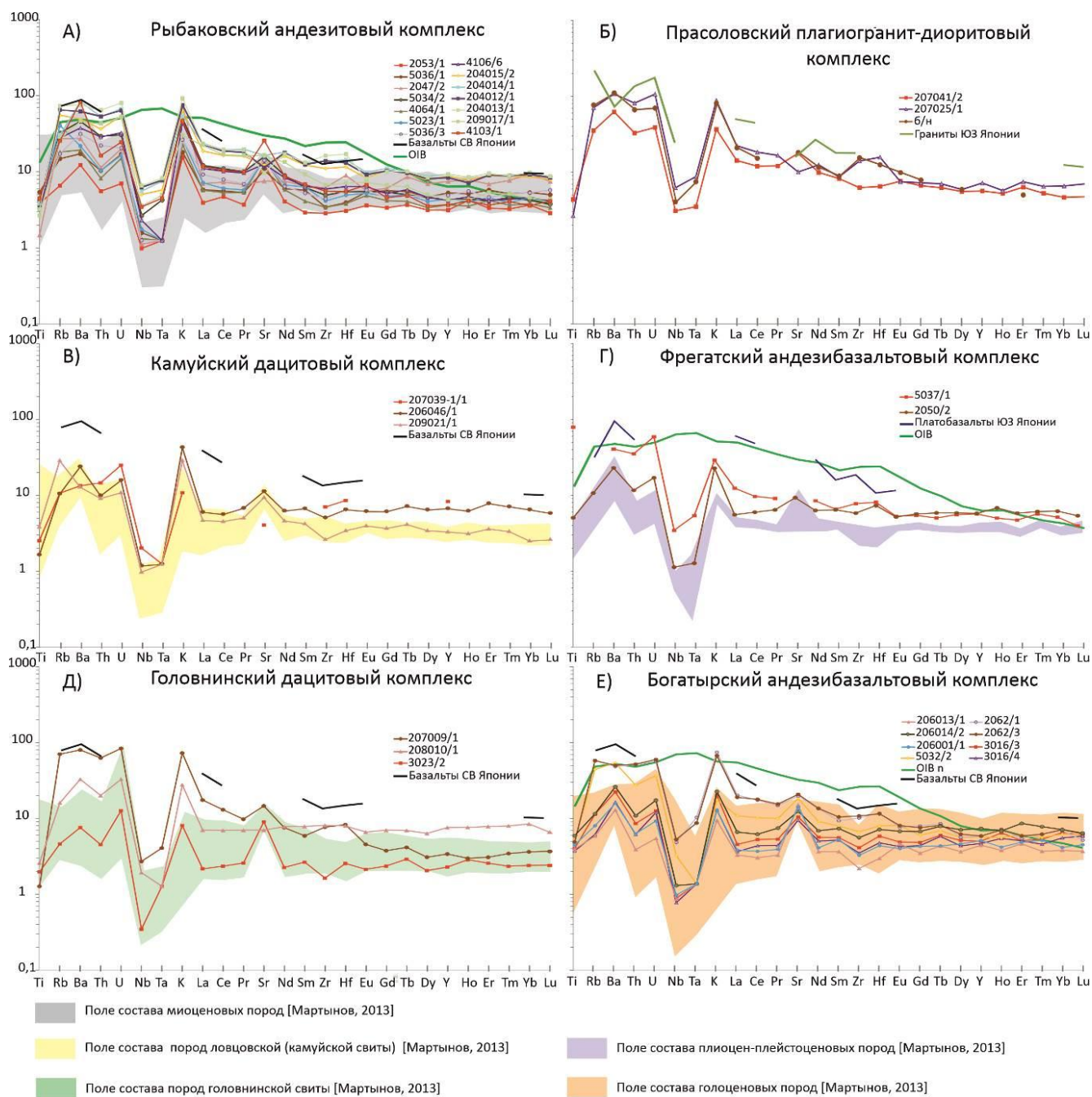


Рисунок 4.3.7 – Мультиэлементные диаграммы, нормированные на примитивную мантию, для вулканических и плутонических пород различных геологических подразделений Южных Курил: А-рыбаковский андезитовый комплекс, Б-прасоловский плагиогранит-диоритовый комплекс, В-камуйский дацитовый комплекс, Г-фрегатский андезибазальтовый комплекс, Д-головнинский дацитовый комплекс, Е-богатырский андезибазальтовый комплекс. Содержания элементов в примитивной мантии по [190], в базальтах и платобазальтах Японии по [104], в гранитах Японии по [177] [построено автором]

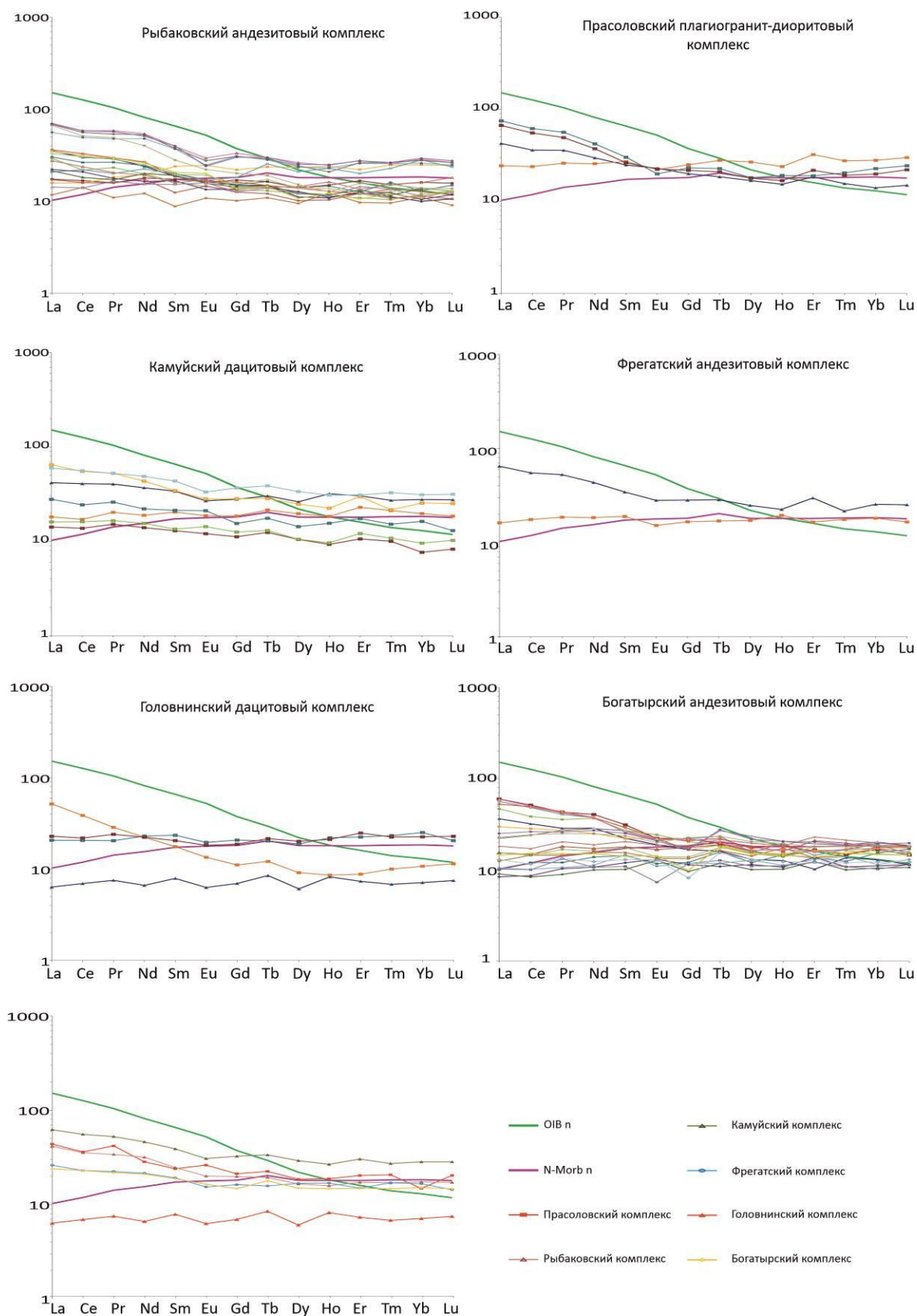


Рисунок 4.3.8 – Спектры распределения содержаний редкоземельных элементов, нормированных по хондриту [191], для пород Южных Курил. Для сравнения приведены нормированные содержания редкоземельных элементов в базальтах океанических островов и в базальтах СОХ по [190] [построено автором]

Экструзивно-жерловые и покровные образования **головнинского дацитового комплекса** относятся к средним, чаще кислым породам, калиево-натриевого и натриевого типов нормально-щелочного подотряда. Исключением являются умеренно-щелочные трахиандезитовые туфы, отобранные с Охотоморского побережья острова Итуруп. По содержанию K_2O вулканы головнинского комплекса преимущественно относятся к низко- и умеренно-калиевой сериям (Рисунок 4.3.6). Распределение фигуративных точек схоже с породами камуйского дацитового комплекса. На AFM-диаграмме породы головнинского комплекса попадают в области как известково-щелочной, так и толеитовой серий (Рисунок 4.3.4), при этом чаще тяготеют к известково-щелочному полю.

Распределение некогерентных микроэлементов схоже с породами камуйского комплекса, однако образования головнинского комплекса, по сравнению с ними, несколько более обогащены легкими лантаноидами. Спектр распределения РЗЭ имеет субгоризонтальный тренд, реже со слабым обеднением тяжелыми лантаноидами.

Химический состав пород плейстоцен-голоценового **богатырского комплекса** характеризуется калиево-натриевым типом ($Na/K > 1$) нормально-щелочного подотряда от низкокалиевых толеитовых андезитов (обр.3016/4) до известково-щелочных умеренно-, реже высококалиевых андезитов и андезибазальтов. Концентрации титана (0,97-1,19 масс%) более высокие относительно базальтов рыбаковского комплекса, глиноземистость повышена.

Андезибазальты м. Китовый (тыловая зона) отличаются более высокими концентрациями редкоземельных элементов (ΣREE до 88 г/т) и отчетливой дифференцированностью с деплетированием тяжелых РЗЭ при La/Yb отношениях 4,1. В андезитовых туфах в районе влк. Мендеева (фронтальная зона) сумма РЗЭ значительно уменьшается ($\Sigma REE = 49$ г/т), и тренд становится менее фракционированным с La/Yb отношениями 1-0,8 при идентичной концентрации тяжелых РЗЭ.

На сравнительно небольшой по площади островной суше геологические подразделения, слагающие острова, отличаются пестротой геохимического и петрографического состава. В целом породы составляют непрерывный ряд от базальтов до риолитов с интервалом содержаний SiO_2 от 45 до 79%. При этом характеризуются низкими и умеренными содержаниями K_2O нормального щелочного подряда и относятся к известково-щелочной и толеитовой сериям. Отмечается поперечная геохимическая зональность вулканизма в пределах Южных Курил, связанная с возрастанием содержания калия и других некогерентных (Rb, Ba и др.) элементов от фронта островной дуги к тыловой зоне и возрастанием отношения $LREE/HREE$. В этом же направлении уменьшаются содержания в лавах Fe, V, величины $Fe/Fe+Mg$ и Fe^{2+}/Fe^{3+} отношений и содержание летучих компонентов [1]. Исходя из Рисунка 4.3.8, можно отметить,

что в среднем значения содержаний редких и редкоземельных элементов на о. Итуруп выше, чем на о. Кунашир. В этом проявляется слабая продольная геохимическая зональность в пределах южного звена Курильской островной дуги. По мнению Ю.А. Мартынова и др. [103], особенности вулканизма о. Кунашир могут объясняться его расположением в зоне сочленения Курильской и Японской островодужных систем, такие зоны характеризуются повышенными температурами и высокими степенями плавления магматического источника.

4.4 Этапы тектоно-магматической эволюции и стадии магматизма/вулканизма островов Кунашир и Итуруп

Вулканические центры Большой Курильской гряды представляют собой магматический фронт на линии, определенной генетическими условиями плавления в режиме субдукции.

На основании работ предшественников и полученных результатов полевых наблюдений, исследований петро- и геохимического состава пород, анализа корреляционных схем разрезов по скважинам, пробуренным в пределах островной суши Южных Курил [109], можно выделить три основных этапа их эволюции, которые, прежде всего, связаны с процессами, происходящими в Курильской котловине.

Основываясь на данных о геологическом строении островов, приведенных в главе 1, результатах определения абсолютного возраста пород ЦИИ «ФГБУ ВСЕГЕИ» U-Pb методом, характеристике геологических подразделений, слагающих острова Кунашир и Итуруп, внутри каждого этапа можно выделить также стадии вулканизма/магматизма (Таблица 4.4.1). Ниже приведена детальная характеристика выделенных этапов и стадий.

Таблица 4.4.1 – Этапы тектоно-магматической эволюции и стадии магматизма/вулканизма южного звена Большой Курильской гряды [построено автором]

Первый этап (P₃-N₂). Становление стационарного режима субдукции, формирование задугового бассейна Курильской котловины и его последующее растяжение	
<i>Первая стадия:</i> ранний олигоцен (?) – ранний плиоцен (31 млн. лет ~ 5 млн. лет). Субаквальный вулканизм центрального типа, активный интрузивный магматизм.	Рыбаковский андезитовый вулканический комплекс (P ₃ -N _{2rb}) Прасоловский плагиогранит-диоритовый комплекс (P ₃ -N _{2pr})
<i>Вторая стадия:</i> ранний плиоцен – поздний плиоцен (5 млн. лет ~ 3 млн. лет). Преимущественно субаквальный кислый вулканизм центрального типа.	Камуйский дацитовый вулканический комплекс (N _{2km})
Второй этап (N₂-Q₁). Ослабление режима растяжения в задуговом бассейне	
<i>Третья стадия:</i> поздний плиоцен – ранний плейстоцен (гелазский ярус) (3 млн. лет ~ 2 млн. лет). Трещинный, преимущественно субаэральный основной вулканизм.	Фрегатский андезибазальтовый вулканический комплекс (N ₂ -Q _{1fr})

Продолжение таблицы 4.4.1

Третий этап (Q₁-Q_n). Установление режима сжатия в задуговом бассейне	
<i>Четвертая стадия:</i> ранний плейстоцен – средний плейстоцен (2 млн. лет – 700 тыс. лет). Преимущественно субаэральный вулканизм центрального типа кислого состава и затухание интрузивного магматизма.	Головинский дацитовый вулканический комплекс (Q _{E-пgl})
<i>Пятая стадия:</i> средний плейстоцен – голоцен (700 тыс. лет – наст время). Вулканизм преимущественно основного состава с эксплозивными эпизодическими кислыми извержениями (50 тыс. лет – 2 (?) тыс. лет).	Богатырский андезибазальтовый вулканический комплекс (Q _{II-nbg})
	Роковский дацитовый вулканический комплекс (Q _{IIIrk})

Первый этап (P₃-N₂) соответствует установлению стационарного режима субдукции и формированию Большой Курильской гряды с магмогенерацией в пределах мантийного клина [5]. Начало активного вулканизма в пределах БКГ относится к раннему (?) олигоцену, что установлено по возрасту наиболее древней датировки, полученной на территории (прасоловский комплекс 31 млн. лет) [178]. Возможно, что возраст вмещающих интрузивные тела покровных вулканитов рыбаковской свиты более древний, что обуславливает неточное определение автором данной работы времени начала этапа. Предполагается [163, 166], что примерно в это время в позднем (?) олигоцене - раннем миоцене начинается формирование Курильской котловины в результате подъема астеносферной мантии в задуговом бассейне. В ходе формирования молодой и «горячей» литосферы происходило повышение температурного фона надсубдукционной мантии и поверхности погружающейся океанической плиты с выплавлением тыловодужных магм со специфическими геохимическими характеристиками. Этот механизм может объяснить происхождение латеральной зональности в Курильской островной дуге [36, 102], в пределах которой в это время выделяются 2 стадии вулканизма (Таблица 4.4.1). *Первая стадия* – ранний олигоцен (?) – ранний плиоцен (31 млн. лет ~ 5 млн. лет) – привела к формированию вулканогенно-осадочных, вулканокластических и вулканических пород рыбаковского комплекса, формировавшегося исключительно в подводных условиях.

Кроме того, данная стадия сопровождалась активным интрузивным магматизмом, преимущественно среднего и кислого составов, спровоцированным, вероятно, процессами, происходящими в Курильской котловине. К.Ф. Сергеев (1976) [132] отмечал, что внедрение миоценовых интрузий связано с деформационным событием в среднем–позднем миоцене, в результате которого произошла складчатость «фундамента» Кунашира и Итурупа. Об активном магматизме свидетельствуют многочисленные субвулканические образования рыбаковского комплекса и интрузивные тела прасоловского комплекса. Формирование последнего происходило в несколько фаз, что обуславливает его широкий возрастной диапазон (с позднего олигоцена по ранний плиоцен). Учитывая тот факт, что прасоловский блок, в котором

сосредоточены массивы прасоловского плутонического комплекса, является наиболее приподнятым и эродированным тектоническим блоком на островах Кунашир и Итуруп, можно предположить наличие других погребенных интрузивных тел в пределах Южных Курил, связанных с раннеолигоцен-раннемиоценовым магматизмом. Интрузивные тела неогенового (?) возраста также отмечаются и в прибрежной акватории по данным сейсморазведки [49]. В дальнейшем, вероятно, произошло небольшое затухание вулканической активности, которое определяет увеличение терригенной составляющей в отложениях, слагающих нижнюю часть камуйской свиты (Рисунок 1.4.1) [109]. В плиоцене происходит смена состава вулканизма на более кислый, что приводит к формированию пород камуйского дацитового комплекса и позволяет выделить *вторую стадию* вулканизма, которая продолжалась до позднего плиоцена. Вулканизм сопровождается интрузивным магматизмом и образованием гипабиссальных тел камуйского комплекса.

Второй этап (N_2-Q_1) является переходным, он связан со сменой режима развития задугового бассейна и ослаблением растяжения, которое, по оценкам [166], произошло в позднем миоцене. По данным автора, вероятнее всего, это событие протекало позднее, а именно в позднем плиоцене (около 3 млн. лет назад). В это время отмечается подъем территории островов Большой Курильской гряды до уровня моря и проявление *третьей стадии* нетипичного для островных дуг вулканизма с трещинным характером излияний. Продуктами такого вулканизма являются платобазальты фрегатского комплекса. Лавовые потоки фрегатского комплекса демонстрируют текстурные и структурные признаки формирования в преимущественно наземных, субаэральных условиях и накопления на плоской низменной поверхности на уровне или вблизи моря [135].

Низкие содержания щелочных компонентов, некогерентных элементов в породах фрегатского комплекса и полное отсутствие кислых образований, в отличие от других этапов, показывают резкую смену условий тектонического режима, которая может быть связана с затуханием активного интрузивного магматизма и последующей эксгумацией интрузивных тел [122, 123] (см. Раздел 3.1) либо с изменениями параметров субдукции Тихоокеанской плиты. Некоторые авторы полагают наличие обстановок пологой субдукции или вовсе не субдукционных [101]. Рассмотрим ниже одну из причин таких перестроек.

Существующие данные о возрасте океанической коры [152] демонстрируют на данный момент увеличение возраста коры Тихого океана по направлению, обратному направлению субдукции Тихоокеанской плиты (Рисунок 4.4.1) (вкост простирания Курило-Камчатского (КК) глубоководного желоба). Скорость субдукции составляет 78-80 мм/год или 78-80 км/млн. лет [5]. Если предположить, что с конца плиоцена это значение существенно не изменялось, то с момента начала второго этапа (за 3 млн. лет) под северо-восточную окраину Евразии погрузилось

около 240 км океанической коры. Анализируя Рисунок-4.4.1, можно отметить, что за 240 км возраст плиты изменяется приблизительно на 4,5 млн. лет. С учетом того, что тренд достаточно устойчив, позволительно допустить, что эта закономерность сохранялась на протяжении всего рассматриваемого временного промежутка. В таком случае возраст субдуцирующей коры 3 млн. лет назад мог составлять 111-112 млн. лет (с учетом того, что эти события протекали 3 млн. лет назад). Угол погружения слэба прямо зависит от возраста субдуцирующей плиты [13, 186]. В таком случае можно предполагать более пологую субдукцию в ходе второго этапа эволюции Южных Курил. Использование данной аппроксимации для моделирования первого этапа эволюции региона не представляется возможным, так как за более длительный период времени могла измениться не только скорость субдукции, но и направление движения плиты.

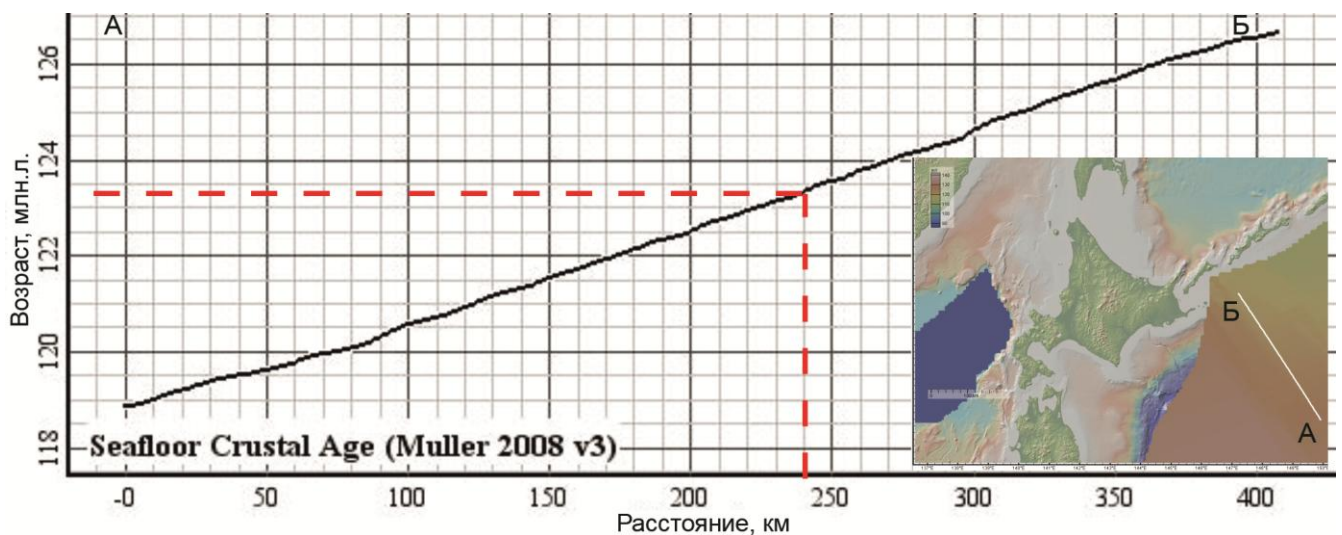


Рисунок 4.4.1 – График зависимости возраста коры Тихоокеанской плиты [152] от расстояния до КК желоба. Красные линии показывают расчетные значения. На врезке белой линией отмечен профиль по азимуту, обратному направлению субдукции (вкост КК глубоководного желоба) [построено автором]

На текущем третьем этапе (Q_1 - Q_n) развития Большой Курильской гряды отмечается сжатие задугового бассейна, которое должно привести к полному прекращению магматической активности в нем, снижению температурного фона надсубдукционной мантии в тыловой зоне [102]. По данным сейсмопрофилирования, приведенных в ГК-200/2, все интрузивные образования неогенового возраста в акватории перекрыты более молодыми отложениями. Четвертая стадия вулканизма началась, вероятнее всего, в раннем плейстоцене (приблизительно 2 млн. лет назад) и связана с переходом от трещинных излияний к кислому эксплозивному вулканизму центрального типа, который продолжался вплоть до среднего плейстоцена (~ 700 тыс. лет) и привел к формированию пород головнинского дацитового

комплекса. Судя по ограниченному распространению субвулканических тел данного геологического подразделения, можно предположить постепенное затухание магматической активности. Начало формирования пород богатырского андезибазальтового вулканического комплекса в среднем плейстоцене позволяет выделить *пятую стадию* вулканизма на территории исследования, которая продолжается до сих пор в пределах действующих вулканических структур. Несмотря на то, что данная стадия характеризуется преимущественно средними и основными излияниями, в позднем плейстоцене (~50-20 тыс. лет назад), по последним оценкам вплоть до голоцена [28] на территории был проявлен кислый эксплозивный вулканизм, чем обусловлено образование кальдер на Медвежьем хребте, на Ветровом перешейке, в заливе Львиная пасть и др. [49]. Породы, сформировавшиеся в это время, выделены в отдельное геологическое подразделение и отнесены к роковскому дацитовому вулканическому комплексу.

Важно отметить, что приведенные этапы, прежде всего, относятся к южному звену Большой Курильской гряды, тогда как центральный сегмент характеризуется полем растяжения, связанным с заложением зоны деструкции фронтального склона Курило-Камчатского глубоководного желоба и апвеллингом мантийных масс [119]. На эволюцию Северных Курил, в свою очередь, могли оказывать влияния процессы, происходящие в пределах Южно-Камчатской островной дуги [4, 146].

В ходе данного исследования уточнен химический и петрографический составы вулканических и магматических образований Южных Курил, форма тел субвулканических образований и их геологические границы. По отобранным автором образцам получены принципиально новые данные об абсолютном возрасте субвулканических образований, позволяющие детализировать историю геологическом развития региона.

Исследования особенностей химического состава горных пород позволили уточнить принадлежность субвулканических тел к тем или иным геологическим подразделениям и приуроченность геологических подразделений к различным формациям (Таблица 4.2.1). Анализ распределения редких и редкоземельных элементов дал возможность исследовать геодинамические условия формирования вулcano-плутонических комплексов, природу поперечной и продольной геохимической зональностей островов, что дало возможность провести реконструкцию тектоно-магматической эволюции региона (Таблица 4.4.1). В качестве важного фактора определяющего эволюцию региона выделены процессы, протекающие в задуговом бассейне. О роли задуговых процессов в эволюции магматизма острова Кунашир убедительно и весьма доказательно высказывались и ранее [101, 102], но в работах Мартыновых отсутствуют результаты датировок абсолютного возраста пород, что может создавать неточности в определении временных диапазонов этапов. В ходе данного исследования уточнены временные

границы и количество этапов, определено положение платоэффузивов фрегатского комплекса, рассмотрены возможные причины смены режима развития задугового бассейна, показана корреляция между тектоническими и магматическими процессами.

На основании обобщения и анализа полученных в ходе исследования результатов и существующих данных о геологическом строении островов Кунашир и Итуруп можно сформулировать **второе защищаемое положение**: «Тектоно-магматическая эволюция островов Кунашир и Итуруп проходила в три этапа: 1) становление стационарного режима субдукции с растяжением в задуговом бассейне, активным интрузивным магматизмом и с субаквальным вулканизмом центрального типа (P_3-N_2); 2) ослабление режима растяжения в задуговом бассейне с проявлением вулканизма трещинного типа (N_2-Q_1); 3) проявление субаэрального вулканизма центрального типа в пределах Большой Курильской гряды с затуханием интрузивного магматизма в задуговом бассейне в условиях сжатия (Q_1-Q_H)».

ГЛАВА 5 МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ОСТРОВОВ КУНАШИР И ИТУРУП. ИХ ВИДЫ, СВЯЗЬ С ЭЛЕМЕНТАМИ СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА В ХОДЕ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ

Решение задачи по изучению связи полезных ископаемых территории с элементами тектонического строения и закономерностей изменения состава в ходе тектоно-магматической эволюции островов Кунашир и Итуруп производилось при помощи обработки и анализа фондовых материалов о результатах геолого-съёмочных и поисковых работ, опубликованных данных и результатов собственных исследований: полевых наблюдений, проведенных в 2019-2020 гг., описаний аншлифов руд и шлифов вмещающих пород.

5.1 Анализ фондовых и опубликованных материалов

В рамках данной работы осуществлялся сбор и анализ существующих фондовых и опубликованных данных, касающихся полезных ископаемых и их связи с элементами тектонического строения исследуемой территории, а также обработка первичных данных. Работа включала в себя аккумуляцию материалов из различных источников, в том числе отчетов по региональному изучению, металлогении территории, а также по поисковым и поисково-оценочным работам, разведке месторождений благородных и редких металлов. Источниками данных выступали ФГБУ «ВСЕГЕИ», ФГБУ «РОСГЕОЛФОНД», Сахалинский филиал ФБУ «ТФГИ по Дальневосточному Федеральному округу».

Помимо этого, для решения задачи были привлечены опубликованные данные, которые представляют собой публикации и статьи по геологическому строению рудопоявлений и месторождений. На основе вышеуказанных материалов проводилось уточнение состава и строения рудных формации, их времени, связи с магматическими комплексами и дизъюнктивными структурами.

На первой карте, показывающей распределение полезных ископаемых по островам Кунашир и Итуруп [47], нанесены месторождения железа, цветных металлов, золота, серы, источники минеральных вод (см. Рисунок 1.1.1). Несмотря на то, что в источнике отражены все имеющиеся на момент публикации (1957 г.) данные, в нем приведен лишь общий обзор геологического строения и полезных ископаемых островов, не вдаваясь в подробности временных и генетических связей полезных ископаемых с геологическими подразделениями, типами и формационной принадлежностью руд.

По аналогии с Государственной геологической картой масштаба 1:1 000 000 первого

поколения, Государственные геологические карты первого поколения масштаба 1:200 000 показывают объекты полезных ископаемых, наложенные на геологическую основу. На картах отсутствует информационная нагрузка по акватории (геологическое строение и полезные ископаемые), минерагеническое районирование. Для полезных ископаемых не приведена информация об их генетических типах и рудных формациях, а сведения о полезных ископаемых даны по материалам геологических съемок 1960-ых годов.

В период с 1962 года по 1997 год большое внимание уделялось поискам и разведке серных месторождений в пределах о. Итуруп и о. Кунашир, в то время как в северной части острова Кунашир акцент делался на поисках месторождений цветных и благородных металлов [192, 193, 195, 196, 197, 198, 201], оценке масштабов рениевой минерализации на вулкане Кудрявый [57, 200], разведке прибрежно-морских ильменит-магнетитовых россыпей, а также поискам и оценке запасов пресных вод и теплоэнергетического сырья [15, 16, 17, 49].

Следующий этап связан с изданием в 1995 году Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 нового поколения, составленной на юг острова Сахалин и острова Кунашир и Шикотан. По сравнению с предыдущими изданиями, впервые показано минерагеническое районирование территории, проведенное с учетом представлений того времени о геологическом строении территории. Выявлены проявления полиметаллов и строительных материалов на о. Кунашир, но, несмотря на актуальность и информативность карты, она не охватывает остров Итуруп [48].

Во второе поколение Государственной геологической карты масштаба 1:200 000 [49, 51] также вошли материалы геологической съемки масштаба 1:50 000 по северной и центральной частям о. Итуруп. В результате обобщения и переинтерпретации всех имеющихся данных по островам Государственная геологическая карта нового поколения характеризуется полнотой и информативностью. В ходе ее создания существенно расширен возрастной диапазон золото-серебряных руд, выделены участки, перспективные в отношении золото-серебряного и рениевого оруденения, выявлена рудоносность современных гидротермально-метасоматических пород, впервые установлены многочисленные пункты минерализации золота и серебра в пределах ранее считавшейся неперспективной территории о. Итуруп. Однако в записке к карте не отражены закономерности размещения полезных ископаемых, рудоконтролирующие факторы и возраст формирования оруденения.

После издания ГГК-200/2 на острове Кунашир проведены геологоразведочные, поисковые работы месторождения Прасоловское, в результате которых уточнены морфология и параметры рудных тел, оценены запасы золота [198]. В центральной части о. Итуруп проводились прогнозно-поисковые работы на золото [204]. В пределах перспективных участков установлены

особенности геологического строения, выявлены закономерности размещения гидротермально-измененных пород, установлены косвенные и прямые признаки золоторудной минерализации и закономерности ее размещения.

В работе также использовались публикации по изучению Прасоловского месторождения, месторождений Айнское и Купол, расположенных на соседнем о. Уруп, минерализации редких металлов влк. Кудрявый и др. [61, 69, 71, 73, 74, 82, 105, 147].

Отдельного внимания заслуживает работа В.Я. Данченко, посвященная изучению вещественного состава и закономерностей распределения редкого и благороднометалльного оруденения в южно-охотском сегменте циркумпаффики [56]. В ней автор объединяет результаты работ [57, 127, 162] по исследованию золото-серебряной и рениевой минерализации Южных Курил и проводит сравнительный анализ полученных результатов с данными по островным дугам Японии. Ключевая роль в распределении полезных ископаемых, по мнению автора, принадлежит вулcano-тектоническим структурам, к периферийным и центральным частям которых приурочены благородно- и редкометалльная минерализация, соответственно. В работе автор не рассматривает минерализации цветных и черных металлов, которые также закартированы на островной суше.

Таким образом, за исключением тематических глав в объяснительных записках к Государственным геологическим картам диссертация В.Я. Данченко является единственным исследованием, в котором комплексно приводится обзор закономерностей формирования и размещения оруденения на территории островов Кунашир и Итуруп. Однако в приведенных источниках роль магматических и тектонических процессов в распределении полезных ископаемых в районе исследования остается нераскрытой. Дополнительного изучения требуют время формирования оруденения; рудоконтролирующие факторы и поисковые признаки – данные, которые являются ключевыми при прогнозе месторождений полезных ископаемых и необходимы для полного понимания истории геологического развития территории. Именно поэтому одна из задач исследования посвящена выявлению взаимосвязи полезных ископаемых с магматическими формациями, дизъюнктивными структурами и этапами тектоно-магматической эволюции Южных Курил.

5.2 Металлические полезные ископаемые островов Кунашир и Итуруп

Согласно анализу вышеупомянутых источников и результатам собственных полевых наблюдений, на островах расположены месторождения и проявления коренного золота, редких металлов, полиметаллических руд, ильменит-магнетитовых россыпей, серы, строительных материалов, термальных вод и др. (Рисунок 5.2.3). В контексте данного исследования наибольший интерес представляет минерализация цветных, благородных и редких металлов,

связанная с магматическими и постмагматическими гидротермальными процессами. Ниже кратко рассмотрена каждая из перечисленных групп.

Цветные металлы. Среди цветных металлов на территории островов практический интерес представляет только Валентиновское медно-полиметаллическое проявление на о-ве Кунашир (VI-2-4), ранее считавшееся месторождением. В остальных случаях или по содержаниям металлов, или по размеру рудных тел минерализация не соответствует промышленным требованиям

Южнее Валентиновского расположено рудопоявление Скрытое (VI-2-14), которое находится в 0,5 км к юго-западу от устья руч. Скрытого на о. Кунашир. Рудопоявление представляет собой зону субвертикального разлома, оперяющего разрывное нарушение второго порядка и простирающегося под углом 310° (Рисунок 3.1.3, Рисунок 5.3.2) мощностью до 10 м, секущего субвулканическое тело кварцевых диорит-порфиров фрегатского комплекса, где на протяжении более 100 м прослежены гидротермально-метасоматические изменения, выраженные в общей хлоритизации, серицитизации, окварцевании исходных пород. Зона включает интервал мощностью 1,1 м сильного окварцевания с кварцевыми прожилками 2-3 см с гнездово-вкрапленной пиритизацией и редкими зернами халькопирита [49].

Согласно микроскопическому анализу, вмещающие оруденение породы представлены вторичными кварцитами, развивающимися, вероятнее всего, по кварцевым диорит-порфирам. Породы характеризуются наложенной карбонатизацией, степень которой увеличивается по мере приближения к зоне разлома (Рисунок 5.3.2-3). Кварц двух генераций (Рисунок 5.2.1). Первая представлена изометрическими зернами с зональным погасанием, развивающимися по прожилкам, размер которых может достигать 1 мм. Вторая - мелкими зернами размером до 0,1 мм.

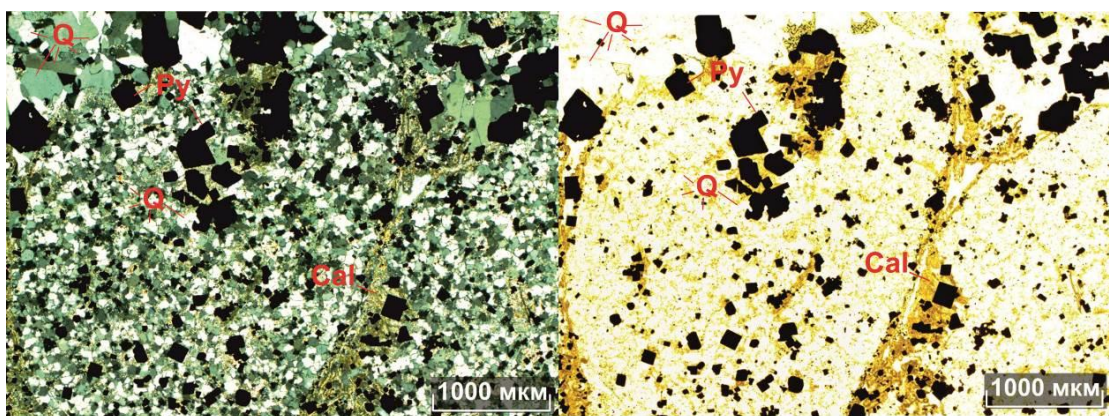


Рисунок 5.2.1 – Карбонатизированные вторичные кварциты, вмещающие оруденение из центральной части разлома (4054/6) (слева с анализатором) [фото автора]

Содержание рудных минералов меняется от 5% до 20%. Преобладающим минералом является пирит. Он формирует зерна двух генераций – первая представлена изометричными, идиоморфными индивидами размером до 1 мм (Рисунок 5.2.2), вторая – ксеноморфными зернами размером 0,1-0,2 мм. Вторым по распространенности минералом является халькопирит, в некоторых образцах его количество достигает 40% (от объема рудных минералов). Можно проследить слабую положительную корреляцию между содержанием халькопирита и карбоната. Обнаружены единичные зерна сфалерита и блеклых руд. Помимо газово-жидких включений в кварце отмечаются включения ассоциаций рудных минералов, вероятнее всего магнетита и ильменита.

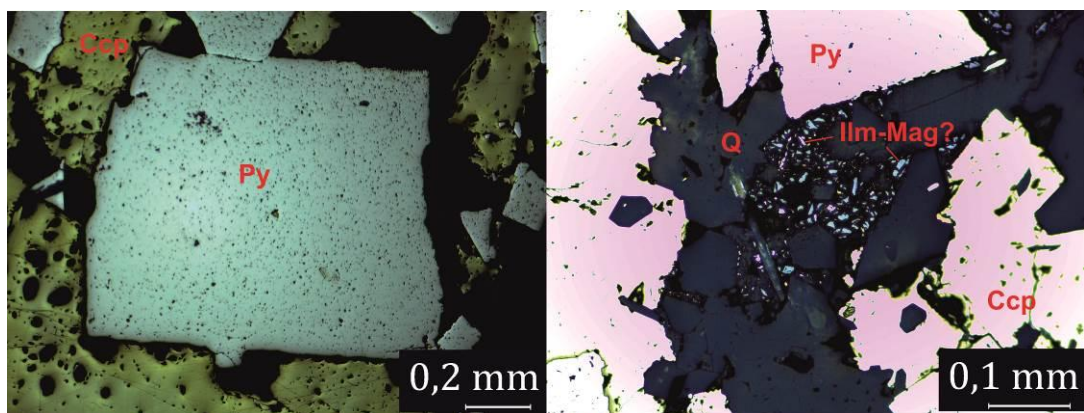


Рисунок 5.2.2 – Образец 4054-5. Слева: изометричный пирит первой генерации в ксеноморфном халькопирите. Справа: ильменит-магнетитовые (?) включения в кварце [фото автора]

По данным [192, 203], в зоне окварцевания и сульфидизации кварцевых диорит-порфиров установлены содержания меди 1,06 %, цинка 0,015%, свинца 0,02%, серебра 1,62 г/т, висмута 113 г/т. В сульфидизированных кварцевых диорит-порфирах в зоне раздува из поперечной системы трещин установлены 7,91 %, цинка 256 г/т, серебра 12 г/т, висмут 328 г/т. В зоне главного разлома в малахитовой зелени - медь 0,577 %, серебро 2,06 г/т, висмут 43,5 г/т.

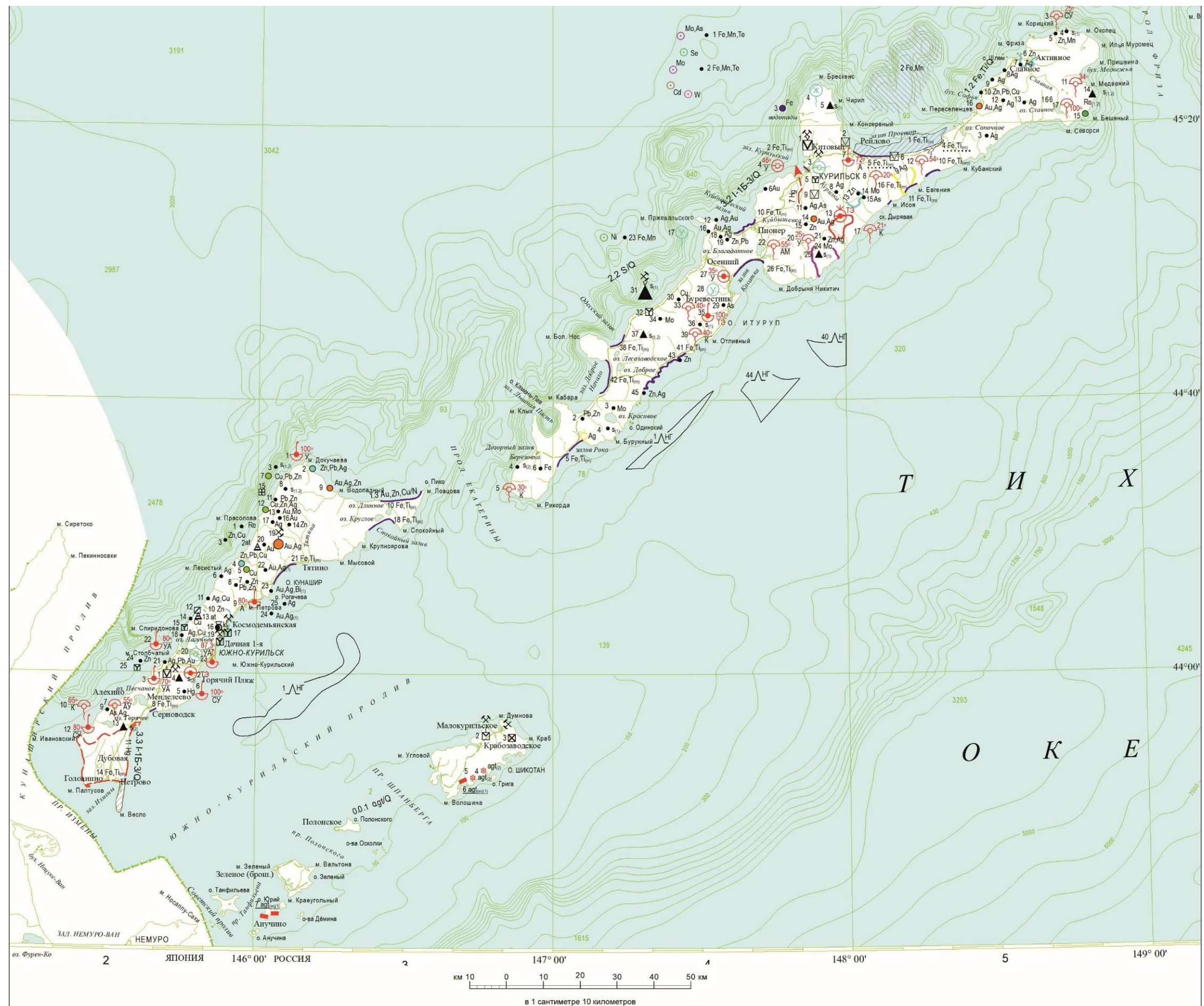


Рисунок 5.2.3 – Карта полезных ископаемых островов Кунашир и Итуруп [по 198 с изменениями]. Легенда в приложении Д

Полиметаллическая минерализация установлена в зонах серицитизации, хлоритизации и карбонатизации пород, приуроченных к разрывным нарушениям, с мелкой вкрапленностью сфалерита, в меньшей степени пирита, галенита и халькопирита. В некоторых объектах отмечаются примеси *серебра* (рудопоявление Докучаевское Рисунок 5.3.2-2). На месторождении серы Новое (о. Итуруп, хр. Богатырь) установлена *молибденовая* минерализация [49]. В меньшем количестве среди других цветных металлов на островах установлены пункты минерализации *ртути*, связанные с разрывными нарушениями на сольфатарных полях влк. Менделеева и *мышьяка* в алунитовых вторичных кварцитах с гетитом, гематитом, ярозитом и реальгаром в районе г. Шульга (о. Кунашир)

Редкие металлы. Редкие металлы имеют ограниченное распространение на площади листа и в первую очередь представлены минерализацией рения. Сульфиды редких элементов были обнаружены в рудных образованиях фумарол влк. Кудрявый (о. Итуруп) в конце XX в., часть из которых открыта именно на Кудрявом (рениит ReS_2 , кудрявит $(\text{Cd,Pb})\text{Bi}_2\text{S}_4$, кадмоиндит CdIn_2S_4 и др.) На вершине стратовулкана находится одноименное рудопоявление (Рисунок 5.2.4.).

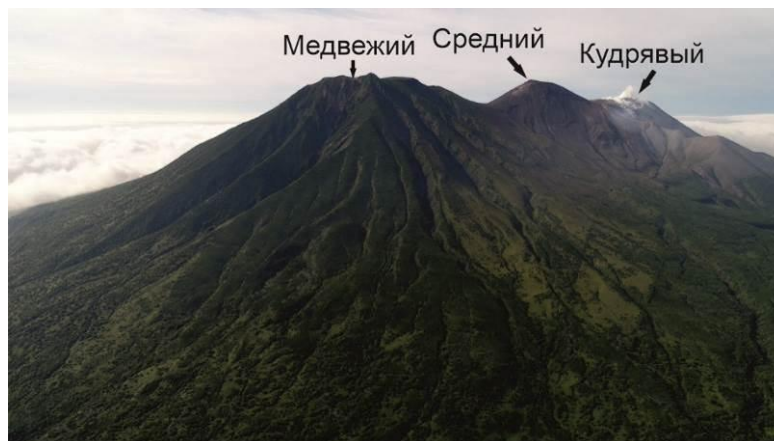


Рисунок 5.2.4 – Общий вид Медвежьего хребта [фото Семилеткина С.А.]

Суммарная площадь фумарольных полей на вулкане составляет около 4 тыс.м². Выделяется четыре крупных поля (Рисунок 5.2.5): Главное (до 850°C), Купол (до 800°C), Молибденовое, которое также называется поле шестьсот пять (до 760°C) и Рениевое (до 600°C). На Рениевом поле, площадью 1250 м² в интервале от 600°C до 290°C в наиболее высокотемпературной зоне развивается ассоциация магнетит, гранат, пироксен, волластонит, рениит, молибденит. Отмечено три максимума в распределении Re. Первый – при 500-620°C, где наибольший вклад дает собственно дисульфид рения. Второй – при 620-720°C, где дисульфид рения в этом интервале температур не обнаружен, но имеются единичные определения рения в молибдените и сфалерите. Третий – при температурах менее 400°C, где Re отмечаются в сульфосолях свинца и висмута (блеклых рудах и козалите) и пирите. Концентрация рения в конденсате (г/т) от 0,0001 до 0,022, индия 0,042, германия 0,306, теллура 0,26 [34]. В

минерализованных породах спектральным анализом установлены содержания рения 81 г/т, цинка 1016 г/т, свинца 5710 г/т, индия 291 г/т, мышьяка 1197 г/т, висмута 1057 г/т, кадмия 555 г/т, олова 552 г/т, молибдена 54 г/т, серебра до 13 г/т, местами содержания рения достигают 1000 г/т [57]. По данным литохимической съемки 2015 г. в породах установлен (г/т) рений до 82,7, молибден более 10000, свинец 8840, цинк 7220, теллур до 163, селен до 293, индий более 500, кадмий 4060, мышьяк 4080, висмут 3160, вольфрам 1370, олово 338, медь до 652, галлий до 116, серебро до 20 г/т. Наиболее контрастные аномалии большинства металлов, в том числе и рения, соответствуют полю Купол (Рисунок 5.2.3). Вынос металлов с отдельных фумарольных полей составляет (кг/год): рений порядка 23-63, индий 16-90, кадмий около 150, теллур 795-1129, висмут 189-454, германий 24-72 [82].

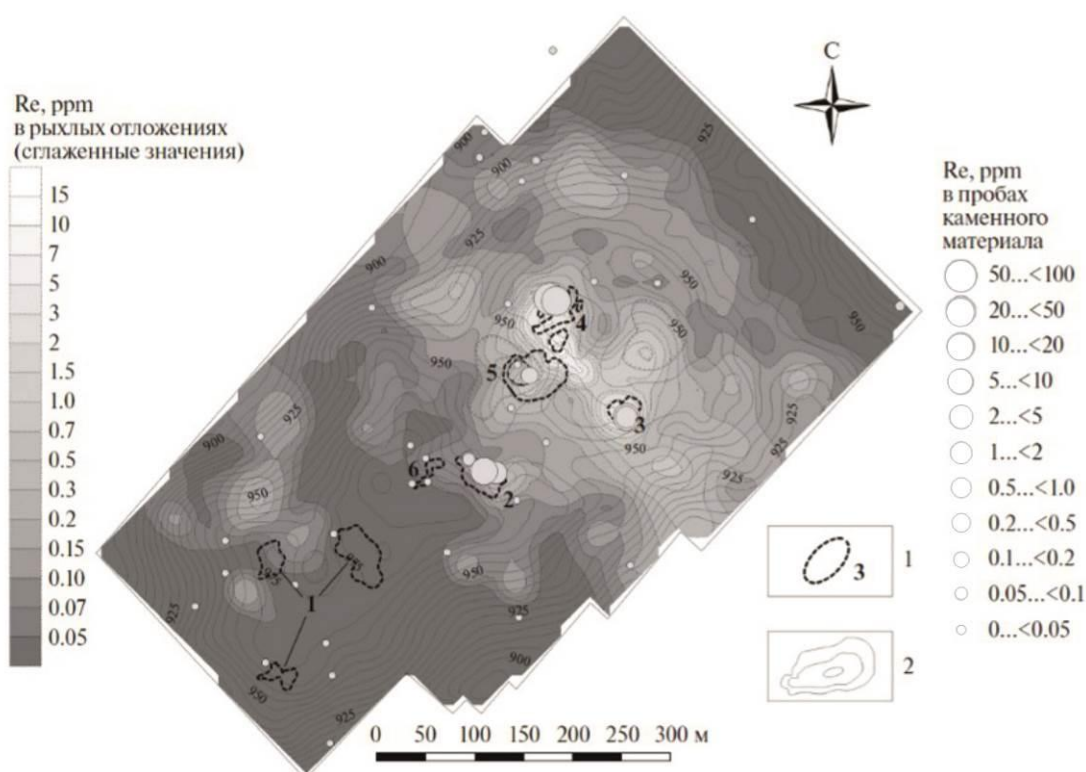


Рисунок 5.2.5. Карта содержаний рения в твердых вулканогенных образованиях рудопроявления влк. Кудрявый [по 34]. 1 – главные фумарольные поля (1 – низкотемпературные поля кратера Южный, 2 – Рениевое, 3 – Молибденовое, 4 – Купол, 5 – Главное, 6 – Ангидритовое); 2 – изогипсы рельефа

Выявлены признаки того, что сходные процессы формирования эксгальационной рениевой минерализации в недавнем геологическом прошлом происходили на соседнем потухшем вулкане Средний [34]. Повышенные содержания рения также установлены в пределах других вулканотектонических структур (ВТС). В пределах вулкана Менделеева на о. Кунашир расположено месторождение серы Менделеевское (0,024 г/т) (Рисунок 5.3.2-4). На побережье Тихого океана у подножья вулканов на месторождении термальных источников Горячий Пляж концентрации

рения составили 0,065 г/т. В пределах Прасоловского месторождения отмечается небольшая концентрация *теллуридов, селенидов и индия* [71].

Благородные металлы. Наибольший интерес на территории островов Кунашир и Итуруп представляет *золото* и, в меньшей степени, *серебро*. Благороднометалльное оруденение детальнее всего описано в пределах Прасоловского месторождения в северной части о. Кунашир.

Месторождение Прасоловское расположено в 6 км к юго-востоку от м. Прасолова на о. Кунашир, где выделено более 10 рудоносных зон, наиболее перспективными из которых являются Юго-западная (Юго-западный участок) и Удачная (Удачный участок). Рудоносная зона Юго-западная контролируется северо-западным разломом и представляет собой жильную зону шириной 70-200 м и протяженностью около 1 км. Зона включает две золото-теллуридно-кварцевые жилы мощностью 3 и 2 м сложного строения, заключенные в гранитоидах Прасоловского плагиогранит-диоритового plutонического комплекса. Золото-серебряное оруденение характеризуется крайне неравномерным распределением. Руды характеризуются преобладанием меди над свинцом и цинком (1:0,8) при соотношении золота к серебру 1:30-1:3 (до 1:2 в богатых рудах) [192]. Также рудные зоны обогащены сурьмой, мышьяком и молибденом. Согласно [71], выделяется пять минералогических типов руд: золото-пирит (халькопирит)-кварцевый (Рисунок 5.2.6), золото-полисульфидно-кварцевый, золото-теллуридно-кварцевый, золото-адуляр(карбонат)-кварцевый и гипергенный с вторичными сульфидами.

На о. Итуруп отмечаются золото-серебряные проявления Переселенческое и Перевальное, связанные с телами адуляр-гидрослюдисто-(хлорит)-кварцевых метасоматитов и вторичных кварцитов соответственно. Золотоносные залежи кварц-адулярового состава установлены и в пунктах минерализации на о. Кунашир.

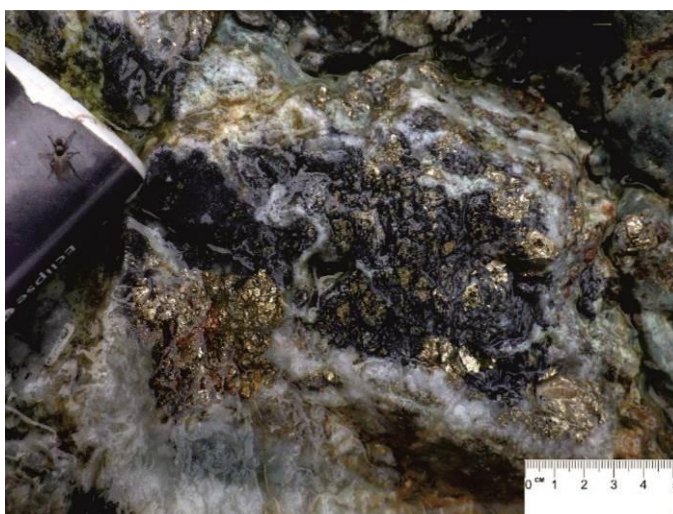


Рисунок 5.2.6 – Вторичные кварциты с сульфидной вкрапленностью, несущие золото-серебряное оруденение Прасоловского месторождения [фото автора]

Серебряная минерализация на островной суше представлена многочисленными пунктами, связанными с кварцевыми и пирит-кварцевыми жилами во вторичных кварцитах (о. Итуруп) и залежами адуляритов (о. Кунашир). Повышенные концентрации серебра в ассоциации с золотом на территории Южных Курил также приурочены к аргиллизитам, зонам окварцевания и брекчирования пород неогенового возраста.

Подводя промежуточный итог, можно отметить, что среди металлических полезных ископаемых на территории исследования наибольшее экономическое значение имеют месторождения золота и редких металлов (проявление рения на о. Итуруп). Наибольшими перспективами на золото обладает северная часть о. Кунашир, где имеются одно месторождение и ряд проявлений. Месторождение золота Прасоловское эксплуатировалось еще японскими промышленниками, на Охотоморском побережье в ходе полевых работ обнаружен ряд штолен и фундамент обогатительной фабрики. На о. Итуруп, вследствие менее детальной изученности, выявлено только два проявления золота, но имеются многочисленные пункты его минерализации, сосредоточенные преимущественно в северной части острова, ранее считавшейся неперспективной. Остальные месторождения металлических полезных ископаемых (ильменит-магнетитовых россыпей, полиметаллических руд) в настоящее время законсервированы.

С целью изучения закономерностей распределения различных полезных ископаемых в связи с историей геологической эволюции ниже рассмотрены их генетические типы, главные рудоконтролирующие факторы и возраст рудогенеза.

5.3 Закономерности распределения металлических полезных ископаемых

В пределах островной суши золото-серебряное оруденение может быть отнесено к эпитермальному типу золото-кварцевой и мезотермальному типу золото-сульфидной формаций. Наибольший экономический интерес представляют два золоторудных района: Северо-Итурупский – прогнозируемый и Северо-Кунаширский – установленный (Рисунок 5.3.1). В пределах рудных районов выделяются рудные зоны, узлы и поля. Рудные узлы и поля соответствуют ВТС четвертичного и неогенового возрастов. В связи с этим **магматический фактор** определен в качестве важнейшего рудоконтролирующего на территории островов Кунашир и Итуруп, значимую роль в размещении полезных ископаемых также играет **тектонический фактор** [85].

Магматический фактор. Вулканические и интрузивные образования, слагающие Южные Курилы, являются рудоматеринскими для ряда твердых полезных ископаемых: меди, цинка, золота и серебра и др., а также выступают в качестве рудовмещающей среды при наложенных рудоносных процессах и последующей мобилизации металлов.

Рассмотрим ниже металлогеническую специализацию для каждого комплекса [данные по

коэффициентам концентрации по 49]:

1. Образования *рыбаковского андезитового вулканического комплекса*, согласно геохимической основе к ГГК-200/2 [49], геохимически специализированы на молибден (Кк 3,5), медь (Кк 1,6) и цинк (Кк 1,5); субвулканические образования – молибден (Кк 3,5) и медь (Кк 1,7). Кроме того, с субвулканическими образованиями связаны маломощные и протяженные линейные зоны вторичных кварцитов и аргиллизитов, несущие золото-серебряную минерализацию [49]. На о. Итуруп с дациандезитами рыбаковского комплекса ассоциируют золото-серебряно-полисульфидная минерализация, медно-полиметаллическая с золотом и серебром и колчеданно-полиметаллическая жильного типа [198]. С учетом того, что субвулканические и малые интрузивные тела рыбаковского комплекса являются древнейшими среди закартированных на территории островной суши, можно предполагать существование более крупных, нескрытых эрозией, медно- и золотопорфировых объектов, связанных с активным интрузивным магматизмом, отмеченным в начале первого этапа эволюции территории (Таблица 4.5.1).

2. Со становлением гранитоидных массивов *прасоловского плагиогранит-диоритового плутонического комплекса* связано формирование дорудных метасоматических образований. В целом породы прасоловского плутонического комплекса характеризуются фоновыми значениями содержания рудных элементов. Наиболее распространенными из них являются молибден, медь, свинец, цинк, серебро и золото. Повышенные содержания молибдена (8,1-8,8 г/т) отмечены в плагиогранитах и дациандезитах, в то время как диориты и габбродиориты характеризуются фоновыми содержаниями 2,2-4 г/т. Наибольшие содержания меди установлены в габбродиоритах прасоловского комплекса, характеризуются содержанием до 65 г/т, наименьшие содержания меди зафиксированы в кварцевых диоритах (20 г/т). Свинец и цинк, также, характеризуются фоновыми содержаниями на уровне 64,5-67 г/т для цинка и 6-19 г/т для свинца [72]. Согласно геохимической основе [49], прасоловский плутонический комплекс геохимически специализирован на мышьяк (Кк 6,7), серебро (Кк 6,2), молибден (Кк 3,8) и золото (Кк 2,2). Интрузивные тела комплекса играют роль рудовмещающей среды при наложенных процессах – на месторождении золота Прасоловское рудные тела (кварцевые жилы и минерализованные зоны дробления), сопровождающие их дайки и малые штоки (N_2km), часто заключены в гранитоидах прасоловского интрузивного комплекса [192].

3. С субвулканическими телами *камуйского дацитового вулканического комплекса* связаны гидротермально-метасоматические изменения, выраженные в формировании зон аргиллизитов и вторичных кварцитов. Образования камуйской свиты геохимически специализированы на свинец (Кк 4,5), молибден (Кк 2,9) и медь (Кк 2), субвулканические образования – медь (Кк 3,2), молибден (Кк 2,7) и титан (Кк 2) [49]. Покровные образования

камуйской, так же как и рыбаковской, свиты, благодаря своей проницаемости, являются благоприятной средой для локализации золото-серебряных и полиметаллических рудных тел. С субвулканическими телами комплекса связана медная, цинковая и золото-серебряная минерализация, особенно в северной части о. Кунашир при внедрении образований камуйского комплекса в интрузии прасоловского комплекса. С процессами дезинтеграции магнетитсодержащих пемзовых отложений свиты связано формирование прибрежно-морских ильменит-магнетитовых россыпей [198].

Данные о рудогенерирующей природе камуйского комплекса также подтверждаются существующими датировками **возраста** рудообразования **золото-серебряного оруденения** в пределах Прасоловского месторождения. Кроме того, имеются данные по месторождению Купол, расположенного на соседнем о. Уруп.

На Прасоловском месторождении возраст руд оценивался по слюде методом К-Аг и составил от $1,94 \pm 0,1$ до 5 ± 1 млн. лет, по вмещающим породам получены данные 10-14 млн. лет [192].

Возраст гидротермально-метасоматических образований месторождения Купол, определенный по единичным пробам (К-Аг метод), варьирует от 4 до 10,6 млн лет. Несмотря на широкий временной диапазон, предполагается [73], что в это время существовала рудно-магматическая система, связанная со становлением кислого субвулканического тела, предположительно, камуйского комплекса (N_2km).

4. На острове Кунашир с субвулканическими образованиями *фрегатского андезибазальтового вулканического комплекса* ассоциируют тела аргиллизитов и вторичных кварцитов, несущих золото-серебряную минерализацию. С выходами кварцевых диорит-порфиров связано рудопроявление Скрытое, описанное выше. На острове Итуруп к штокообразным телам фрегатского комплекса приурочены зоны дробления с вторичными кварцитами, несущие золото-серебряно-полисульфидную минерализацию. Базальты плейстоцен-четвертичного возраста могут быть рассмотрены в качестве источников сноса для титаномагнетитовых россыпей [105]. Породы фрегатской толщи и субвулканические образования геохимически специализированы на молибден с коэффициентами концентрации 4-4,5.

5. Пемзовые магнетитсодержащие отложения *головнинского дацитового вулканического комплекса* являются источником сноса для прибрежно-морских ильменит-магнетитовых россыпей. На севере острова Итуруп (Рисунок 5.3.1-В) с экструзивными телами ассоциирует золото-серебряная минерализация.

6. С экструзиями и жерловыми образованиями *роковского дацитового вулканического комплекса* связаны зоны аргиллизитов и вторичных кварцитов, с которыми ассоциирует

молибденовая, серная, мышьяковистая и золотая минерализация [49]. С процессами дезинтеграции магнетитсодержащих пемзовых отложений свиты связано формирование прибрежно-морских ильменит-магнетитовых россыпей.

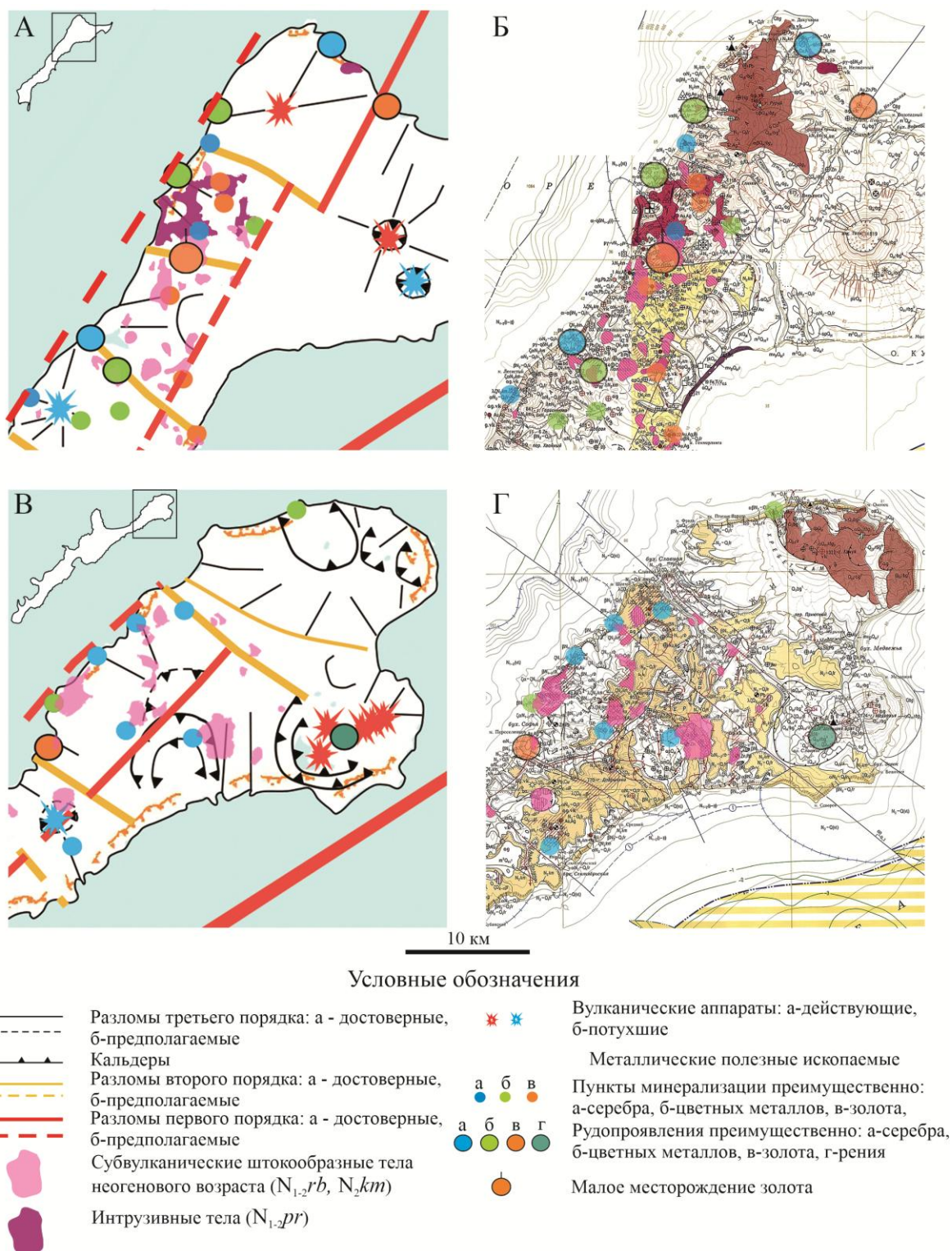


Рисунок 5.3.1. Схемы размещения полезных ископаемых наиболее перспективных на золото-серебряную и полиметаллическую минерализацию участков островов Кунашир (А-по данным автора; Б-по [49]) и Итуруп (В-по данным автора; Г-по [49])

7. В аргиллизированных и пропилитизированных андезитах *богатырского андезитового вулканического комплекса* установлены повышенные содержания рения (0,0075 г/т). В пределах четвертичных вулканических построек с данными породами ассоциируют месторождения и проявления серы. С фумаролами на вулкане Кудрявый связана рениевая минерализация. Также можно отметить, что фумаролы являются высокопотенциальными ресурсами теплоэнергетического сырья.

С учетом вышеперечисленных данных и выделенных в главе 4 этапов тектоно-магматической эволюции и стадий магматизма, можно выделить три основных этапа рудообразования, характеризующихся определенной минерагенической специализацией (Таблица 5.3.1).

Таблица 5.3.1 - Этапы рудообразования на островах Кунашир и Итуруп
[построено автором]

Характеристика этапов	Геологические подразделения
Олигоцен-плиоценовый этап (P₃-N₂)	
Характеризуется высокой продуктивностью и формированием основной части минерализации цветных и благородных металлов на последних постмагматических фазах. Интрузивные образования прасоловского комплекса – рудовмещающие, субвулканические и малые интрузивные тела камуйского и рыбаковского комплексов – рудогенерирующие (Au, Ag, Cu, Zn, Pb)	Рыбаковский андезитовый вулканический комплекс (P ₃ -N ₂ rb)
	Прасоловский плагиогранит-диоритовый плутонический комплекс (P ₃ -N ₂ pr)
	Камуйский дацитовый вулканический комплекс (N ₂ km)
Раннеплейстоценовый этап (Q₁)	
Характеризуется формированием медной-полисульфидной, реже золото-серебряной минерализации, которая вмещается метасоматическими образованиями, сформированными по субвулканическим телам фрегатского комплекса. Покровные образования выступают в качестве источников сноса для ильменит-магнетитовых россыпей (Fe-Ti, Cu)	Фрегатский андезибазальтовый вулканический комплекс (N ₂ -Q ₁ fr)
Плейстоцен-голоценовый этап (Q₂-н)	
Характеризуется продуктивностью на черные металлы. Покровные образования выступают в качестве источников сноса для ильменит-магнетитовых россыпей (Fe-Ti)	Головинский дацитовый вулканический комплекс (Q ₂ -ngl)
Характеризуется редко- и благороднометалльной минерализацией, обладающей тесной связью с действующими вулканами, активность которых сопровождается интенсивной гидротермальной, фумарольной и сольфатарной деятельностью. В пределах сольфатарных полей отмечаются выходы металлоносных газоконденсатов и термальных источников, а к выходам фумарол и сольфатар приурочены отложения самородной серы. Покровные образования роковской свиты на о. Итуруп выступают в качестве источников сноса для ильменит-магнетитовых россыпей (Re. Fe-Ti, Au, Ag)	Богатырский андезибазальтовый вулканический комплекс (Q ₂ -nbg)
	Роковский дацитовый вулканический комплекс (Q ₂ -nrk)

Примечание к таблице: цвет в правом столбце показывает преобладающий состав пород (см. Глава 4): зеленый – основной, малиновый – средний, красный – кислый. В левом столбце

химические элементы указаны по степени их распространенности в породах каждого этапа от большего к меньшему

Тектонический фактор. Как отмечалось в главе 3, ключевая роль при распределении интрузивных тел прасоловского комплекса принадлежит разломам первого порядка (продольным). Среди наиболее крупных интрузивов на территории БКГ, для которых характерно линейно-полосовое расположение вдоль зон крупных разломов К.Ф. Сергеевым выделены: Центральный интрузивный массив хребта Вернадского (о Парамушир), интрузивы рек Галинки, Утесной и Нигори (о. Уруп), Докучаевский, Прасоловский, Валентиновский, Мечниковский и др. массивны (о. Кунашир). Это все, как считалось на тот момент, ранненеогеновые сингенетичные образования. Размещение интрузивных тел, по мнению автора, контролируется продольными разломами, к которым, как правило приурочены и все значительные медноколчеданные и свинцово-цинковые рудопоявления [132]. Аналогичных представлений о главной роли продольных структур в размещении магматических тел придерживается М.И. Стрельцов. Помимо неогеновых интрузий, с четвертичными продольными дизъюнктивами автор связывает и цепочное расположение вулканов на островах [134], что, как было отмечено в главе 3, на текущий момент ни подтвердить ни опровергнуть не удалось. Вместе с тем, на Рисунок 5.3.1-В можно отметить, что разломы первого порядка также контролируют размещение малых интрузивов рыбаковского комплекса в северной части о. Итуруп на побережье Охотского моря. В то же время, предполагается рудогенерирующая роль пород камуйского комплекса, особенно для золото-серебряной минерализации. Вместе с тем, размещение субвулканических образований камуйского комплекса пространственно и генетически связано с разломами второго порядка (поперечными) (см. Глава 3) [85], что ставит под сомнение представления К.Ф. Сергеева. Здесь опять же логично предполагать формирование золото-серебряной минерализации, в том числе Прасоловского месторождения и других объектов Прасоловского рудного поля, в несколько этапов, особенно если предположить наличие более крупных порфировых объектов, невоскрытых эрозией. В таком случае перераспределение вещества могло осуществляться в результате циркуляции флюидов по разломам второго порядка на поздних постмагматических фазах после внедрения по этим же структурам расплавов, приведших к формированию позднеогеновых субвулканических тел.

Еще одним аргументом о важности разломов второго порядка в размещении полезных ископаемых служит тот факт, что рудные зоны обычно соответствуют тектоническим блокам и имеют северо-западное, поперечное к островам простирание [125]. Данные выводы подтверждаются преобладающей северо-западной (280° - 320°) ориентировкой рудных тел на месторождениях и проявлениях Курильских островов [49], что также совпадает с ориентировкой разломов второго порядка (Рисунок 5.3.2-2).

Наибольшее количество объектов, несущих золото-серебряную минерализацию, сосредоточено в пределах наиболее приподнятых (древних) тектонических блоков (Прасоловский, Сибеторский, Славнореченский и др.) (Рисунок 3.1.3). Это связано с активным интрузивным магматизмом на первом этапе эволюции Большой Курильской гряды (Глава 4), к продуктам которого приурочена большая часть металлических полезных ископаемых территории. Вертикальные подвижки в пределах островных блоков осуществлялись по разломам второго порядка (Глава 3). В этом проявляется другая важная роль тектонического фактора в распределении полезных ископаемых региона. С учетом того, что Прасоловский тектонический блок, в пределах которого закартированы крупнейшие интрузивные тела, является наиболее приподнятым, можно предполагать наличие крупных погребенных интрузии и в пределах других тектонических блоков. Об активном магматизме на границе палеогена и неогена свидетельствует большое количество в древних блоках малых интрузий рыбаковского комплекса (P_3-N_2rb) (Рисунок 5.3.1, Рисунок 2.1.4). Размещение интрузивных тел, как не раз отмечалось ранее, связано с разломами первого порядка. Таким образом, можно предполагать, что области пересечения разломов первого и второго порядка могут рассматриваться в качестве перспективных участков на золото-серебряную минерализацию. В таком случае стоит прогнозировать наличие объектов в центральной части о. Итуруп, перспективность которой, по последним оценкам [198], подвергается сомнению.

Важна роль в распределении полезных ископаемых и разломов третьего порядка, связанных с центрами современного и палеовулканизма. Это определяется тем, что разломы являются подводными каналами для металлоносных растворов, разгрузка которых в пределах Южных Курил происходит в виде термальных источников и парогидротерм, несущих минерализацию редких, реже цветных и благородных металлов. С радиальными разломами на периферийных участках неогеновых ВТС связана медно-полиметаллическая минерализация (Рисунок 5.3.1). На месторождениях серы, ассоциирующих с четвертичными ВТС, также отмечаются повышенные содержания редких и благородных металлов (Рисунок 5.3.2-4).

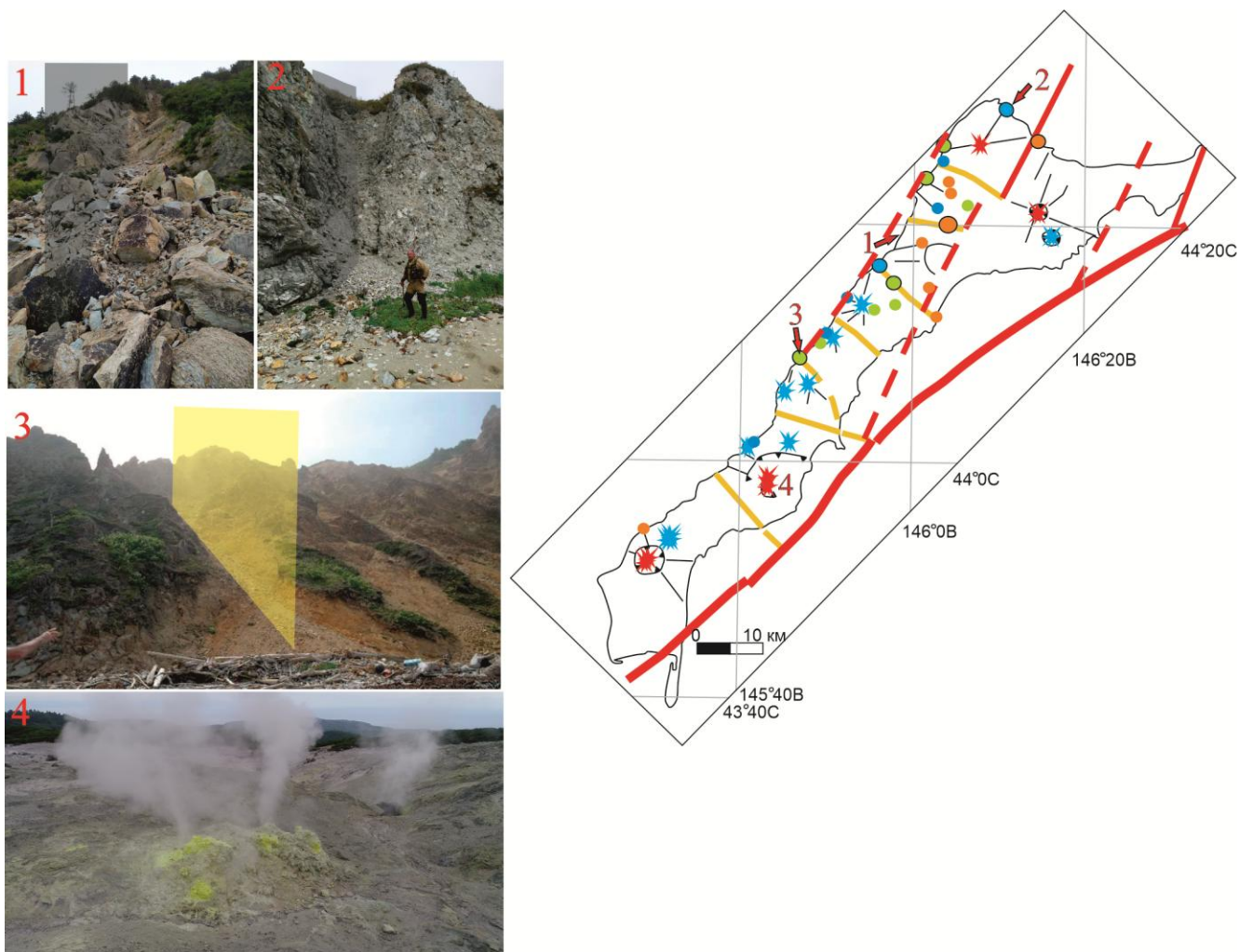


Рисунок 5.3.2 – Рудоконтролирующая роль разрывных нарушений на примере о. Кунашир. 1 – серия разрывных нарушений в районе г. Обрывистая, в бортах разломов отмечается обильная сульфидизация (ТН 207032); 2 – разрывное нарушение, опоясывающее разлом третьего порядка, в кварц-серицитовых метасоматитах Докучаевского рудопоявления (ТН 207026); 3 – рудопоявление Скрытное приурочено к разрывному нарушению второго порядка, которое на побережье маркируется по серии субпараллельных разломов (ТН 3020); 4 – фумарольное поле влк. Менделеева, в пределах которого формируются залежи самородной серы [фото автора]

Помимо зон пересечения разломов первого и второго порядков и периферийных частей ВТС неоген-четвертичного возраста в качестве других поисковых признаков можно рассмотреть: *метасоматический; литолого-стратиграфический и геоморфологический.*

Метасоматический признак играет главную роль при поиске серного оруденения. Проявления самородной серы тесно связаны с зонами вторичных кварцитов, опализированных, аргиллизированных пород в пределах вулканических построек [49]. Полиметаллическое и благороднометалльное оруденение ассоциируют с зонами гидротермально-измененных пород, формирующимися в тектонически ослабленных участках. Зоны, как правило, выполнены пропилитами, кварцевыми жилами, аргиллизитами, вторичными кварцитами с кварц-

карбонатным прожилкованием.

Литолого-стратиграфический признак имеет важное значение при поиске россыпных месторождений ильменит-магнетита. Значимую роль играет состав пород области питания. Наличие рыхлого пирокластического материала способствует легкому высвобождению титаномагнетита, зачастую без химического выветривания. Главную роль в питании россыпей ильменит-магнетита играют помимо вулканогенно-обломочных пород основного и среднего составов, также играют кислые пирокластические образования [111]. Вынос разрушенного пирокластического материала происходит, как правило, реками и небольшими водотоками либо непосредственно в результате абразии береговых склонов [112].

Геоморфологический признак при картировании и оценке продуктивности россыпей. Для локализации ильменит-магнетитовых россыпей важным фактором контроля являются блокированные участки берега, морфологические ловушки типа крупных заливов и бухт. Отдельно необходимо отметить глубину эрозионного среза является важным критерием, контролирующим оруденение на островах Кунашир и Итуруп. Это связано с тем, что наиболее продуктивные на МПИ поздненеогеновые образования зачастую перекрыты более молодыми вулканитами.

Таким образом, анализ фондовых и опубликованных данных в сочетании с результатами собственных полевых наблюдений и лабораторных исследований позволил установить связь между этапами тектоно-магматической эволюции Южных Курил и формированием и размещением металлических полезных ископаемых, что способствовало более глубокому пониманию геологического строения и металлогении региона. Несмотря на то, что формирование оруденения происходило на протяжении всех выделенных этапов тектоно-магматической эволюции региона на заключительных постмагматических фазах, основная часть наиболее перспективных объектов сформировалась в неогене и приурочена к субвулканическим и интрузивным телам камуйского, рыбаковского вулканических и прасоловского плутонического комплексов. Последний выступает в качестве рудовмещающего и связан пространственно и генетически с разрывными нарушениями первого порядка в пределах Северо-Кунаширского рудного района. В пределах прогнозируемого Северо-Итурупского рудного района разломы первого порядка контролируют размещение малых интрузий рыбаковского комплекса. Размещение рудогенерирующих поздненеогеновых образований пространственно и генетически связано с разрывными нарушениями второго порядка. В то же время оцененный возраст рудообразования показывают длительный процесс формирования золото-серебряной минерализации в результате перераспределения полезных компонентов в ходе циркуляции флюидов. В качестве каналов для циркуляции также выступают разрывные нарушения второго порядка и оперяющие их структуры. К разрывным нарушениям третьего порядка и связанным с

ними неогеновым и четвертичным ВТС приурочена минерализация цветных и редких металлов и месторождения и проявления серы, зачастую несущие повышенные концентрации благородных металлов.

Перечисленные выше данные позволяют сформулировать **третье защищаемое положение:** «Разломы первого порядка контролируют размещение интрузивных тел прасоловского и рыбаковского комплексов, в то время как разломы второго порядка контролируют субвулканические тела камуйского комплекса, к контактовым зонам данных магматических образований приурочены основные проявления золото-серебряных руд, сформировавшихся на первом этапе тектоно-магматической эволюции на территории островов Кунашир и Итуруп».

ГЛАВА 6 РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ОСТРОВОВ КУНАШИР И ИТУРУП И ЭТАПОВ РУДООБРАЗОВАНИЯ

Как описывалось в разделе 1.1, история геологического развития островов Кунашир и Итуруп рассмотрена наиболее детально в соответствующей главе объяснительной записки ко второму поколению Государственной геологической карты м-ба 1:200 000 [49]. Однако в упомянутой главе упор сделан на исследование эволюции региона с точки зрения палеофациальных реконструкций. Вместе с тем, согласно авторам, смены фациального режима обусловлены вертикальными подвижками территории островов, но практически не раскрываются причины и механизмы этих подвижек, их роль при формировании тектонических структур, в том числе региональных. Также остается нераскрытой проблема эволюции магматизма. Как отмечалось в разделах 1.1 и 4.4. диссертации, изучением этого вопроса продуктивно занимались А.Ю. и Ю.А. Мартыновы, особенно на о. Кунашир [100-104, 168 и др.]. Ведущая роль в эволюции магматизма и природе геохимической зональности вулканитов в данных работах отведена процессам, протекающим в задуговом бассейне, что согласуется с представлениями Б.В. Баранова и коллег [163, 166, 182]. Тем не менее, авторами практически не рассмотрены причины тектонических перестроек, слабо доказаны их время и роль в формировании особенностей структурно-геологического развития. Более глобально вопросы, связанные с тектоно-магматической эволюции исследуются Г.П. Авдейко и соавторами [1-6 и др.], но при этом они сосредоточены преимущественно на островных дугах п-ва Камчатка.

Полученные в рамках данного диссертационного исследования результаты по особенностям дизъюнктивной сети региона, магматизма и закономерностям распределения и формирования металлических полезных ископаемых в сочетании с комплексированием приведенных выше данных позволили осуществить реконструкцию тектоно-магматической эволюции островов Кунашир и Итуруп и этапов рудообразования. Для полноты реконструкции необходимо учитывать процессы, происходящие в сопредельных структурах, в том числе в пределах Малой Курильской гряды, п-ва Сиретоко, Охотоморского геоблока и др., что позволит значительно расширить временные диапазоны, поэтому данная модель является неокончательной, но может быть использована при проведении дальнейших исследований региона. Ниже приводится детальное описание для каждого выделенного этапа эволюции и стадии магматизма с указанием особенностей геодинамических и палеофациальных обстановок, а также обосновываются временные границы. Во избежание путаницы нумерации этапов и стадий ведутся последовательно и не зависят друг от друга.

Первый этап: ранний олигоцен (?) – поздний плиоцен P₃-N₂

Первая стадия: ранний олигоцен (?) – ранний плиоцен (~31 млн. лет ~ 5 млн. лет)

Согласно Г.П. Авдейко [1, 2] предполагается, что стационарный режим субдукции в пределах Курильской островной дуги установился в миоцене. Вероятнее всего, это произошло раньше – в начале олигоцена (?), о чем говорит наиболее древний полученный абсолютный возраст магматических пород [178]. В это время на территории БКГ происходит накопление глубинных осадков, сопровождаемое подводным [46], средне-основным и кислым вулканизмом центрального типа (Рисунок 5.4.1 верхняя часть). При общей высокой вулканической активности в этот период времени деятельность одних вулканических центров угасала, возникали новые вулканы, формируя сложную, сильно изменчивую по латерали рыбаковскую свиту (Рисунок 5.4.2), что предполагается по результатам анализа разрезов по скважинам, пробуренным на территории. Весьма вероятно, что в это время также происходил рифтогенез в Курильской котловине [163, 166]. С этими процессами связано заложение продольных разломов первого порядка. Параллельно, закладывается зона деструкции фронтального склона в районе Центральных Курил, что могло спровоцировать заложение разломов второго порядка [37, 94, 182]. К началу плиоцена происходит локальное поднятие территории вплоть до уровня моря, что обуславливает присутствие в верхней части разреза отложений рыбаковской свиты обломков псаммитовой размерности (Рисунок 1.3.3). *Первая стадия* является самой длительной, она продолжалась вплоть до раннего плиоцена и насчитывает более 25 млн. лет. Практически на протяжении всего этого периода продолжался активный интрузивный магматизм, преимущественно среднего и кислого составов, который привел к образованию субвулканических тел, площадью в первые квадратные километры, на территории островной суши современного Итурупа и интрузивных массивов в северной части о. Кунашир. При этом предполагается (раздел 3.1, диссертации), что внедрение интрузий осуществлялось по продольным разломам (Центрально-Кунаширский и Сибеторский). С данной стадией связано формирование на последних постмагматических фазах золото-серебряной, полисульфидной и медно-полиметаллической минерализаций в северной части о. Итуруп, приуроченной к субвулканическим фациям рыбаковского комплекса (раздел 5.3).

Вторая стадия: ранний плиоцен – поздний плиоцен (5 млн. лет ~ 3 млн. лет)

Вторая стадия связана с воздыманием КОД во второй половине неогена (~5 млн. лет). Подъем территории островов фиксируется по наличию лагунных отложений в разрезе камуйской свиты (Рисунок 1.3.3), что также подтверждается в работах [60, 178]. Плиоцен сопровождается кислым магматизмом. Вероятно, в это же время происходит подновление поперечных разломов второго порядка, разбивающих острова на систему блоков: прогибов и поднятий, эволюция каждого из которых может рассматриваться отдельно. Кроме того, поперечные дислокации контролируют

размещение субвулканических тел камуйского комплекса в центральных частях островов (бассейны рек Куйбышевка, Филатова и Илюшина). С данными образованиями связана основная часть рудной минерализации на о. Итуруп (руч. Дольный, Жильное, Перевальное) На о. Кунашир предполагается, что к малым телам камуйского комплекса приурочены объекты Прасоловского рудного поля (проявления Безымянное, Валентиновское, Аметистовое, Докучаевское, Прасоловское месторождение и др.). В первую очередь это связано с повсеместной гидротермальной переработкой пород и заметным усилением преобразований (аргиллизацией и окварцеванием) интрузивных тел прасоловского комплекса на контакте с субвулканическими образованиями камуйского комплекса.

Второй этап: поздний плиоцен – ранний плейстоцен (гелазский ярус) N₂-Q₁

Третья стадия: поздний плиоцен – ранний плейстоцен (гелазский ярус) (3 млн. лет ~ 2 млн. лет)

Второй этап – переходный, связан с ослаблением растяжения и постепенной сменой режима развития задугового бассейна (Рисунок 5.4.1 центральная часть). Вероятнее всего, это событие произошло в позднем плиоцене (около 3 млн. лет назад). Этап сопровождался проявлением андезибазальтового вулканизма, с нетипичным для островодужных систем трещинным характером излияний, и магматизма. Продуктами такого вулканизма являются платобазальты фрегатского комплекса. Поверхность подстилающих фрегатскую толщу рыбаковской или камуйской свит интенсивно эродирована, что говорит о том, что в начале этапа она была выведена из-под уровня моря. В наиболее поднятых по поперечным разломам второго порядка в ходе плиоцена блоках (Прасоловском, Сибеторском, Добрыненском) камуйская свита размыта полностью. Накопление базальных конгломератов в нижней части разреза фрегатской толщи свидетельствует о том, что территория в конце плиоцена испытала некоторое погружение. Тем не менее, в ходе второго этапа наблюдается общая тенденция к подъему и вывод на поверхность больших площадей. С завершающими стадиями этого этапа необходимо связывать интенсивные гидротермально-метасоматические изменения (формирование аргиллизитов и вторичных кварцитов), несущие рудную минерализацию на Охотоморском побережье о. Кунашир (Скрытый, Спиридоновский и др.).

Третий этап: гелазский ярус – голоцен Q₁-Q_n

Четвертая стадия: ранний плейстоцен – средний плейстоцен (2 млн. лет – 700 тыс. лет)

Примерно 2 млн. лет назад началось сжатие задугового бассейна, которое продолжается до сих пор (Рисунок 5.4.1 нижняя часть), что подтверждается результатами анализа современных сейсмических подвижек (Рисунок 3.1.3). Это должно привести к полному прекращению магматической активности в Курильской котловине, снижению температурного фона надсубдукционной мантии в тыловой зоне островной дуги [101]. В пределах островов Кунашир и Итуруп третий этап обуславливается переходом от средне-основного трещинного вулканизма

к вулканизму центрального типа. Вследствие продолжения проявления блоковой тектоники по разломам второго порядка в некоторых блоках (Парусный, Менделеевский, Головинский) происходит смена субаэральной обстановки на субаквальную с резким возрастанием активности кислого вулканизма и формированием отложений подводных пемзовых пирокластических потоков головнинской свиты. Центрами таких извержения являлись палеоголовнинский (оз. Песчаное) и палеоменделеевский (г. Отдельная, м. Столбчатый) вулканы, г. Голец и др [49]. На завершающих стадиях этих эксплозивных катастрофических извержений в жерловые части вулканических построек внедряются экструзии кислого состава [49].

Пятая стадия: средний плейстоцен – голоцен (700 тыс. лет – наст время)

Граница между стадиями проведена условно и связана со сменой состава преобладающего вулканизма и продолжением поднятия территории островов. Андезибазальтовый вулканизм на территории островов начал проявляться в среднем плейстоцене (около 700 тыс. лет назад) в пределах положительных вулканоструктур, выраженных в современном рельефе хребтами (Грозный, Чирип, Богатырь и др.) и одиночными вулканами (Атсонопури, Тятя и др.), и привел к формированию богатырской толщи. С современным вулканизмом преимущественно связано заложение разломов третьего порядка. В позднем плейстоцене (~ 50 тыс. лет назад) произошло затухание эффузивного вулканизма и усиление эксплозивной деятельности. Отмечаются катастрофические извержения с образованием кальдер (Головинская, Львиная Пасть, Медвежья и др). Эти извержения сопровождались выбросами большого количества продуктов кислого вулканизма. Проходили они как в субаквальных, так и в субаэральных условиях, формируя образования роковского дацитового вулканического комплекса. На протяжении всей стадии на фоне общей вулканической активности отмечаются периоды относительного затухания отдельных вулканических аппаратов. В этот период жерла многих вулканов закупориваются экструзиями кислого состава, при этом отмечается общее затухание интрузивного магматизма в пределах КОД, особенно в задуговом бассейне. Вулканизм продолжается до сих пор и характеризуется широким проявлением гидротермально-метасоматических процессов, связанных с неостывшими вулканическими очагами и камерами. В ходе данных процессов происходит формирование серной (месторождение Новое), редкометалльной (влк. Кудрявый) и золото-серебряной (влк. Головнина) минерализаций.

В ходе исследования, основанного на изучении структурно-геологических особенностей строения территории, определении условий формирования магматических комплексов, анализе закономерностей размещения и формирования металлических полезных ископаемых установлено 3 этапа тектоно-магматической эволюции Южных Курил, в которых можно выделить стадии вулканизма/магматизма. Оруденение сопровождало заложение вулкано-плутонических ассоциаций в ходе каждой стадии на последних постмагматических фазах,



Рисунок 5.4.1 – Графическая реконструкция тектоно-магматической эволюции Южных Курил на примере центральной части о. Итуруп [построено автором]: параметры субдукции по [6]; температурный режим по [58]; строение зоны сочленения дуга-желоб по [98]; данные о строении земной коры по [40]. На схеме: 1 – глубоководный желоб; 2 – аккреционная призма; 3 – внешняя дуга (хр. Витязь); 4 – Срединно-Курильский прогиб; 5 – фронтальная вулканическая зона; 6 – промежуточная вулканическая зона; 7 – тыловодужная вулканическая зона; 8 – зона затухания вулканизма; 9 – Восточный сброс; 10 – Западный сброс.

В легенде: 1 – разноуровневые магматические очаги; 2 – участки генерации магм в надсубдукционном мантийном клине; 3 – направление миграции летучих компонентов над сейсмофокальной зоной; 4 – субконтинентальная а – кора, б – литосферная мантия; 5 – субокеаническая (?) по [158] а – кора, б – литосферная мантия; 6 – океаническая а – пелагический осадочный слой, б – кора, в – литосферная мантия; 7 – активные вулканы и вулканические постройки текущего этапа; 8 – астеносфера; 9 – изотермы, °С; 10 – разломы а – первого порядка, б – второго порядка, в – третьего порядка

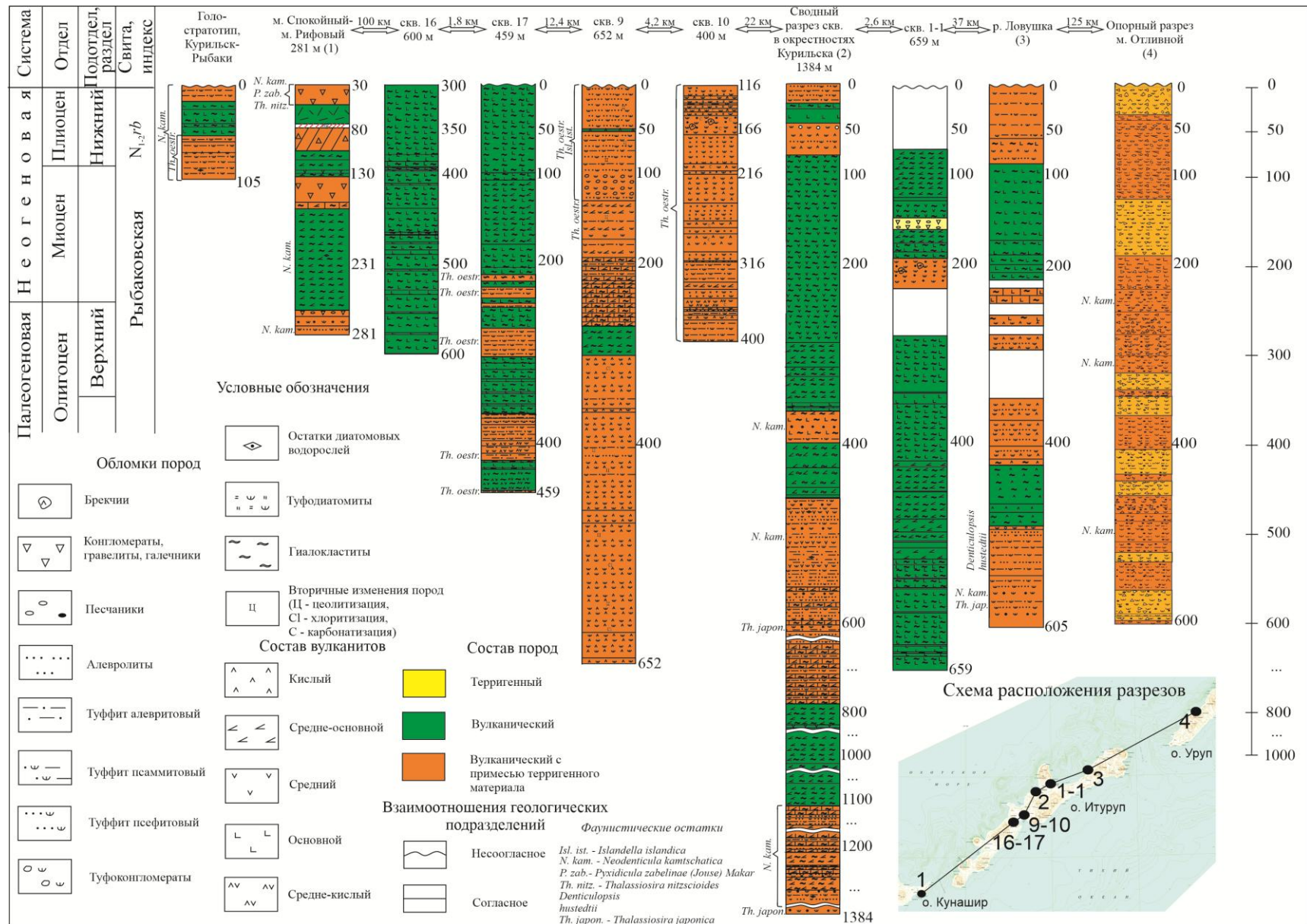


Рисунок 5.4.2 – Схема корреляции рыбаковской свиты [по 109 с изменениями возраста и дополнениями из 49, 51]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация представляет собой законченную научно - квалификационную работу, в которой предлагается новое решение актуальной научной задачи - реконструкции тектоно-магматической эволюции южной группы островов Большой Курильской гряды.

Подготовленная методика изучения структурно-геологических особенностей островов Кунашир и Итуруп может быть распространена на другие острова Большой Курильской гряды. Полученные в ходе исследования результаты позволили уточнить геологическое строение островов Кунашир и Итуруп, в том числе: особенности дизъюнктивной сети; литолого-стратиграфический разрез; геологические границы магматических подразделений; формационную принадлежность богатырского комплекса; химический состав, включая редкие и редкоземельные элементы, горных пород, формирующих острова. Выявленные закономерности размещения полезных ископаемых, выделенные рудоконтролирующие факторы (тектонический, магматический, геоморфологический и др.) будут учтены при прогнозе новых объектов.

Знания тектоно-магматической эволюции южного звена Большой Курильской гряды на примере островов Кунашир и Итуруп позволяют по-новому взглянуть на историю развития всей островной дуги и в качестве определяющих факторов определить процессы, протекающие в задуговом бассейне. Однако причина таких глобальных тектонических перестроек остается вопросом дискуссионным и требует дальнейшего изучения.

Наиболее существенные результаты, полученные автором при детальном изучении структурно-геологических особенностей территории и вещественного состава магматических пород островов Кунашир и Итуруп, обобщены в **трех защищаемых положениях**:

1. Геологическая структура островов Кунашир и Итуруп включает три системы разрывных нарушений: 1) продольные разломы первого порядка сдвига-сбросовой кинематики, проявленные в пределах Большой Курильской гряды, преддугового и задугового бассейнов, формирующие общий структурный план территории (P_3-N_1) и обусловленные процессами над субдуцирующей плитой; 2) поперечные разломы второго порядка, преимущественно сбросо-сдвиговой кинематики, обусловившие клавишное строение островов (N_{1-2}); 3) радиально-кольцевые дислокации третьего порядка, приуроченные к вулканическим структурам ($N-Q$);
2. Тектоно-магматическая эволюция островов Кунашир и Итуруп проходила в три этапа: 1) становление стационарного режима субдукции с растяжением в задуговом бассейне, активным интрузивным магматизмом и с субаквальным вулканизмом центрального типа (P_3-N_2); 2) ослабление режима растяжения в задуговом бассейне с проявлением вулканизма трещинного типа (N_2-Q_1); 3) проявление субаэрального вулканизма центрального типа в пределах Большой Курильской гряды с затуханием интрузивного

магматизма в задуговом бассейне в условиях сжатия (Q_1 - Q_H);

3. Разломы первого порядка контролируют размещение интрузивных тел прасоловского и рыбаковского комплексов, в то время как разломы второго порядка контролируют субвулканические тела камуйского комплекса, к контактовым зонам данных магматических образований приурочены основные проявления золото-серебряных руд, сформировавшихся на первом этапе тектоно-магматической эволюции на территории островов Кунашир и Итуруп.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

БКГ – Большая Курильская гряда

ВТС – Вулкано-тектоническая структура

ГСЗ – Глубинное-сейсмическое зондирование

ДДЗ – Данные дистанционного зондирования

КК глубоководный желоб – Курило-Камчатский глубоководный желоб

КОД – Курильская островная дуга

КС – Космический снимок

МПИ – металлические полезные ископаемые

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдейко, Г. П. Геодинамика проявления вулканизма Курильской островной дуги и оценка моделей магмообразования / Г. П. Авдейко // Геотектоника. – 1994. – № 2. – С. 19–32.
2. Авдейко, Г. П. Современная тектоническая структура Курило-Камчатского региона и условия магмообразования / Г. П. Авдейко, С. В. Попруженко, А. А. Палуева. – Петропавловск-Камчатский: – 2001 – ИВГиГ ДВО РАН. – С. 9-33,.
3. Авдейко, Г. П. Вулкано-тектоническое районирование и геодинамические условия магмообразования Курило-Камчатской островодужной системы / Г. П. Авдейко, О. Н. Волынец, Ю. О. Егоров – Москва : ГЕОС, 1999. – Т. 1. – С. 20–24.
4. Авдейко, Г. П. Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Геодинамика формирования подвижных поясов Земли / Г. П. Авдейко. – 2007. – С. 1–5.
5. Авдейко, Г. П. Геодинамические условия вулканизма и магмообразования Курило-Камчатской островодужной системы / Г. П. Авдейко, А. А. Палуева, О. А. Хлебородова // Петрология. – 2006. – Т. 14, № 3. – С. 248–265. – ISSN 0869-5903.
6. Авдейко, Г. П. Тектоническое развитие и вулкано-тектоническое районирование Курило-Камчатской островодужной системы / Г. П. Авдейко, С. В. Попруженко, А. А. Палуева // Геотектоника. – 2002. – № 4. – С. 64–80.
7. Агеев, А. С. Особенности глубинного строения Байкало-Становой региональной сдвиговой зоны по геологическим, геофизическим и дистанционным данным в створе профиля 3-ДВ (южный участок) / А. С. Агеев, А. С. Егоров // Региональная геология и металлогения. – 2017. – № 70. – С. 36-40.
8. Агеев, А. С. Структурно-вещественные неоднородности земной коры в пределах региональных сдвиговых зон по результатам комплексной интерпретации геолого-геофизических данных / А. С. Агеев, А. С. Егоров // Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии : Материалы I Тектонического совещания, Москва, 30 января – 03 2018 года. Том 2. – Москва: Издательство ГЕОС. – 2018. – С. 359-362.
9. Агеев, А. С. Особенности глубинного строения Байкало-Становой региональной сдвиговой зоны по результатам комплексной интерпретации геолого-геофизических данных : автореферат дис. ... кандидата геолого-минералогических наук : 25.00.10 / Агеев Алексей Сергеевич ; РГГРУ. – Санкт-Петербург, 2018. – 21 с.
10. Анохин, В.М., Маслов, Л.А. Закономерности направленности линеаментов и разломов дна Российской части Японского моря / В. М. Анохин, Л. А. Маслов // Тихоокеанская геология – 2009. – №2. – С. 3-16.
11. Анохин, В.М., Маслов, Л.А. Опыт изучения закономерностей направленности и

протяженности линеаментов и разломов в регионах / В. М. Анохин, Л. А. Маслов // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2015. №1. Вып. 25. С. 231-242.

12. Антонов А. Ю. Геодинамика и вещественная эволюция древней, мел-палеогеновой фронтальной зоны магматизма Курильской островной дуги (Малая Курильская гряда-хребет Витязь). – Российский фонд фундаментальных исследований, 1995. – №. 95-05-15363.

13. Аплонов, С. В. Геодинамика: / С. В. Аплонов // Учебник. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2001. – 360 с.

14. Аэрокосмические методы геологических исследований / Под ред. А.В. Перцова. – СПб : Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. – 316 с.

15. Бевз, В. Е., Шапошников, А. В. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Курильская. Лист L-55-XXVIII. Объяснительная записка / В. Е Бевз, А. В. Шапошников и [др.] – М. : Союзгеолфонд, 1980. – 96 с.

16. Бевз, В. Е., Шапошников, А. В. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Курильская. Лист L-55-XXIX. Объяснительная записка / В. Е Бевз, А. В. Шапошников и [др.] – М. : Союзгеолфонд, 1980. – 84 с.

17. Бевз, В. Е., Шапошников, А. В. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Курильская. Лист L-55-XXXIV. Объяснительная записка / В. Е Бевз, А. В. Шапошников и [др.] – М. : Союзгеолфонд, 1980. – 54 с.

18. Бейги, С. Оценка неотектонической активности вулканического пояса Уромие-Дохтар (Иран) на основе расчета морфотектонических индексов / С. Бейги, И. В. Таловина, **Н. С. Крикун** // Вестник Московского университета. Серия 5. География. — 2021. — № 3. — С. 64-76. — DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.3.5.

19. Белоусов, В. И. Геология геотермальных полей в областях современного вулканизма / В. И. Белоусов. – Москва : Наука, 1978. – 174 с.

20. Бергаль-Кувикас, О. В. Объемы четвертичных вулканитов Курильской островной дуги: анализ пространственного расположения и связь с зоной субдукции / О. В. Бергаль-Кувикас // Тихоокеанская геология. – 2015. – Т. 34. – №. 2. – С. 103-116.

21. Биофациальные особенности мезо-кайнозойских бассейнов Сахалина и Курильских островов / ред. А. В. Фурсенко, Л. С. Жидкова, Г. С. Мишакова, Т. И. Неверова [и др.] ; АН СССР. Дальневосточный науч. центр, Сахалинский комплексный науч.-исслед. ин-т, Сахалинское отд-ние ВНИГРИ. – Новосибирск : Наука, 1974. – 252 с.

22. Борукаев, Ч. Б. Справочник по современной тектонической терминологии / Ч. Б. Борукаев. – Новосибирск : Новосибирский государственный университет. 1997. – 35 с.

23. Вержбицкий, Е. В. Генезис литосферы северной части Мирового океана / Е. В. Вержбицкий, М. В. Кононов. – Москва : Научный мир, 2010. – 480 с.

24. Витухин, Д. И. Комплекс радиолярий неогеновых отложений Курильских островов (Кунашир, Итуруп) / Д. И. Витухин // Кайнозой Дальнего Востока. – Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1989. – С. 206–208.
25. Володькова, Т. В. Особенности магматизма острова Кунашир (Курильская островная дуга) по аэрогеофизическим данным / Т. В. Володькова // Тихоокеанская геология. – 2007. – Т. 26, № 6. – С. 15–37.
26. Володькова, Т. В. Характеристики отношений ЕРЭ гранитоидов различных геодинамических типов / Т. В. Володькова // Граниты и эволюция Земли: геодинамическая позиция, петрогенезис и рудоносность гранитоидных батолитов. – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ, 2008. – С. 68–71.
27. Воронов, П. С. Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли / П. С. Воронов ; АН СССР. Геогр. о-во СССР. – Ленинград : Наука. Ленингр. отд-ние, 1968. – 123 с.
28. Вулканические катастрофы позднего плейстоцена–голоцена на Камчатке и Курильских островах. Часть 1. Типы и классы катастрофических извержений – главных компонентов вулканического катастрофизма / Л. И. Базанова, И. В. Мелекесцев, В. В. Пономарева, О. В. Дирксен, В. Г. Дирксен // Вулканология и сейсмология. — 2016. — № 3. — С. 3–21.
29. Голоценовое эксплозивное извержение на перешейке Ветровой (о. Итуруп) как источник маркирующего горизонта тефры (~2000 лет назад) в центральной части Курильской островной дуги / О. В. Бергаль-Кувикас, С. З. Смирнов, А. Р. Агатова, А. В. Дегтерев, Н. Г. Разжигаева, Т. К. Пинегина, М. В. Портнягин, Н. С. Карманов, Т. Ю. Тимина // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. — 2023. — Т. 511, № 1. — С. 46-54. — DOI: 10.31857/S2686739723600601.
30. Генезис термального озера в прибрежной зоне о. Итуруп (Курильские острова) / О. Р. Хубаева, А. В. Сергеева, А. Л. Хомчановский, М. Д. Сидоров, Ф. И. Батанов, С. С. Волинкин, М. А. Назарова // Геодинамика и тектонофизика. — 2025. — Т. 16, № 1. — С. 0813. — DOI: 10.5800/GT-2025-16-1-0813.
31. Геологическая история территории СССР и тектоника плит / Л.П. Зоненшайн, Е.И. Приставакина, Р.Е. Айзберг и др. – М.: Наука, 1989. – 206 с. – ISBN 5-02-001999-2
32. Геология СССР. Т. 31. Камчатка, Курильские и Командорские острова. / Гл. ред. А. В. Сидоренко – М. : ВГФ, 1964. – 733 с.
33. Геолого-геофизический атлас Курило-Камчатской островной системы / Ред. К. Ф. Сергеев, М. Л. Красный. – Л. : ВСЕГЕИ, 1987. – 36 с.
34. Геоморфологические индикаторы сдвиговых перемещений на острове Уруп

(Большая Курильская гряда) / А. А. Сенцов, А. О. Агибалов, В. А. Зайцев, А. В. Полещук, Е. Ю. Хрусталева // Вестник Московского университета. Серия 5. География. — 2023. — № 3. — С. 82-91. — DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.3.7.

35. Геохимические особенности вулканогенных отложений и эксгалационной минерализации в кратерной части активного вулкана Кудрявый (остров Итуруп Курильской гряды) / А. Г. Марченко, А. А. Вольфсон, М. В. Морозов, Н. С. Хрол, [и др.] // Геология рудных месторождений. — 2020. — Т. 62, № 2. — С. 134–150. — ISSN 0016-7770.

36. Геохимия и петрогенезис четвертичных вулкаников Курильской Островной Дуги / Ю. А. Мартынов, А. И. Ханчук, Дж.-И. Кимура, А. В. Рыбин, А. Ю. Мартынов // Петрология. — 2010. — Т. 18, № 5. — С. 512–535. — ISSN 0869-5903.

37. Геохимия вулкаников подводного хребта Витязя на тихоокеанском склоне Курильской островной дуги / Т. А. Емельянова, Ю. А. Костицын, Е. П. Леликов // Геохимия. — 2012. — № 3. — С. 316-316.

38. Гзовский, М. В. Основы тектонофизики / М. В. Гзовский ; под ред. В. В. Белоусова, М. В. Муратова. — Москва : Наука, 1975. — 536 с.

39. Глубинное строение, тектоника и геодинамика Охотоморского региона и структур его складчатого обрамления / А. С. Егоров, Н. В. Большакова, Д. Ф. Калинин, А. С. Агеев // Записки Горного института. — 2022. — Т. 257. — С. 703-719. — DOI: 10.31897/PMI.2022.63.

40. Глубинное строение и геодинамика Охотоморского региона / Н. И. Павленкова, С. Н. Кашубин, Л. И. Гонтовая, Г. А. Павленкова // Региональная геология и металлогения. — 2018. - №76. — С. 70-82.

41. Глубинное строение районов тройного сочленения плит Тихоокеанской, Кокосовой и Наска / Л. П. Зоненшайн, Л. И. Коган, Л. А. Савостин [и др.] // Докл. АН СССР. — 1979. — Т. 249, № 6. — С. 1331–1335.

42. Говоров Г. И. Фанерозойские магматические пояса и формирование структуры Охотоморского геоблока / Г. И. Говоров ; Рос. акад. наук. Дальневост. отд-ние. Дальневост. геол. ин-т. — Владивосток : Дальнаука, 2002. — 197 с. — ISBN 5-8044-0180-7.

43. Говоров, Г. И. Геодинамика Малокурильской палеоостроводужной системы по геохронологических и петрохимических данным / Г. И. Говоров // Доклады академии наук. — 2000. — Т.372, № 4. — С. 521–524. — ISSN 0869-5652.

44. Голионко, Б. Г. Строение и геологическое развитие южной части Курильской островной дуги в позднем мелу-миоцене в связи с субдукцией Тихоокеанской плиты : специальность 04.00.10 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Голионко Борис Глебович. — Москва, 1992. — 23 с.

45. Горшков, Г. С. Действующие вулканы Курильской островной дуги / Г. С. Горшков

// Труды Лаборатории вулканологии АН СССР / ред. Б. И. Пийп. – Москва : Изд-во АН СССР, 1958. – № 13. – С. 5–70.

46. Горшков, Г. С. Вулканизм Курильской островной дуги / Г. С. Горшков. – М. : Наука, 1967. – 288 с.

47. Государственная геологическая карта СССР Масштаба 1:1000000, лист К-55, L-55, Южная группа Курильских островов. Объяснительная записка. / Ю. С. Желубовский [и др.] ; под ред. В. Н. Верещагина. - Москва: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1956. – 35 с.

48. Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1:1 000 000. (новая серия). Лист L-54, 55; К-55. Объяснительная записка / Ред. В. К. Ротман – СПб: Роскомнедра ВСЕГЕИ, 1995 – 146 с.

49. Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1:200 000. Изд. второе. Серия Курильская. Листы L-55-XXII, XXIII, XXVIII, XXIX, XXXII, XXXIII, XXXIV; К-55-II. Объяснительная записка / Ред. В. К. Ротман – СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2002 – 298 с.

50. Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1:200 000. Изд. второе. Серия Курильская. Листы К-55-III (II) (Малокурильское). Объяснительная записка / Ред. В. К. Ротман – СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008 – 117 с.

51. Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1:200 000. Изд. второе. Серия Курильская. Листы L-55-XVIII, XXIV; L-56-XIII, XIX. Объяснительная записка / Ред. В. К. Ротман – СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008 – 145 с.

52. Гранник, В. М. Геология и геодинамика южной части Охотоморского региона в мезозое и кайнозое : автореферат дис ... доктора геолого-минералогических наук : 25.00.01 / Гранник Валерий Маерович. – Владивосток, 2006. – 37 с.

53. Гребенников, А. В. Геодинамика и магматизм трансформных окраин Тихоокеанского типа: основные теоретические аспекты и дискриминантные диаграммы / А. В. Гребенников, А. И. Ханчук // Тихоокеанская геология. – 2021. – Т. 40, №1 – С. 3–24. DOI: 10.30911/0207-4028-2021-40-1-3-24

54. Грищенко, М. Ю. Дешифрирование проявления поствулканической активности по космическим снимкам и полевым данным (на примере острова Кунашир) / М. Ю. Грищенко, А. В. Устюхина // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2017. – № 1. – С. 45–52.

55. Дистанционные методы исследования в изучении структурно-геологических особенностей строения о. Итуруп (Курильские острова) / И. В. Таловина, **Н. С. Крикун**, Ю. Ю. Юрченко, А. С. Агеев // Записки Горного института. – 2022. – Т. 254. – С. 158-172. – DOI

10.31897/PMI.2022.45.

56. Данченко В. Я. Геологические позиции и вещественно-генетические типы редко- и благороднометального оруденения в Южно-Охотском сегменте циркумпафики : автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук : 04.00.14 / Данченко Владимир Яковлевич : ДВГИ. – Владивосток. 1999. – 24 с.

57. Данченко, В. Я. Рениеносная минерализация на Курильских островах / В. Я. Данченко, А. В. Рыбин, Г. С. Штейнберг // Тихоокеанская геология. – 1999. – Т. 18, № 4. – С. 85–98.

58. Добрецов, Н. Л. Петрологические, геохимические и геодинамические особенности субдукционного магматизма / Н. Л. Добрецов // Петрология. – 2010. – Т. 18, № 1. – С. 88–110. – ISSN 0869-5903.

59. Добрецов, Н. Л. Пути миграции магм и флюидов и составы вулканических пород Камчатки / Н. Л. Добрецов, И. Ю. Кулаков, Ю. Д. Литасов // Геология и геофизика. – 2012. – Т. 53, № 12. – С. 1633–1661. – ISSN 0016-7886.

60. Дуничев В. М. Вулканизм Большой Курильской дуги / В. М. Дуничев. – М. : Недра, 1983. – 117 с.

61. Ермаков, В. А. Вулкан Кудрявый и эволюция кальдеры Медвежья (о-в Итуруп, Курильские острова) / В. А. Ермаков, Г. С. Штейнберг // Вулканология и сейсмология. – 1999. – Т. 21, № 3. – С. 19–40.

62. Зверев, С. М. Внутреннее строение зон активных разломов по данным ГСЗ на примерах Кипрской и Курило-Камчатской дуг / С. М. Зверев // Доклады Академии наук. – 2008. – Т. 420, №2. – С. 234–238.

63. Зверев, С. М. Глубинные разломы и сейсмичность Курило-Камчатской зоны / С. М. Зверев // Геофизические исследования. – 2011. – Т. 12, № 4, – С. 5–30.

64. Злобин, Т. К. Глубинная геодинамика и ее проявления в литосфере хоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану / Т. К. Злобин, А. Ю. Полец, О. В. Пеньковая // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. – 2012 – Т.1, вып. 1. – С. 1–23. – ISSN 2227-9490

65. Злобин, Т. К. Строение земной коры, поле тектонических напряжений и грязевой вулканизм Сахалино-Курильского региона: монография / Т. К. Злобин, В. В. Ершов, А. Ю. Полец. – Южно-Сахалинск : СахГУ, 2012. – 176 с.

66. Зоненшайн, Л. П. Введение в геодинамику / Л. П. Зоненшайн, Л. А. Савостин. – М. : Недра, 1979. – 311 с.

67. Иванов, Б. В. Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. / Б. В. Иванов [и др.] ; Российская акад. наук. Дальневосточное отд-ние. Ин-т

вулканической геологии и геохимии – Петропавловск-Камчатский : ИВГиГ ДВО РАН, 2001. – 428 с.

68. Идентификация разрывных нарушений северной части о. Парамушир (Курильские острова, Россия) и их взаимосвязь с гидротермально-магматическими системами: 3d моделирование тектонической раздробленности. / О. Р. Хубаева, В. В. Бергаль-Кувикас, М. Д. Сидоров // Геотектоника. – 2020. – №6. – С. 77-90. – DOI: 10.31857/S0016853X20060077

69. Изучение процессов рудо- и минералообразования из высокотемпературных фумарольных газов на вулкане Кудрявый, остров Итуруп, Курильские острова / С. И. Ткаченко, Р. П. Портер, М. А. Коржинский [и др.] // Геохимия. – 1999. – № 4. – С. 410–422.

70. Изучение тектонических структур / В. Д. Вознесенский, А. Н. Балагов [и др.] ; – Л. : Недра, 1984. – 287 с.

71. Катастрофические эксплозивные извержения Львиной Пасти (о. Итуруп): Стратиграфия и геохронология / А. В. Дегтерев, А. В. Рыбин, Х. А. Арсланов, И. Г. Коротеев, В. Б. Гурьянов, Д. Н. Козлов, М. В. Чибисова // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска. — 2015. — С. 210-214.

72. Кемкина, Р. А. Вещественный состав руд и минералого-геохимическая методика оценки потенциального загрязнения окружающей среды токсичными элементами (на примере Прасоловского АУ-АГ месторождения) / Р. А. Кемкина, И. В. Кемкин ; Дальневосточный гос. технический ун-т (ДВПИ им. В. В. Куйбышева), Российская акад. наук, Дальневосточное отделение, Дальневосточный геологический ин-т. – Владивосток : Дальнаука, 2007. – 210 с.

73. Кириллов В. Е. Золотоносность острова Уруп Большекурильской островной гряды / В. Е. Кириллов, М. В. Горошко // Региональные проблемы. – 2008. – № 9. – С. 50–55.

74. Кириллов, В. Е. Геодинамические обстановки формирования благороднометального оруденения островов Уруп и Итуруп (Курильские острова) / В. Е. Кириллов // Материалы международной научной конференции «Геодинамика формирования подвижных поясов Земли». – Екатеринбург, 2007. – С. 138–141.

75. Колосков, А. В. Новые данные о составе интрузивных пород о. Шикотан (Малая Курильская гряда) / А. В. Колосков, П. И. Федоров, О. И. Окина // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2019. – № 3, Вып. 43. – С. 52-65. – DOI 10.31431/1816-5524-2019-3-43-52-65.

76. Константиновская, Е. А. Тектоника восточных окраин Азии: структурное развитие и геодинамическое моделирование / Е. А. Константиновская // Труды Геологического института. – 2003. – С. 1–224.

77. Корсаков, А. К. Структурная геология : учебник / А. К. Корсаков – М. : КДУ, 2009. – 328 с.

78. Королева, Т. П. Геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия курильская, лист

К-55-II. Объяснительная записка / Т. П. Королева, И. Г. Смирнов – М. : Недра. 1971 – 48 с.

79. Королева, Т. П. Геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия курильская, лист L-55-XXXII. Объяснительная записка / Т. П. Королева, И. Г. Смирнов – М. : Союзгеолфонд. 1974 – 90 с.

80. Королева, Т. П. Геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. (1974). Серия курильская, лист L-55-XXXIII. Объяснительная записка / Т.П. Королева, И.Г. Смирнов – М. : Союзгеолфонд. 1974 – 87 с.

81. Красный, Л. И. Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 8. Восток СССР / Ред. Л. И. Красный, В. К. Путинцев. – Ленинград : Недра : 1984. – 560 с.

82. Кременецкий, А. А. Содержание рения и редких металлов в газах вулкана Кудрявый (остров Итуруп, Курильские острова) / А. А. Кременецкий, И. В. Чаплыгин // ДАН. – 2010. – Т. 430, № 3. – С. 365–370. – ISSN 0869-5652.

83. **Крикун, Н. С.** Классификация, масштаб и пространственно-временные взаимоотношения разрывных нарушений Южных Курил / Н. С. Крикун, И. В. Таловина, И. А. Бабенко // Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных районов : материалы II Всероссийской научной конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук (Москва, 22-24 октября 2024 года). - Москва : Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 2024. - С. 22-25.

84. **Крикун, Н. С.** Изучение дизъюнктивной сети о. Кунашир (Курильские острова) с целью реконструкции особенностей его тектонического развития / Н. С. Крикун, И. А. Абдрахманов, И. В. Таловина // Russian Journal of Earth Sciences. — 2024. — №. 2. — С. 1-17. — DOI: 10.2205/2024ES000915

85. **Крикун, Н. С.** Изучение закономерностей распределения металлических полезных ископаемых о. Кунашир с использованием разнотипных геолого-геофизических данных и МДЗ / Н. С. Крикун // Сборник тезисов докладов XIII международной научно-практической конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» Москва ФГБУ «ЦНИГРИ» 10–12 апреля 2024. – М. : ФГБУ «ЦНИГРИ». – 2024. – С. 195-197.

86. **Крикун, Н. С.** История изучения тектонических нарушений о. Шикотан (Малая Курильская гряда) / Н. С. Крикун, А. В. Толкунова // Современная наука и молодые учёные. Сборник статей VI Международной научно-практической конференции. – г. Пенза : Наука и просвещение, 2021. – С. 15-18.

87. **Крикун, Н. С.** Применение дистанционных методов исследования для уточнения структурно-геологических особенностей строения Курильского региона (на примере островов Кунашир и Итуруп) / Н. С. Крикун // Материалы X Международной научной конференции

молодых ученых «Молодые - Наукам о Земле» Т. 1 : Развитие новых идей и тенденций в науках о Земле: геология, геотектоника, геодинамика, региональная геология, палеонтология. - М. : МГРИ. – 2022. – С. 21-24.

88. **Крикун, Н. С.** Типизация кинематика и масштаб тектонических нарушений о. Итуруп (Большая Курильская гряда) / Н. С. Крикун // Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: XI Косыгинские чтения: материалы Всероссийской конференции с международным участием, 15–18 сентября 2021, г. Хабаровск (Отв. ред. А.Н. Диденко, Ю.Ф. Манилов) – Хабаровск : ИТиГ им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, 2021. – С. 157-159.

89. Кулинич, Р. Г. Плотностные неоднородности и напряжения в земной коре Центральных Курил / Р. Г. Кулинич, Е. Б. Осипова, М. Г. Валитов // Тихоокеанская геология. — 2020. — Т. 39, № 2. — С. 21-28.

90. Кулинич, Р. Г. Геофизические поля, блоковая структура и сейсмическая активность Центральных Курил / Р. Г. Кулинич, М. Г. Валитов, З. Н. Прошкина // Тихоокеанская геология. — 2012. — Т. 31, № 6. — С. 35-43.

91. Кулинич, Р. Г. Сравнительный анализ сейсмических и плотностных моделей земной коры Центральных Курил / Р. Г. Кулинич, М. Г. Валитов, З. Н. Прошкина // Тихоокеанская геология. — 2015. — Т. 34, № 6. — С. 45-56.

92. Кузьмин, Ю. О. Особенности структурного дешифрирования линейментов с учетом современной геодинамики разломов / Ю. О. Кузьмин, А. И. Никонов, Е. С. Шаповалова // Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика. – 2016. – № 13. – С. 1–21.

93. Леглер, В. А. Тектоника литосферных плит : Динамика зоны подвига : сборник статей / В. А. Леглер, Л. И. Лобковский, О. Г. Сорохтин ; АН СССР, Ин-т океанологии им. П. П. Ширшова. – Москва : Ин-т океанологии, 1976. – 149 с.

94. Леликов, Е. П. Магматизм подводного хребта Витязя (тихоокеанский склон Курильской островной дуги) / Е. П. Леликов, Т. А. Емельянова, Б. В. Баранов // Океанология. — 2008. — Т. 48, № 2. — С. 260-270.

95. Леликов, Е. П. Геология и вулканизм подводного хребта Витязя на тихоокеанском склоне Курильской островной дуги / Е. П. Леликов, Т. А. Емельянова // Океанология. — 2011. — Т. 51, № 2. — С. 329-343.

96. Леликов, Е. П. Гранитоиды фундамента Курильской островодужной системы / Е. П. Леликов, Т. А. Емельянова // Доклады Академии наук. — 2014. — Т. 454, № 5. — С. 561-566.

97. Линейменты, планетарная трещиноватость и регматическая сеть : суть явлений и терминология / Н. В. Короновский, Г. В. Брянцева, М. А. Гончаров, А. А. Наймарк, А. В. Копаев // Геотектоника. – 2014. – № 2. – С. 75–88. – ISSN 0016-853X.

98. Ломтев, В. Л. О строении и сейсмотектонике Курильской системы дуга-желоб / В.

Л. Ломтев, Т. В. Нагорных, Д. А. Сафонов // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2012. – Т. 39, № 4. – С. 19–38.

99. Ломтев, В. Л. Особенности строения и сейсмотектоники Курильской системы дуга-желоб / В. Л. Ломтев, Т. В. Нагорных, Д. А. Сафонов // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2013. — № 3 (33). — С. 94-109.

100. Мартынов А. Ю. Плейстоценовый базальтовый вулканизм о. Кунашир (Курильская Островна Дуга) : минералогия, геохимия, результаты компьютерного моделирования / А. Ю. Мартынов, Ю. А. Мартынов // Петрология. – 2017. – Т. 25, № 2. – С. 194-214.

101. Мартынов, А. Ю. Роль задуговых процессов в происхождении субдукционных магм: новые данные по изотопии Sr, Nd и Pb в вулканитах ранних этапов формирования о. Кунашир (Курильская островная дуга) / А. Ю. Мартынов, Ю. А. Мартынов, А. В. Рыбин, Дж.-И. Кимура. // Геология и геофизика, 2015. – Т. 56, № 3. – С. 469–487.

102. Мартынов, А. Ю. Роль задуговых процессов в формировании поперечной геохимической зональности вулканитов ранних этапов становления о-ва Кунашир / А. Ю. Мартынов // Петрология. – 2013. – Т. 21, № 5. – С. 517–534.

103. Мартынов, Ю. А. Геохимия базальтов островов Кунашир и Итуруп – роль несубдукционных факторов в магмогенезисе Курильской островной дуги / Ю. А. Мартынов // Геохимия. – 2005. – № 4. – С. 369–383.

104. Мартынов Ю. А. Геохимия базальтов активных континентальных окраин и зрелых островных дуг на примере северо-западной Пацифики. / Ю. А. Мартынов ; Дальневосточный геологический институт. – Владивосток : Дальнаука, 1999. – 218 с.

105. Мелкий, В. А. Россыпи железосодержащих минералов в Сахалинской области / В. А. Мелкий, А. А. Верхотуров // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – Томск : ГОУ ВПО ТПУ, 2019. – Т. 330, № 1. – С. 6–18.

106. Милосердова Л. В. Аэрокосмические методы в нефтегазовой геологии: Учебник / Л. В. Милосердова // Под ред. П. В. Флоренского. - М.: ООО «Издательский дом Недра», 2022. – 502 с

107. Мицук, В. В. Особенности магматизма Северо-Кунаширского рудного узла. Геология, металлогения и гидрогеология Сахалина и Курильских островов / В. В. Мицук // Сборник научных трудов. – Владивосток : ДВО РАН, 1991. – С. 64–81.

108. Морфология и особенности формирования термального озера Утиная Баня (о. Итуруп, Южные Курильские острова) / О. Р. Хубаева, А. В. Дегтерев, Д. Н. Козлов, А. Л. Хомчановский, Р. В. Жарков, Ф. И. Батанов // Геология и геофизика. — 2023. — Т. 64, № 9. — С. 1258–1269. — DOI: 10.15372/GiG2023118.

109. Особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности

неогеновых отложений южного сегмента Курильской островодужной системы / **Н. С. Крикун**, И. А. Бабенко, И. В. Таловина, А. М. Дурягина // Russian Journal of Earth Sciences. — 2024. — № 2. — С. 1-16. — DOI: 10.2205/2024ES000905.

110. Особенности современной глубинной сейсмотектоники литосферы Южных Курил (района о-ва Итуруп) по механизмам очагов землетрясений / Т. К. Злобин, А. Ю. Полец, Л. Н. Поплавская, Д. А. Сафонов // Вестник ДВО РАН. — 2011. — № 3. — С. 35–40.

111. Ребецкий, Ю. Л. От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методики и алгоритмы / Ю. Л. Ребецкий, Л. А. Сим, А. В. Маринин. — Москва : ГЕОС, 2017. — 315 с. — ISBN 978-5-89118-711-9.

112. Патык-Кара, Н. Г. Минерагения россыпей: типы россыпных провинций / Н. Г. Патык-Кара ; Учреждение Российской акад. наук, Ин-т геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ РАН). — Москва : ИГЕМ РАН, 2008. — 528 с. — ISBN 978-5-88918-009-8.

113. Пискунов, Б. Н. Вулканизм Большой Курильской гряды и петрология пород высокоглиноземистой серии (На примере о-вов Уруп и Симушир) / отв. ред. д-р геол.-минерал. наук Е. К. Мархинин ; АН СССР. Дальневост. науч. центр. Сахалин. комплексный науч.-исслед. ин-т. — Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1975. — 187 с.

114. Петрохимические особенности вулканических комплексов кальдеры Медвежья (о. Итуруп, Курильские острова) / А. В. Рыбин, М. В. Чибисова, С. З. Смирнов, Ю. А. Мартынов, А. В. Дегтерев // Геосистемы переходных зон. — 2018. — Т. 2, № 4. — С. 377-385. — DOI: 10.30730/gtr.2018.2.4.377-385.

115. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги / Г. П. Авдейко, А. Ю. Антонов, О. Н. Волынец [и др.] ; отв. ред. Ю. М. Пущаровский ; Рос. АН, Дальневост. отделение, Ин-т вулкан. геологии и геохимии. — Москва : Наука, 1992. — 528 с.

116. Полонский, А. С. Курилы / Примечания В. О. Шубина. Окончание // Краеведческий бюллетень / ред. М. С. Высоков. — Южно-Сахалинск, 1994. — Вып. 4. — С. 3–105.

117. Происхождение вулканических серий островных дуг / Фролова Т. И., Бурикова И. А., Гущин А. В. [и др.]. — М.: Недра, 1985. — 275 с.

118. Присутствие мантии индийского MORB-типа под Курильской островной дугой: результаты изотопных исследований мафических лав о-ва Кунашир / Ю. А. Мартынов [и др.] / Петрология. — 2012. — Т. 20. № 1. — С. 102–110. DOI: 10.7868/S0869590313040055

119. Прошкина, З. Н. Структура и сейсмичность зоны тектонической деструкции фронтального склона Центральных Курил по геофизическим данным : авторефер. дис. ... кандидата геолого-минералогических наук : 25.00.28 / Прошкина Зоя Николаевна ; Тихоокеан. океанол. ин-т им. В. И. Ильичева ДВО РАН. — Владивосток, 2018. — 24 с.

120. Прытков, А. С. Современная геодинамика Курильской Зоны субдукции / А. С. Прытков, Н. Ф. Василенков, Д. И. Фролов // Тихоокеанская геология. – 2017. – Т. 36, № 1. – С. 23–28.
121. Ребецкий, Ю. Л. Поле глобальных коровых напряжений Земли / Ю. Л. Ребецкий // Геотектоника. — 2020. — № 6. — С. 3-24. — DOI: 10.31857/S0016853X20060015.
122. Ребецкий, Ю. Л. О механизмах генерации избыточного горизонтального сжатия в континентальной коре / Ю. Л. Ребецкий // Физика Земли. — 2023. — № 3. — С. 63-77. — DOI: 10.31857/S0002333723030109.
123. Ребецкий, Ю. Л. О механизме взаимодействия сильных землетрясений и вулканизма в зонах субдукции / Ю. Л. Ребецкий, Ю. П. Стефанов // Вестник Камчатской региональной ассоциации "Учебно-научный центр". Серия: Науки о Земле. — 2022. — № 4(56). — С. 41-58. — DOI: 10.31431/1816-5524-2022-4-56-41-58.
124. Региональные линеаментные зоны Ирана и положение месторождений Cu, Pb, Zn и Fe / А. Сохраби, С. Бейги, И. В. Таловина, А. А. Круглова, **Н. С. Крикун** // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка – 2020. – Т. 63, № 2. – С. 8–20.
125. Ротман, В. К. Металлогеническая карта Камчатки, Сахалина и Курильских островов масштаба 1:1 500 000. Объяснительная записка / В. К. Ротман. – Л. : Изд-во ВСЕГЕИ, 1984. – 67 с.
126. Рунева, Н. П. Неогеновые радиолярии Большой Курильской гряды и их стратиграфическое значение / Н. П. Рунева, К. А. Ушко // Микрофауна нефтегазоносных районов СССР. – Л. : ВНИГРИ, 1984. – С. 94–101.
127. Рыбин, А. В. Интрузивные породы Большой Курильской гряды: петрография и петрогенезис / А. В. Рыбин, В. Я. Данченко. – Южно-Сахалинск : ИМГиГ ДВО РАН, 1994. – 53 с.
128. Рыбин, А. В. Неоген-четвертичный кислый магматизм Курильской островной дуги : автореферат дис... кандидата геолого-минералогических наук : 04.00.08 / Рыбин Александр Викторович ; Институт ДВГИ – Владивосток, 1997. – 25 с.
129. Саса, Я. Геология и геоморфология о. Сикотан (неопубликованный перевод с японского) / Я. Саса, ред. Г. М. Власов. // Геология – 1936. – Т. 39.
130. Свидетельство о регистрации базы данных № 2021621173. База данных линеаментов о. Итуруп : № 2021621051 : заявлено 27.05.2021 : опубликовано : 01.06.2021 / **Крикун Н.С.**, Федорова Э.Р., Таловина И.В.; заявитель СПГУ. – 179 кб.
131. Сергеев, К. Ф. Геологическое строение и эволюции региона северной группы Курильских островов / К. Ф. Сергеев. – Москва : Наука, 1966. – 68 с.
132. Сергеев, К. Ф. Тектоника Курильской островной системы. / К. Ф. Сергеев. – Москва

: Наука, 1976. – 239 с.

133. Сляднев, Б. И. Актуализированная легенда Корякско-Курильской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (третье поколение) / Б. И. Сляднев // ред. В. К. Ротман, А. Ф. Литвинов. – Петропавловск-Камчатский : [б. и.], 2007. – 238 с.

134. Стрельцов, М. И. Дислокации южной части Курильской островной дуги / М. И. Стрельцов ; АН СССР, Дальневост. науч. центр, Сахалин. комплексный науч.-исслед. ин-т. – Москва : Наука, 1976. – 132 с.

135. Сывороткин, В. Л. Есть ли лавовые плато на о. Кунашир? / В. Л. Сывороткин, С. В. Русинова // Тихоокеанская геология. — 1989. — № 4. — С. 103-108.

136. Таскин, В. В. Краткий обзор зарубежного опыта применения линеamentного анализа в геологии / В. В. Таскин // ГИАБ.. – 2016. – Спец. Вып. 32, № 12. – С. 138–144

137. Зоненшайн, Л. П. Тектоника литосферных плит территории СССР. Т. 1 / Л. П. Зоненшайн, М. И. Кузьмин, Л. М. Натапов. — Москва : Недра, 1990. — 328 с. — УДК 551.242.5(47+57).

138. Тектоническая карта Охотоморского региона Масштаб: 1:2500000 / Г. П. Авдейко, Е. Г. Арешев [и др.] // Ред. Н.А. Богданов, В.Е. Хаин / Институт литосферы окраинных и внутренних морей РАН. – Москва : Федеральная служба геодезии и картографии России, 2000.

139. Тектонический кодекс России / Г. С. Гусев, А. В. Гущин, Н. В. Межеловский (отв. исполн.) [и др.] ; М-во природных ресурсов и экологии РФ, Федеральное агентство по недропользованию (РОСНЕДРА), Межрегиональный центр по геологической картографии (ГЕОКАРТ). – Москва : ГЕОКАРТ : ГЕОС, 2016. – 239 с.

140. Тихомиров, П. Л. Меловой окраинно-континентальный магматизм Северо-Востока Азии и вопросы генезиса крупнейших фанерозойских провинций кремнекислого вулканизма / П. Л. Тихомиров. – Москва : Изд-во ГЕОС, 2020. – 376 с.

141. Трифонов, В. Г. Неотектоника подвижных поясов / В. Г. Трифонов ; ред. К. Е. Дегтярёв. – Москва : Изд-во ГЕОС, 2017. – 180 с.

142. Ушко, К. А. Стратиграфия и диатомовые водоросли отложений неогена Большой Курильской гряды и их корреляция с глубоководными осадками северо-запада Тихого океана / К. А. Ушко, Л. М. Долматова // ДАН СССР. – Москва, 1986. – Т. 291, № 2. – С. 437–440.

143. Федорченко, В. И. Вулканизм Курильской островной дуги: геология и петрогенезис / В. И. Федорченко, А. И. Абдурахманов, Р. И. Родионова ; отв. ред. Ю. А. Косыгин ; АН СССР, Дальневост. отд-ние, Ин-т мор. геологии и геофизики, Ин-т вулканологии. – Москва : Наука, 1989. – 238 с.

144. Федотов, С. А. Магматические питающие системы и механизм извержений

вулканов / С. А. Федотов ; Рос. акад. наук, Дальневост. отд-ние, Ин-т вулканологии и сейсмологии. – Москва : Наука, 2006. – 454, [1] с.

145. Хаин, В. Е. Геотектоника с основами геодинамики. / В. Е. Хаин, М. Г. Ломизе; Учебник -2-е изд., испр. и доп. – Москва: КДУ, 2005. – 580 с. – ISBN 5-98227-076-8

146. Ханчук, А. И. Позднемиоцен-плиоценовая трансформная окраина Камчатки / А. И. Ханчук, А. В. Гребенников // Тихоокеанская геология. – 2021. – Т. 40, №5 – С. 3-15. DOI: 10.30911/0207-4028-2021-40-5-3-15

147. Чаплыгин, И. В. Рудная минерализация высокотемпературных фумарол вулкана Кудрявый (Курилы) / И. В. Чаплыгин // Металлогения древних и современных океанов / ИМин УрО РАН. – Миасс, 2016. – С. 134–137.

148. Шарпенко, Л. П. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования / Ред. Л. П. Шарпенко. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : ВСЕГЕИ, 2009. – 160 с.

149. Щеглов, А. Д. Вулканические пояса Востока Азии : Геология и металлогения / А. Д. Щеглов, А. М. Смирнов, П. В. Маркевич [и др.] – Москва : Наука, 1984. – 504 с.

150. Эрлих, Э. Н. Петрохимия кайнозойской Курило-Камчатской вулканической провинции / Э. Н. Эрлих // АН СССР. Сиб. отд-ние. Ин-т вулканологии ; под ред. Э. Н. Эрлиха. – Москва : Наука, 1966. – 279 с.

151. Active Fault Trace Identification Using a LiDAR High-Resolution DEM: A Case Study of the Central Yangsan Fault, Korea. / S. Ha., M. Son, Y. B. Seong // Remote Sens. – 2022. - 14, 4838. - DOI10.3390/rs14194838

152. Age, spreading rates and spreading symmetry of the world's ocean crust // R.D. Müller, M. Sdrolias, C. Gaina, W.R. Roest // Geochem. Geophys. Geosyst. - 2008. – Vol. 9, Q04006. DOI :10.1029/2007GC001743.

153. Ageev, A. The principal characterized features of earth's crust within regional strike-slip zones / A. Ageev, A. Egorov, N. Krikun // Advances in Raw Material Industries for Sustainable Development Goals – Litvinenko (Ed). – 2021. – pp. 78-83

154. Bailey, J. C. Mineralogy, geochemistry and petrogenesis of Kuril Island arc basalts / J. C. Bailey, T. I. Frolova, I. A. Burikova // Contributions to Mineralogy and Petrology. – 1989. – Vol. 102. – P. 265–280.

155. Bailey, J. C. Role of subducted sediments in the genesis of Kurile-Kamchatka island arc basalts: Sr isotopic and elemental evidence / J. C. Bailey. // Geochemical Journal. – 1996. – Vol. 30, № 5. – P. 289–321. – DOI 10.2343/GEOCHEMJ.30.289

156. Beygi, S. Evaluation of neotectonic activity within the Urumieh-Dokhtar volcanic arc (Iran) based on the calculation of morphotectonic indices / S. Beigy, I. V. Talovina, N. S. Krikun //

Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya Geografiya. – 2021 – Vol. 5, № 3. – P. 64–76.

157. Bindeman, I. N. Trace elements in anorthite megacrysts from the Kurile Island Arc: a window to across-arc geochemical variations in magma composition / I. N. Bindeman, J. C. Bailey // *Earth and Planetary Science Letters*. – 1999. – Vol. 169, № 3-4. – P. 209–226.

158. Briquieu, L. Quantification of Nb, Ta, Ti and V anomalies in magmas associated with subduction zones : Petrogenetic implications / L. Briquieu, H. Bougault, J. L. Joron // *Earth and Planetary Science Letters*. – 1984. – Vol. 68, № 2. – P. 297–308. – DOI 10.1016/0012-821X(84)90161-4

159. Captain Snow, H. J. Notes on the Kuril Islands / H. J. Captain Snow. – London: Jonh Murray, 1897. – 113 p.

160. Comparison of Landsat-8, ASTER and Sentinel 1 satellite remote sensing data in automatic lineaments extraction: A case study of Sidi Flah-Bouskour inlier, Moroccan Anti Atlas / Adiri, Z.; el Harti, A.; Jellouli, A.; Lhissou, R.; Maacha, L.; Azmi, M.; Zouhair, M.; Bachaoui, M.E. // *Adv. Space Res.* 2017. – 60. – P. 2355–2367.

161. Comparison of Multi-Resolution Optical Landsat-8, Sentinel-2 and Radar Sentinel-1 Data for Automatic Lineament Extraction: A Case Study of Alichur Area, SE Pamir / J.Aminov et al. // *Remote Sensing*. 2019. – Vol. 11 (778). – 29 p. DOI: 10.3390/rs11070778

162. Dantchenko, V. Ya. Rhenium mineralisation in the Kuril Islands / V. Ya. Dantchenko, A. V. Rybin, G. S. Shteinberg // *Geology of the Pacific Ocean*. – 2001. – Vol. 16, No. 4. – P. 709-731.

163. Werner, R.; Baranov, B.; Hoernle, K.; Bogaard, P. v. d.; Hauff, F.; Tararin, I. Discovery of ancient volcanoes in the Okhotsk Sea (Russia): New constraints on the opening history of the Kurile back arc basin // *Geosciences*. — 2020. — Vol. 10. — P. 442. — DOI: 10.3390/geosciences10110442.

164. Ehara, S. Geotectonics of the Kurile Islands with reference to Hokkaido. / S. Ehara // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. – 1954. – Vol. 60, № 701.

165. Ermakow, V. A. Kudryavyi Volcano and the Evolution of Medvezhiya Caldera (Iturup I., Kuril IIs.) / V. A. Ermakow, G. S. Shteinberg // *Volcanology & Seismology*. – 1999. – Vol. 21. – P. 307–338.

166. Evidence for compressionally induced high subsidence rates in the Kurile Basin (Okhotsk Sea) / B. V. Baranov, R. Werner, K. A. Hoernle, I. B. Tsoy, P. van den Bogaar, I. A. Tararin // *Tectonophysics*. –2002. – Vol. 350, № 1. – P. 63–97.

167. Ewart, A. The Mineralogy and Petrology of Tertiary-Recent Orogenic Volcanic Rocks: With a Special Reference to the Andesitic-Basaltic Compositional Range. / A. Ewart // In: Thorpe, R.S., Ed., *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*, Wiley, Chichester. – 1982. – P. 25–95.

168. Geochemistry of late Cenozoic lavas on Kunashir Island, Kurile arc The Island Arc / A. Yu. Martynov, J. I. Kimura, Yu. A. Martynov, A. V. Rybin. – 2010. – P. 86–104.

169. Nizametdinov, I. R.; Smirnov, S. Z.; Shevko, A. Ya.; Kuzmin, D. V.; Kotov, A. A.;

Sekisova, V. S.; Timina, T. Yu. Hydrocarbons in magmatic fluid in phenocrysts of eruption products of the Men'shii Brat volcano (Iturup Island): Data from pyrolysis-free gas chromatography–mass spectrometry of melt and fluid inclusions // *Russian Geology and Geophysics*. — 2022. — Vol. 63, No 8. — P. 890-900. — DOI: 10.1016/j.rgg.2022.06.004.

170. Nizametdinov, I. R.; Smirnov, S. Z.; Shevko, A. Ya.; Kuzmin, D. V.; Kotov, A. A.; Sekisova, V. S.; Timina, T. Yu. High-alumina daughter phases in olivine-hosted melt inclusions from Kudryavy and Menshiy Brat volcanoes (Medvezhia caldera, Iturup Island) // *Russian Journal of Pacific Geology*. — 2024. — Vol. 18, No 4. — P. 410-435. — DOI: 10.1134/S1819714024040055.

171. Hobbs, W. H. Lineaments of the Atlantic border region / W. H. Hobbs // *Geological Society of America Bulletin*. — 1904. — Vol. 15. — P. 483–506.

172. Independent active microplate tectonics of northeast Asia from GPS velocities and block modeling / E. V. Apel, R. Bürgmann, G. Steblov, N. Vasilenko, R. King, A. Prytkov // *Geophysical Research Letters*. — 2006. — Vol. 33. № 11. — p. L11303. — ISSN 0094-8276.

173. Irvine, T. N. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks / T. N. Irvine, W. R. A. Baragar – DOI 10.1139/E71-055 // *Canadian Journal of Earth Science*. — 1971. — P. 523–548.

174. Kaiho, K. Oceanic crust production and climate during the last 100 Myr / K. Kaiho, S. Saito. – DOI 10.1111/j.1365-3121.1994.tb00510.x. – 1994. – Vol. 6, № 4. – P. 376–384.

175. Klaus, K. E. Glossary of geology / K. E. Klaus // American Geological Institute. Springer Science & Business Media; Ed. Julia A. Jackson, James P. Mehl, Klaus K. E. Neuendorf. – 2005. – 779 p. – ISBN 0922152764

176. Kozhurin, A. Active faulting at the Eurasian, North American and Pacific plates junction / A. Kozhurin DOI 10.1016/j.tecto.2003.09.024 // *Tectonophysics*. – Vol. 380. – 2004. – P. 273–285.

177. Kutsukake, T. Geochemical characteristics and variations of the Ryoke granitoids, southwest Japan: Petrogenetic implications for the plutonic rocks of a magmatic arc / T. Kutsukake // *Gondwana research*. – 2002. - Vol. 5, № 2. – P. 355-372.

178. Late Palaeogene emplacement and late Neogene-Quaternary exhumation of the Kuril island-arc root (Kunashir island) constrained by multi-method thermochronometry / J. De Grave, F. I. Zhimulev, S. Glorie, G. V. Kuznetsov, N. Evans, F. Vanhaecke, B. McInnes – DOI 10.1016/j.gsf.2015.05.002 // *Geoscience Frontiers*. – 2015. – Vol. 7, № 2. – P. 211–220.

179. Nakamura, K. Volcanoes as possible indicators of tectonic stress orientation principle and proposal / K. Nakamura // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. – 1977. – Vol. 2. – P. 1–16.

180. Nemoto T. Preliminary notes on the geology of the Island of Urup, the Tisima (Kurile) Islands / T. Nemoto // *Proe. of the 5-th Pan-Pacifik Ok. Congr.* – 1934. – Vol. 3. Toronto.

181. Nemoto T. On some plutonic rocks from Kurile Islands with special reference to granodiorite from Etorohu / T. Nemoto // The Journal of the Geological Society of Japan. – 1936. – Vol. 13, № 508.
182. Opening geometry of the Kurile Basin (Okhotsk Sea) as inferred from structural data / Baranov B., Wong H.K., Dozorova K., Karp B., Lüdmann T., Karnaukh V. // Island Arc. – 2002. – Vol. 11, № 3. – P. 206–219.
183. Piip, V. B. The Sea of Okhotsk crust from deep seismic sounding data / V. B. Piip, A. G. Rodnikov // Russian Journal of Earth Sciences. – 2004. – Vol. 6, № 1. – P. 1–14.
184. Sanderson, D. J., Marchini, W. R. Transpression / D. J. Sanderson, W. R. Marchini -, DOI 10.1016/0191-8141(84)90058-0 // Journal of structural Geology. — Vol. 6. №. 5. – 1984. – P. 449-458.
185. Sasa, Y. A preliminary note on the geology of the island of Sicutan. Sothern Tisima (South Kurile Islands) / Y. A. Sasa // Proc. 5th Pacif. Sci. Congr. Canada. Toronto. – 1933. – Vol. 3.
186. Scheidegger, A. Principles of Geodynamics. / A. Scheidegger // Springer Berlin Heidelberg. - 2012. - 398 p.
187. Schellart, W. P. Asymmetric deformation in the backarc region of the Kuril arc, northwest Pacific: new insights from analogue modeling / W. P. Schellart, M. W. Jessell, G. S. Lister. – DOI 10.1029/2002TC001473 // Tectonics. – Vol. 22, № 5. – 2003. – p. 1047.
188. Senchina, N. P. Integration of ground audio-magnetotelluric (AMT) and airborne magnetic surveys for exploration of gold-bearing quartz veins / N. P. Senchina, E. Ermolin, O. Ingerov. - DOI:10.3997/2214-4609.20141753 // GEOBAIKAL 2014 – 3rd International Geobaikal Conference 2014. – Irkutsk, 2014.
189. Seno, T. Can the Okhotsk plate be discriminated from the North American plate? / T. Seno, T. Sakurai, S. Stein – DOI 10.1029/96JB00532 // Journal of Geophysical Research. – 1996. – Vol. 101, № 11. – P. 305–315.
190. Hayes, P. G. Slab 2, a comprehensive subduction zone geometry model / G. P. Hayes - DOI:10.1126/science.aat4723 // Science. – Vol. 362. – 2018. – P. 58-61
191. Sun, S. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / S. Sun, W. F. McDonough // Magmatism in the Ocean Basins / Eds. A. D. Saunders, M. J. Norry. – London : Geological Society Special Publication, 1989. – P. 313–345.

ФОНДЫ

192. Геологическое строение и полезные ископаемые островов Итуруп, Кунашир и прилегающего к ним дна акватории. Отчет Камуйской геологосъемочной партии о результатах геологического доизучения масштаба 1:200 000 и подготовки к изданию листов (L-55-XXII, XXIII, XXVIII, XXIX, XXXII, XXXIII, XXXIV, K-55-II. Госгеолкарты-200 Курильской серии с проведением ГГС-50 на площади листов L-55-104-Г, 116-Б, выполненных в 1987-2000 годах на Камуйской площади / П. Ю. Ковтунович, А. Д. Сафронов, В. В. Удодов [и др.] // ФГУ «СахТФГИ». – г. Южно-Сахалинск, 2000.

193. Дуничев В.М., Воеводин В.И., Бандуристов Ю.А. и др. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности района Куйбышевского перешейка о. Итурупа (Отчёт о результатах структурно-поисковых работ масштаба 1:50 000 за 1973 год) // ФГУ «СахТФГИ». – г. Южно-Сахалинск, 1974.

194. Дуничев, В. М. Геологический отчёт по поисково-опробовательским работам на золото-серебряное и медно-полиметаллическое оруденение Южных Курильских островов, проведённых в 1969 году / В. М. Дуничев // ФГУ «СахТФГИ». – г. Южно-Сахалинск, 1970.

195. Дуничев, В. М. Геологическое строение и рудоносность района Валентиновского месторождения на о. Кунашире. (Отчёт Валентиновского поискового отряда по результатам поисково-съёмочных работ масштаба 1:10 000 за 1961г) // В. М. Дуничев // ФГУ «СахТФГИ». – г. Южно-Сахалинск, 1962.

196. Количественная оценка и учёт прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых Сахалинской области по состоянию на 01.01. 1998г. В 15 книгах. Книга 6. Золото, серебро коренные. / Г. Н. Роготнев [и др.] // ФГУ «СахТФГИ». – г. Южно-Сахалинск, 1998.

197. Лапшин, А. Г. Новые данные о рудоносности кальдеры вулкана Головнина. (Краткий информационный отчёт по результатам работ, проведённых Сахалинской геологоразведочной экспедицией в 1991-1992 гг. на территории госзаповедника «Курильский» и полезным ископаемым южной части о. Кунашир) / А. Г. Лапшин // ФГУ «СахТФГИ». – г. Южно-Сахалинск, 1993.

198. Отчет о результатах работ по объекту: «Создание комплектов государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 по группе листов территории Российской Федерации в 2019-2021 гг. (P-49, S-55,56, Q-57, R-59, R-60, L-55 (с клапаном K-55). Книга 7 «Создание комплектов государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 (авторский вариант) листов L-55 – Южно-Курильск (с клапаном K-55), L-56 – о. Симушир». // ФГБУ «ВСЕГЕИ». – г. Санкт-Петербург, 2021

199. Отчет о результатах геологоразведочных работ по доразведке рудопроявления удачное. ЗАО «Курильская горно-геологическая компания» / А. Г. Демин, А. И. Осадчий, М. В.

Демина [и др.] // ЗАО «Курильская горно-геологическая компания». – г. Южно-Сахалинск, 2004.

200. Оценка масштабов рениевого рудопроявления на вулкане Кудрявый (о. Итуруп, Курильские острова). (Отчет о работах по госконтракту № 94/4) / Г. С. Штейнберг, В. Я. Данченко, В. П. Семакин [и др.] // ФГУ «СахТФГИ». – г. Южно-Сахалинск, 1995.

201. Поиски золота в пределах Прасоловского рудного поля (о. Кунашир) и Лангерийском золоторудном районе (о. Сахалин) / В. В. Мицук, В. Я. Данченко, Г. Н. Роготнев [и др.] // ФГУ «СахТФГИ». – г. Южно-Сахалинск, 1987.

202. Поиски рудного золота на Сахалине и Курильских островах в 1980-82г.г. (Отчёт Прасоловской партии по работам 1980-81 г.г.) / В. Я. Данченко, Г. Н. Роготнев, В. Е. Ломакин [и др.] // Т. 1,2,3,5. – ФГУ «СахТФГИ». – г. Южно-Сахалинск, 1983.

203. Смирнов И.Г., Гальверсен В.Г., Роготнев Г.Н. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые северной части о. Кунашир. (Окончательный отчёт Северо-Кунаширской геологосъёмочной партии по результатам геологосъёмочных работ м-ба 1:50 000 за 1970-1972гг.). ФГУ «СахТФГИ». – г. Южно-Сахалинск, 1973.

204. Чужакина, Т. Н. Отчет по объекту: «Прогнозно-поисковые работы на золото в пределах Центрально-Итурупского рудного узла (о. Итуруп Сахалинская область)» // Т. Н. Чужакина // ОАО «СахГРЭ». - Южно-Сахалинск, 2008.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Условные обозначения к рисунку 1.3.2 «Геологическая карта островов Кунашир и Итуруп» [по 137 с изменениями]

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ТИХООКЕАНСКАЯ ЛИТОСФЕРНАЯ ПЛИТА PACIFIC LITOSPHERIC PLATE

ТИХООКЕАНСКАЯ АБИССАЛЬНАЯ ОБЛАСТЬ PACIFIC ABYSSAL PLAIN

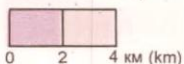
-  Абиссальная равнина
Abyssal plain
-  Океанические поднятия
Oceanic rises
-  Краевые валы
Marginal swells
-  Проявление внутриплитного вулканизма
Intraplate volcanics

КУРИЛО-КАМЧАТСКИЙ ГЛУБОКОВОДНЫЙ ЖЕЛОБ KURIL-KAMCHATKA DEEP-WATER TRENCH

-  Океанический борт желоба
Oceanic border of the trench
-  Островодужный борт желоба
Island-arc outer border of the trench

ОХОТОМОРСКАЯ ОБЛАСТЬ REGION OF THE SEA OF OKHOTSK

КУРИЛЬСКИЙ ОСТРОВОДУЖНЫЙ ВАЛ (МОЩНОСТЬ ОСАДКОВ) KURIL ISLAND-ARC SWELL (THICKNESS OF SEDIMENTS)



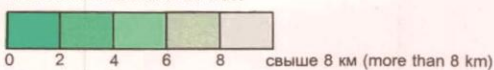
-  Часть островодужного вала с блоками коры субконтинентального типа в основании
Island-arc swell with subcontinental crust in the basement

ЮЖНО-ОХОТСКАЯ ГЛУБОКОВОДНАЯ ВПАДИНА (ПОЛОЖЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА) SOUTH OKHOTSK BACK-ARC BASIN (DEPTH OF THE ACOUSTIC BASEMENT)



ОХОТОМОРСКАЯ ПЛИТА (МОЩНОСТЬ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА) SEA OF OKHOTSK PLATE (THICKNESS OF THE SEDIMENTARY COVER)

Области с корой субконтинентального типа
 Areas with subcontinental crust



КУРИЛО-КАМЧАТСКАЯ И АЛЕУТСКАЯ ОСТРОВНЫЕ ДУГИ KURIL-KAMCHATKA AND ALEUTIAN ISLAND ARCS

-  Вулканические комплексы: а) нижнемиоценовые, б) миоценовые и плиоценовые
Volcanic complexes: a) Lower Miocene, b) Miocene and Pliocene
-  Плиоцен-четвертичные вулканы
Pliocene-Quaternary volcanics
-  Верхнекайнозойские молассы
Upper Cenozoic molasses

Вулканические образования надсубдукционных поясов:

Volcanic formations of suprasubductional belts:

-  а) вулканические породы известково-щелочной серии (с преобладанием андезитов)
a) volcanics of the calc-alkaline series (dominated by andesites)
-  б) риолиты, дациты, игнимбриты больших объемов
b) large volume rhyolites, dacites, ignimbrites
-  в) вулканические породы нерасчлененные
c) undifferentiated volcanics

Возраст структурно-стратиграфических комплексов: Ages of structural-stratigraphic complexes:

P	Палеоген Paleogene	N	Плиоцен Pliocene
N'	Ранний миоцен Early Miocene	N ₂ -Q	Плиоцен четвертичный Pliocene-Quaternary
N ₁ -3	Средний и поздний миоцен Middle-Late Miocene		

-  Континентальная кора
Continental crust
-  Корни островных дуг
Island-arc basement
-  Океаническая кора
Oceanic crust

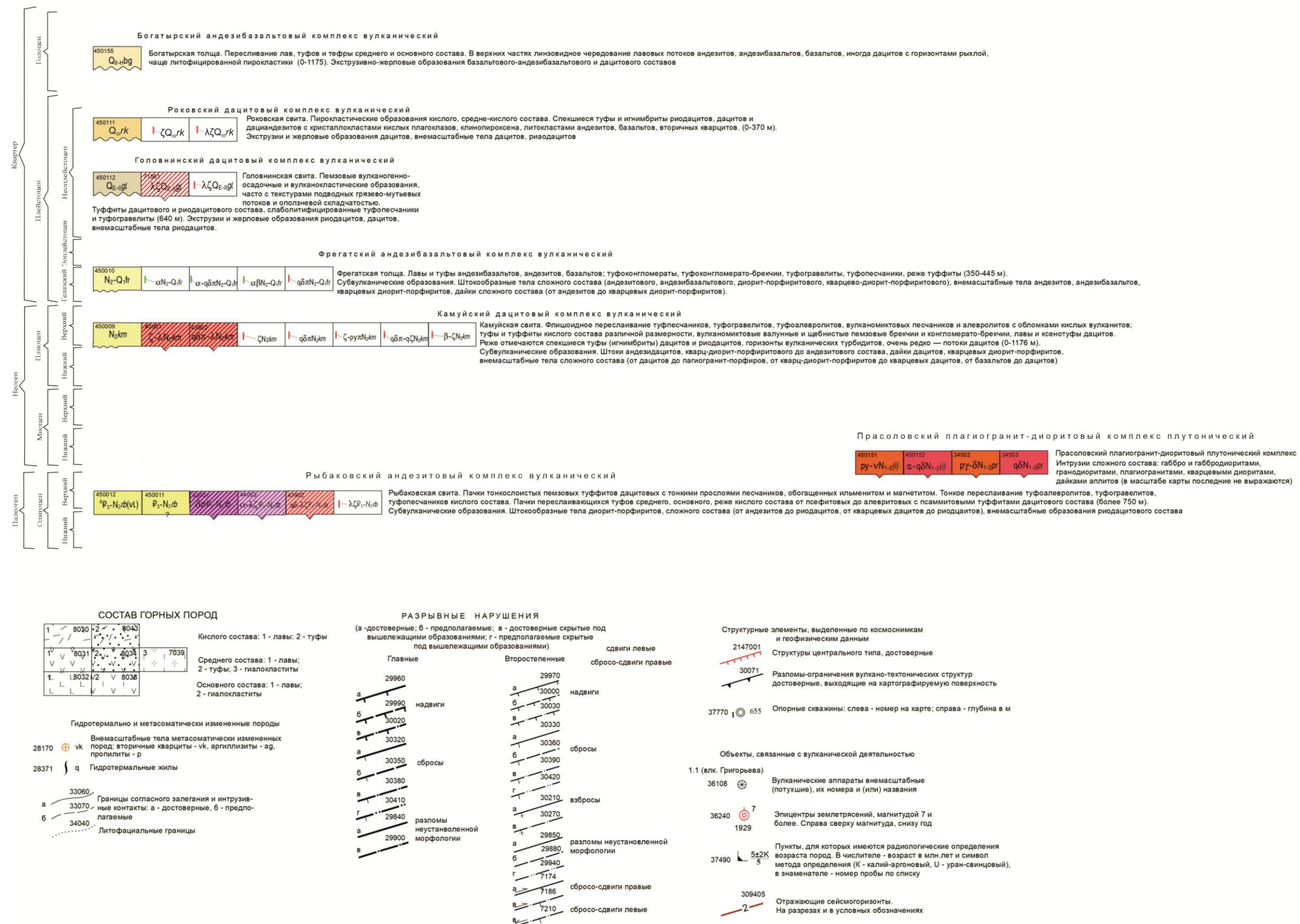
 Границы геологических комплексов
Boundaries of geological units

 Складчатая структура кристаллического основания (показана условно)
Fold structure of crystalline basement (shown conventionally)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

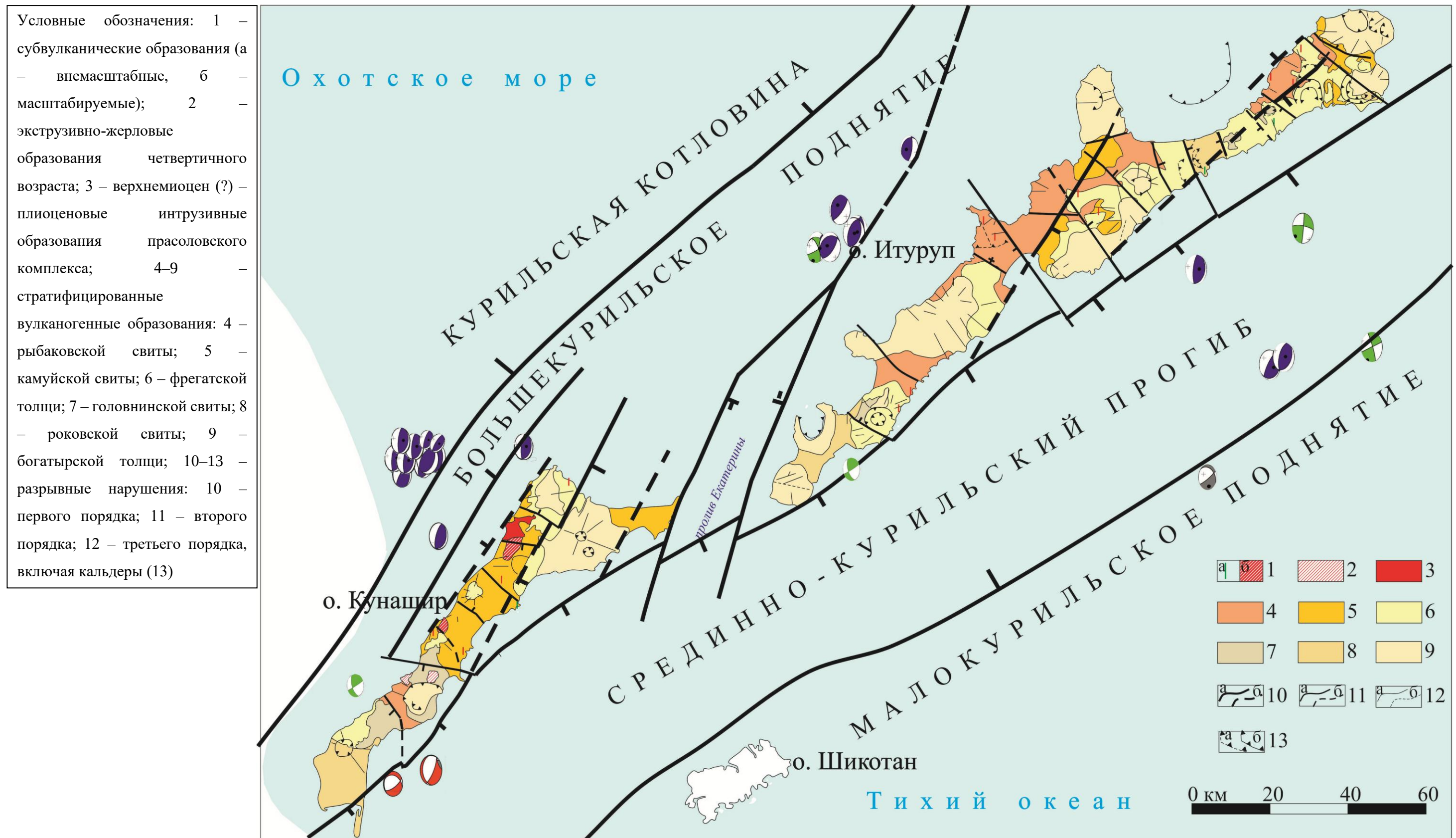
Условные обозначения к рисунку 1.3.2 «Геологическая карта островов Кунашир и Итуруп» [по 198 с изменениями]

Условные обозначения к геологической карте островов Кунашир и Итуруп



ПРИЛОЖЕНИЕ В

СХЕМА РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ ОСТРОВОВ КУНАШИР И ИТУРУП [ПО 109 С ДОПОЛНЕНИЯМИ]



ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Петрохимическая и геохимическая характеристика геологических подразделений, слагающих острова Итуруп и Кунашир

Таблица Б.1 – Петрохимическая характеристика геологических подразделений

№	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ общ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	ппп %	Сумма %
рыбаковский андезитовый вулканический комплекс (покровные образования)												
208001/1	47,80	0,85	17,10	9,08	0,14	8,40	10,70	1,53	0,72	0,16	2,19	99,70
2053/1	48,30	0,83	19,10	9,83	0,19	5,44	10,10	1,98	0,43	0,08	2,01	99,50
1127/21	49,25	0,95	17,80	10,26	0,17	4,60	9,66	2,22	0,96	0,25	2,75	99,49
1102/10	49,52	0,77	16,37	9,51	0,14	5,10	8,26	1,28	0,76	0,08	6,73	99,31
1101/4	51,12	0,79	17,24	9,58	0,20	4,40	8,96	1,57	0,45	0,06	4,30	99,28
1138	53,38	0,88	19,57	8,09	0,09	2,85	8,41	1,95	0,74	0,12	3,30	100,04
1156/9	55,19	0,95	14,67	10,81	0,14	4,82	5,19	2,44	0,58	0,05	4,56	100,01
207014-1/1	55,30	17,20	0,73	7,71	0,18	3,83	8,71	2,5	0,85	0,11	1,74	99,80
5036/1	55,70	1,17	16,90	8,61	0,16	2,38	8,39	2,64	0,50	0,16	1,95	99,60
4102/1	59,20	15,70	0,79	8,48	0,14	3,05	6,17	2,07	0,64	0,09	2,12	99,40
2047/3	65,80	0,37	14,70	2,59	0,05	1,97	4,28	2,29	1,42	0,05	5,10	98,90
5020/1	66,60	0,64	14,40	3,69	0,54	2,98	1,99	4,45	0,27	0,16	3,04	99,10
4106/8	68,10	0,49	13,00	3,84	0,06	1,30	3,07	1,67	1,43	0,03	6,31	99,70
2047/2	71,90	0,32	13,60	2,39	0,04	0,75	4,06	3,00	2,03	0,03	0,70	99,10
207014-2/1	79,10	0,30	6,17	2,26	0,01	0,65	0,97	0,21	0,57	0,03	9,28	99,80

Продолжение таблицы Б.1

№	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ общ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	ппп %	Сумма %
рыбаковский андезитовый вулканический комплекс (субвулканические образования)												
5035/1	50,10	0,84	17,90	8,46	0,20	4,56	10,80	2,48	1,15	0,16	1,48	99,00
5034/2	50,40	0,91	17,40	9,08	0,28	5,17	8,06	3,04	1,41	0,16	2,06	98,90
4064/1	51,20	0,74	20,70	7,69	0,18	3,32	11,00	2,38	0,63	0,11	0,62	99,40
1101	51,52	0,84	16,24	8,63	0,14	7,00	10,08	2,29	0,45	0,15	2,09	99,93
207016/1	52,20	0,76	16,70	8,73	0,20	4,76	9,87	1,14	0,62	0,10	3,73	99,80
5023/1	52,40	0,77	18,60	7,90	0,23	4,54	9,90	2,08	0,74	0,11	1,40	99,50
14	53,00	0,85	17,87	8,83	0,21	3,60	9,52	2,30	0,74	0,11	1,28	98,56
5036/3	53,10	0,79	18,90	8,36	0,18	3,27	9,45	2,83	0,73	0,11	0,43	99,10
1150/3	55,88	0,84	17,14	8,14	0,15	3,61	8,33	2,58	1,23	0,12	0,15	98,55
4106/6	57,20	0,70	17,90	6,38	0,16	2,53	7,98	3,15	1,23	0,15	1,14	99,30
207016-1/1	59,20	0,70	18,00	6,20	0,15	2,64	7,11	2,12	0,34	0,10	2,67	99,90
204015/2	63,00	0,80	16,50	5,46	0,16	1,75	4,92	3,31	1,75	0,21	1,27	99,80
204012/4	65,40	0,77	15,10	4,22	0,16	1,53	4,35	3,15	1,83	0,19	2,55	99,70
204014/1	65,50	0,84	15,50	4,55	0,18	1,63	4,52	3,46	1,50	0,20	1,23	99,60
1014/29	66,10	0,85	15,54	5,34	0,15	1,00	4,20	1,25	1,53	0,23	2,00	98,56
204012/1	69,90	0,73	15,20	3,34	0,12	0,56	3,21	3,68	2,08	0,14	0,63	99,90
204013/1	70,40	0,70	14,30		0,66	0,54	2,72	3,72	2,55	0,13	0,32	99,80
209056/2	70,40	0,40	14,50	3,70	0,02	1,23	2,36	4,24	1,07	0,03	1,61	100,00
209017/1	56,00	0,58	17,10	6,16	0,20	2,80	7,18	1,76	0,84	0,25	6,40	100,00

Продолжение таблицы Б.1

№	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ общ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	ппп %	Сумма %
4103/1	53,00	0,97	16,90	7,67	0,15	5,74	8,20	3,04	1,29	0,27	1,62	99,70
камуйский дацитовый вулканический комплекс (покровные образования)												
208016/1	62,60	0,71	16,90	7,75	0,17	2,23	0,89	1,94	0,19	0,07	5,61	99,90
1084/3	54,20	0,42	15,43	8,28	0,08	6,80	7,56	1,29	0,43	0,04	3,94	99,08
1080	55,90	0,92	15,86	9,69	0,21	3,30	8,12	3,01	0,51	0,10	1,44	99,43
1078/5	59,20	0,53	16,20	5,82	0,14	2,40	5,60	3,03	0,95	0,08	4,33	98,56
204027/1	62,30	0,56	15,70	6,05	0,19	2,44	5,78	2,35	1,17	0,07	2,31	99,60
5251	63,90	0,76	15,32	4,30	0,16	1,01	4,63	3,90	1,76	0,20	3,04	99,23
1022	64,00	0,62	16,07	5,04	0,11	2,00	5,60	3,40	1,75	0,13	1,13	100,20
1022/1	64,20	0,58	16,06	4,34	0,11	1,70	5,18	3,50	1,81	0,11	1,02	98,89
207034/3	66,40	0,76	16,00	2,87	0,03	0,65	4,01	4,66	0,81	0,16	3,24	99,80
1084/19	66,82	0,39	14,66	4,43	0,14	1,02	4,49	3,90	0,98	0,10	3,09	100,13
1160/1	68,70	0,45	15,12	3,61	0,05	0,77	4,77	3,57	0,70	0,09	0,87	98,95
207039-1/1	72,70	0,55	13,20	2,94	0,06	1,41	1,71	4,96	0,30	0,03	1,55	99,80
4058/6	73,40	0,33	10,10		0,01	0,05	0,25	0,92	2,07	0,05	11,80	99,30
206046/1	74,00	0,36	13,60	2,36	0,11	0,66	2,19	3,90	1,20	0,05	1,17	99,90
206047/1	70,90	15,30	0,54	3,01	0,10	0,31	3,85	4,07	0,46	0,10	1,02	100,00
206041/1	59,70	17,40	0,79	6,43	0,17	2,59	5,59	3,43	0,46	0,10	2,71	100,00
206044-1/1	70,60	13,50	0,68	3,68	0,08	1,24	3,29	3,90	0,34	0,07	2,09	99,90

Продолжение таблицы Б.1

№	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ общ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	ппп %	Сумма %
209021/1	44,00	0,84	17,40	9,89	0,34	9,06	5,49	3,37	0,81	0,09	7,56	99,90
209022/1	45,60	0,85	17,00	10,16	0,51	8,04	7,85	2,19	0,31	0,10	6,22	99,90
207019/3	49,00	0,92	18,60	9,43	0,16	4,74	10,20	2,14	1,13	0,20	2,23	99,80
камуйский дацитовый вулканический комплекс (субвулканические образования)												
6698/1	54,70	0,63	16,79	7,29	0,37	6,10	6,60	1,70	0,35	0,05	5,34	99,99
5509	57,80	0,52	17,74	6,62	0,20	2,05	8,47	3,03	1,34	0,23	0,15	98,50
1130/16	57,91	0,68	17,02	6,53	0,18	3,20	5,74	3,02	1,21	0,15	3,01	99,06
1103	61,51	0,68	16,93	5,41	0,10	2,10	5,18	3,90	1,62	0,21	1,24	99,25
1136/27	61,77	0,53	16,37	5,80	0,21	1,80	4,90	3,46	2,10	0,19	2,12	99,64
1128	62,17	0,57	16,46	5,87	0,11	2,40	5,60	2,88	2,00	0,15	1,78	100,40
1102/5	62,57	0,63	16,80	5,28	0,13	2,10	5,18	3,73	1,70	0,20	0,95	99,65
5329	62,70	0,59	16,23	5,88	0,18	1,75	6,11	3,56	1,50	0,13	0,40	99,28
1102/19	63,24	0,64	17,37	3,88	0,10	1,80	4,48	4,05	0,70	0,15	2,20	98,97
5437	64,70	0,50	15,38	5,48	0,12	2,10	4,76	4,14	0,44	0,07	1,31	99,29
1148	65,38	0,39	16,46	4,46	0,09	1,08	5,05	3,94	1,66	0,14	0,58	99,64
204013/4	66,00	0,75	15,00	4,16	0,16	1,50	4,28	3,13	1,89	0,19	2,40	99,90
5552/9	66,58	0,54	14,08	3,80	0,43	1,96	1,82	2,24	3,11	0,14	4,47	99,32
35/10	66,78	0,44	15,50	3,82	0,13	0,88	3,84	3,61	1,73	0,08	2,42	99,35
6697/1	67,80	0,30	16,79	3,56	0,08	1,05	5,40	3,90	0,50	0,06	0,96	100,54
206028/1	68,70	0,68	14,40	3,17	0,19	1,13	3,25	3,63	1,14	0,16	3,05	99,80

Продолжение таблицы Б.1

№	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ общ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	ппп %	Сумма %
209023/8	66,30	0,68	14,50	5,55	0,15	1,15	0,40	2,87	1,84	0,17	5,82	100,00
12/4	70,00	0,72	14,87	3,51	0,08	0,40	3,08	4,37	2,43	0,15	0,41	100,26
204015/1	70,40	0,78	13,90	3,16	0,16	1,11	1,92	3,28	3,38	0,15	1,22	99,90
1157	73,00	0,27	13,33	2,74	0,08	0,85	2,66	3,96	1,02	0,07	1,04	99,15
фрегатский андезибазальтовый вулканический комплекс												
1090/12	46,06	0,83	23,26	10,98	0,25	3,10	4,71	1,26	0,36	0,10	8,19	100,18
1092/2	46,67	0,71	19,55	10,15	0,17	7,22	12,39	1,60	0,19	0,06	0,97	99,95
1026/2	47,68	0,79	19,69	8,98	0,28	7,04	3,08	1,58	0,70	0,05	8,75	99,50
1092/10	47,71	0,91	19,52	10,96	0,25	4,60	12,60	2,08	0,38	0,07	0,96	100,52
1090/13	47,86	0,70	22,31	9,46	0,13	4,80	3,64	1,28	0,55	0,05	8,36	99,94
1082/13	48,55	0,77	19,54	8,88	0,13	6,00	9,52	1,26	0,19	0,04	4,01	99,60
1081/17	49,70	0,83	19,74	8,78	0,17	4,80	12,04	2,02	0,33	0,09	0,84	99,64
2793	49,94	0,72	19,00	10,08	0,19	5,39	10,94	1,56	0,13	0,06	0,51	98,90
1026/3	50,20	0,92	16,29	8,54	0,15	8,40	10,38	2,20	0,75	0,11	1,08	99,33
1070/8	50,30	1,45	16,40	12,62	0,24	4,87	9,03	2,58	0,44	0,20	0,77	99,24
1025/6	50,60	1,01	22,40	7,45	0,09	3,10	4,62	1,74	0,85	0,12	7,15	99,67
1070/6	50,90	1,45	16,15	12,62	0,23	4,83	8,75	2,54	0,47	0,20	0,54	99,00
5273	51,80	0,81	20,35	8,61	0,18	2,91	10,37	2,30	0,28	0,07	0,65	98,61
1005/18	52,00	0,86	16,80	9,09	0,18	5,40	10,08	2,12	0,15	0,12	1,50	98,56
1070/10	52,30	0,89	19,19	9,31	0,17	3,20	9,52	2,91	0,55	0,13	0,27	98,83

Продолжение таблицы Б.1

№	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ общ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	ППП %	Сумма %
3552/5	52,95	0,77	18,60	9,42	0,18	4,00	9,81	2,64	0,53	0,11	0,21	99,50
3553	53,56	0,81	18,10	9,45	0,21	4,14	9,31	2,50	0,43	0,09	0,16	99,16
3543	53,72	0,79	16,15	8,97	0,21	6,68	8,55	2,70	1,30	0,26	0,48	99,99
5529	53,92	0,79	18,01	9,71	0,15	2,82	8,97	2,48	0,44	0,10	0,49	99,02
1004/1	54,00	0,87	17,49	8,32	0,19	3,50	9,10	2,56	0,92	0,13	1,10	98,58
3274/1	54,18	0,80	16,59	8,93	0,16	5,20	9,38	2,37	0,70	0,10	0,52	99,20
5037/1	54,30	16,50	1,11	11,18	0,24	4,14	6,02	2,06	0,78	0,15	2,43	100,00
1108/3	54,45	0,88	17,11	9,63	0,19	4,20	9,10	2,50	0,89	0,13	0,55	99,89
3415	54,58	0,77	17,02	8,93	0,16	4,90	7,98	2,73	0,76	0,11	0,68	98,92
1087/4	54,60	0,92	17,06	8,05	0,21	4,20	7,84	2,87	0,98	0,18	1,32	98,59
1025/4	54,80	1,01	19,89	7,08	0,13	3,10	7,14	2,57	1,17	0,14	3,41	100,84
1078/70	55,00	0,86	16,50	11,19	0,20	4,00	8,68	2,32	0,39	0,08	0,57	100,10
1088	55,84	0,95	16,88	7,99	0,18	4,00	8,27	3,06	1,15	0,19	0,94	99,84
1101/22	55,91	0,86	17,58	8,02	0,18	3,60	7,84	3,08	1,00	0,19	1,28	100,05
1085/43	57,40	0,88	16,59	8,50	0,19	4,00	7,98	3,01	1,01	0,16	0,40	100,45
5297	55,20	0,75	17,23	8,32	0,17	4,61	7,57	3,76	0,84	0,09	0,93	99,73
1085/10	55,70	0,89	16,72	8,61	0,17	4,40	7,84	2,85	1,01	0,14	0,73	99,51
3381	55,71	0,71	20,55	6,88	0,15	2,40	8,96	3,55	0,54	0,13	0,36	100,25
3275	56,18	0,74	15,94	8,21	0,15	4,60	7,70	2,50	0,82	0,09	2,31	99,69
5537	56,38	0,62	16,80	7,01	0,13	4,27	8,13	2,38	0,50	0,12	1,40	98,58

Продолжение таблицы Б.1

№	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ общ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	ппп %	Сумма %
5176	56,58	0,92	15,73	11,22	0,22	2,40	8,82	2,73	0,49	0,06	0,70	100,20
2050/2	56,60	1,07	15,80	9,66	0,17	2,51	8,32	2,94	0,61	0,13	0,35	99,10
1006/7	56,80	0,95	16,93	8,10	0,14	3,10	8,12	3,11	1,28	0,18	0,49	99,59
3541/3	57,34	0,78	16,83	8,46	0,20	3,15	7,15	3,00	0,87	0,13	0,71	98,98
1067/3	57,50	0,87	17,87	7,89	0,14	2,40	8,26	2,97	0,97	0,12	0,21	99,54
1067/5	57,50	0,87	17,83	7,92	0,14	2,50	8,12	3,02	0,98	0,12	0,19	99,49
1004/2	57,70	0,93	16,16	8,30	0,17	3,19	7,80	3,18	1,30	0,17	0,67	99,92
5602/6	57,71	0,86	17,76	8,48	0,15	2,22	7,99	3,00	0,53	0,13	0,38	99,60
3533/1	59,38	0,75	16,28	8,00	0,17	3,30	7,29	2,91	0,95	0,10	0,72	100,13
1090/17	59,40	0,65	16,93	6,83	0,14	3,30	7,13	2,87	1,21	0,08	0,59	99,47
5594/6	59,76	0,93	16,47	7,09	0,14	1,72	6,17	3,24	1,74	0,17	1,10	98,70
1078/65	60,60	0,62	16,29	7,22	0,13	3,60	6,72	3,03	0,75	0,07	0,59	100,05
5589	61,40	0,92	14,38	7,13	0,20	2,29	6,31	3,59	0,87	0,17	0,83	98,55
5594/2	61,47	0,83	16,07	6,87	0,15	1,62	5,19	3,89	1,47	0,16	1,06	99,18
1091/8	62,40	0,81	15,86	6,58	0,15	2,00	5,60	3,74	1,55	0,17	0,47	99,74
3518/1	63,38	0,71	15,64	6,77	0,16	2,24	5,61	3,17	1,37	0,12	0,75	100,18
6642/2	64,20	0,62	15,38	6,60	0,14	1,00	5,26	3,20	1,60	0,06	1,92	100,33
головнинский дацитовый вулканический комплекс (покровные образования)												
4035/4	66,80	0,54	13,40	3,77	0,12	0,99	4,30	2,29	1,06	0,03	6,39	100,00

Продолжение таблицы Б.1

№	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ общ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	ппп %	Сумма %
4035/2	56,30	0,86	18,80	6,13	0,17	2,25	8,53	3,12	0,46	0,12	2,12	99,60
4035/17	64,00	0,40	12,80	3,17	0,09	1,46	3,77	5,48	1,51	0,03	6,16	99,30
3023/2	48,90	0,42	15,50	9,58	0,18	8,55	11,30	1,39	0,22	0,03	1,34	98,50
4035/5	63,80	0,63	15,70	4,09	0,12	0,90	4,39	3,72	0,64	0,10	4,83	99,30
3023/1	56,00	0,62	16,70	5,86	0,11	3,58	5,56	4,53	2,05	0,20	3,92	99,70
4035/8	62,00	15,40	0,69	7,66	0,17	2,54	6,27	2,84	0,42	0,05	0,63	99,50
4035/8	62,10	0,70	15,30	7,55	0,16	2,73	6,35	2,70	0,51	0,06	0,74	99,70
1184/22	64,67	0,57	14,23	5,51	0,12	1,43	5,19	3,74	0,56	0,10	2,49	98,82
1048/1	69,00	0,68	14,40	3,57	0,09	0,70	2,94	4,05	1,92	0,12	0,81	98,58
15158	69,48	0,38	13,12	2,90	0,06	0,64	3,22	2,41	1,31	0,03	6,03	99,95
1049	69,85	0,68	14,89	4,12	0,05	0,47	3,36	4,04	1,98	0,13	0,59	100,50
головнинский дацитовый вулканический комплекс (экструзивные образования)												
1051/9	62,80	0,58	16,46	5,33	0,14	2,00	5,18	3,78	1,37	0,17	0,95	99,08
5547	62,56	0,84	14,92	6,96	0,15	1,72	5,89	3,89	0,66	0,15	0,48	98,55
5540	67,00	0,67	13,13	6,37	0,24	2,26	2,80	2,50	0,15	0,13	3,30	98,90
1051/6	67,74	0,42	15,88	4,02	0,16	0,95	4,49	3,86	1,68	0,16	0,12	99,67
2697	68,56	0,49	14,28	4,19	0,09	0,95	4,21	4,03	0,95	0,09	0,52	98,65
15020	70,48	0,43	14,72	4,24	0,06	1,14	3,93	3,67	0,96	0,09	0,71	100,69
207009/1	71,80	0,27	14,90	2,09	0,10		3,41	3,04	2,00	0,06	1,17	100,00
208011/1	70,60	0,50	14,50	3,68	0,08	1,54	3,58	3,21	0,80	0,07	1,00	100,00

Продолжение таблицы Б.1

№	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ общ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	ппп %	Сумма %
208010/1	70,00	0,55	14,80	3,86	0,09	1,57	3,78	3,05	0,76	0,08	0,94	99,90
208009/1	70,60	0,52	14,40	3,48	0,04	1,33	3,81	3,37	1,02	0,14	0,68	99,80
роковский дацитовый вулканический комплекс (покровные образования)												
3269/3	62,84	0,75	15,21	6,57	0,15	1,80	5,18	3,63	1,10	0,11	1,05	98,91
3269/1	63,50	0,78	15,51	6,01	0,13	1,70	5,04	3,47	1,10	0,15	1,81	99,54
1108/1	64,16	0,85	15,05	5,86	0,19	1,13	4,77	3,82	1,08	0,23	1,75	99,13
3269/2	64,30	0,76	15,38	6,34	0,14	1,90	5,04	3,50	1,08	0,13	0,63	99,56
3269/4	64,30	0,77	15,38	6,27	0,14	1,80	4,90	3,57	1,14	0,12	0,97	99,80
1112	65,10	0,53	14,43	4,86	0,11	1,30	4,48	3,71	1,00	0,10	3,49	99,29
1112	65,10	0,53	14,31	4,81	0,11	1,40	4,34	3,71	1,06	0,10	3,57	99,21
1112	65,37	0,54	14,22	4,76	0,11	1,30	4,48	3,62	1,06	0,10	3,56	99,29
1112/1	65,50	0,53	14,65	4,93	0,10	1,60	4,62	3,73	1,11	0,10	3,06	100,04
1112/1	65,90	0,57	14,87	5,28	0,11	1,70	4,62	3,79	1,04	0,11	2,48	100,71
1066/59	66,00	0,52	14,31	4,71	0,10	1,30	4,34	4,19	1,16	0,10	2,91	99,77
1068/7	66,12	0,54	14,64	4,73	0,12	0,99	4,54	3,80	1,14	0,11	2,44	99,33
3276/1	66,43	0,73	14,48	5,64	0,14	1,40	4,90	3,88	1,04	0,01	0,30	99,41
5202	66,44	0,56	15,05	4,78	0,12	1,43	4,49	3,52	1,04	0,11	3,11	100,79
204005/1	67,70	0,55	14,70	3,72	0,11	1,44	4,28	3,20	1,14	0,10	2,54	99,90
богатырский андезибазальтовый вулканический комплекс (покровные образования)												
1026/7	52,70	0,92	17,49	8,66	0,15	5,50	9,66	2,50	0,85	0,14	0,09	98,87

Продолжение таблицы Б.1

№	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ общ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	ППП %	Сумма %
3566/3	52,79	0,77	18,69	9,25	0,22	3,92	9,90	2,54	0,50	0,11	0,26	99,28
5535	52,99	0,67	21,35	8,16	0,17	2,80	9,81	2,48	0,32	0,11	0,38	100,22
1084/29	54,20	0,91	17,57	9,06	0,18	4,10	8,82	2,70	0,95	0,14	0,60	99,52
3582	53,28	0,85	19,20	9,56	0,19	3,21	9,59	2,56	0,48	0,08	0,43	99,71
7604/1	54,48	0,91	16,32	8,00	0,16	6,51	7,77	2,90	1,02	0,14	1,04	99,52
6677/1	57,30	0,78	16,79	7,65	0,18	5,40	7,26	3,00	1,45	0,23	0,59	100,82
3578	46,93	0,74	17,42	11,89	0,19	8,03	12,76	1,43	0,22	0,06	0,39	100,49
51	51,50	0,82	18,36	10,15	0,20	5,64	10,32	2,24	0,36	0,07	0,20	100,19
5163	52,85	0,87	18,10	10,21	0,19	4,80	8,82	2,66	0,45	0,10	0,54	99,93
3576	54,64	0,71	16,74	8,14	0,17	5,76	9,11	2,59	1,09	0,14	0,25	99,59
5162	54,85	0,75	18,31	8,86	0,16	4,00	8,68	2,68	0,64	0,09	0,74	100,13
5196	58,71	0,77	15,38	8,39	0,16	3,80	6,72	3,03	0,85	0,12	1,35	99,59
7376/1	57,30	0,75	16,78	7,49	0,17	3,90	7,29	3,10	1,14	0,14	1,12	99,39
3285	59,75	0,79	15,76	8,14	0,15	3,26	7,80	2,94	0,72	0,10	0,32	100,00
3279	57,02	0,91	16,47	9,07	0,17	3,15	7,57	3,06	0,76	0,09	0,78	99,46
5186	57,51	0,75	15,86	7,74	0,15	5,30	5,88	2,84	0,80	0,13	1,21	98,82
3280/1	59,14	0,99	15,41	8,53	0,17	3,44	7,71	3,08	0,76	0,09	0,37	99,97
3264/7	63,77	0,77	15,60	6,34	0,15	1,80	5,18	4,04	1,00	0,17	0,88	99,96
5192	51,92	0,78	16,07	9,27	0,16	7,20	9,80	2,34	0,50	0,08	0,22	98,79
5180	52,34	0,74	15,92	9,19	0,18	7,50	10,37	2,12	0,44	0,08	0,42	99,65

Продолжение таблицы Б.1

№	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ общ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	ППП %	Сумма %
3272	53,71	0,83	17,15	9,19	0,17	5,30	9,25	2,64	0,60	0,10	0,51	99,86
3284/1	53,52	0,87	15,51	10,29	0,17	5,50	8,68	2,40	0,64	0,10	0,86	98,83
3282	53,90	0,69	15,84	8,98	0,17	7,30	10,09	2,00	0,48	0,07	0,16	99,92
3277/1	56,08	0,90	16,51	9,19	0,17	4,00	9,11	2,66	0,66	0,09	0,25	99,94
3278	56,58	0,77	15,81	8,50	0,15	4,40	8,26	2,66	0,68	0,08	0,50	98,78
3277	57,26	0,79	16,00	9,04	0,17	4,02	8,19	2,54	0,66	0,09	0,78	99,91
5198	57,40	0,83	15,44	8,87	0,17	3,70	9,11	2,78	0,80	0,11	0,66	100,05
3284	57,52	0,83	16,00	9,07	0,18	4,20	8,40	2,80	0,68	0,09	0,30	100,30
3272/2	58,00	0,87	15,84	8,84	0,16	4,05	8,08	2,76	0,67	0,08	0,17	99,76
5175	58,11	0,85	14,52	9,63	0,17	3,80	7,42	2,66	0,76	0,06	0,87	99,01
5199	58,30	0,82	16,07	8,80	0,17	3,66	8,19	2,70	0,68	0,09	0,42	100,11
3025/1	49,70	0,91	20,30	7,97	0,16	5,34	11,00	2,61	1,06	0,17	0,05	100,00
3016/1	59,70	0,74	16,50	7,24	0,19	3,19	6,92	3,16	0,56	0,10	0,38	99,40
3016/3	57,40	0,80	15,90	8,16	0,21	3,78	6,97	2,98	0,52	0,07	1,56	99,20
3016/4	58,70	0,74	15,40	8,48	0,23	4,50	7,32	2,69	0,33	0,09	0,15	99,60
4073/1	55,40	0,81	17,30	6,72	0,17	3,73	7,60	2,92	1,78	0,20	1,99	99,40
4073/3	48,00	1,03	16,20	9,42	0,19	8,67	9,37	2,63	1,41	0,19	0,93	99,10
5032/2	53,10	0,99	17,70	10,39	0,12	3,84	4,50	2,95	0,45	0,24	4,49	99,90
2062/1	54,50	0,95	17,70	7,87	0,18	3,65	7,49	3,51	1,92	0,22	0,60	99,40
2062/3	55,10	0,97	18,00	7,87	0,18	3,77	7,39	3,34	1,73	0,22	0,43	99,90

Продолжение таблицы Б.1

№	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ общ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	ппп %	Сумма %
2074/1	62,30	0,66	15,70	6,65	0,14	3,35	6,48	2,66	1,22	0,07	0,20	100,00
204027/2	61,80	0,63	16,40	6,74	0,15	2,74	6,33	2,56	0,58	0,08	0,80	99,50
204029/1	50,90	0,82	18,20	10,54	0,21	5,86	10,60	1,62	0,23	0,06	0,05	99,80
206013/1	49,50	0,78	17,40	11,02	0,23	7,49	10,80	1,53	0,24	0,06	0,05	99,90
206014/2	58,00	1,18	14,70	11,16	0,24	3,24	7,12	2,61	0,58	0,11	0,05	100,00
206002/1	55,30	0,82	17,00	9,34	0,20	5,15	8,14	2,39	0,51	0,08	0,05	99,90
209030/1	65,90	0,65	12,90	6,57	0,15	2,97	6,30	1,62	0,23	0,03	2,02	100,00
206001/1	52,40	0,89	19,40	9,60	0,20	3,23	10,70	1,93	0,33	0,08	0,05	99,70
богатырский андезибазальтовый вулканический комплекс (экструзивные образования)												
1074/3	56,70	0,75	16,63	8,50	0,16	4,00	8,12	2,95	0,67	0,08	0,26	99,10
1074/4	55,80	0,74	16,60	8,43	0,16	4,20	8,00	2,80	0,65	0,07	0,53	98,56
1075	56,30	0,76	17,08	8,77	0,18	4,50	8,40	2,68	0,74	0,10	0,37	100,08
прасоловский плагиогранит-диоритовый плутонический комплекс												
207041/2	55,80	0,95	17,30	8,53	0,26	4,30	6,19	2,96	1,02	0,20	1,56	100,00
1152	70,20	0,40	14,62	4,27	0,09	1,05	3,92	3,50	0,40	0,09	1,18	99,95
209055/2	72,20	0,58	13,40	3,41	0,10	1,70	0,74	5,09	0,43	0,07	1,65	99,80
209056/1	72,80	0,53	13,30	3,31	0,07	1,70	1,20	4,46	0,41	0,08	1,50	99,70
209053/7	80,80	0,22	10,70	–	0,04	0,71	0,21	4,93	0,20	0,03	0,83	100,00
209055/1	81,30	0,23	10,70	–	0,005	0,41	0,19	5,58	0,005	0,025	0,58	99,70
206021/1	67,50	14,70	0,57	3,86	0,22	1,44	2,42	4,45	2,27	0,11	1,71	99,60

Продолжение таблицы Б.1

№	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ общ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	ппп %	Сумма %
207025/1	69,00	0,58	14,40	3,50	0,13	1,30	2,24	4,01	2,45	0,11	1,74	99,80
5539/2	72,06	0,40	13,28	2,66	0,08	0,85	3,08	4,38	0,15	0,08	0,93	98,10
1152	70,20	0,40	14,62	4,27	0,09	1,05	3,92	3,50	0,40	0,09	1,18	99,95
78	71,55	0,44	12,75	4,55	0,20	1,80	1,89	5,57	0,58	0,09	1,04	100,63
624/24	72,25	0,27	13,75	2,79	0,07	1,31	1,07	5,40	0,67	0,06	1,74	99,45
755/5	71,96	0,54	13,61	3,48	0,03	1,78	0,42	5,68	0,38	0,08	2,03	100,13
764/5	73,57	0,45	12,53	2,58	0,03	2,08	0,42	4,90	0,72	0,07	1,95	99,35
779/7	76,68	0,32	12,04	1,98	0,02	1,29	0,42	5,12	0,35	0,05	1,31	99,65
781/1	72,80	0,44	12,99	3,80	0,05	1,57	0,56	5,63	0,45	0,07	2,02	100,46
808/2	73,40	0,28	13,51	2,65	0,03	2,08	0,42	5,23	0,77	0,05	1,93	100,42
846/1	70,70	0,55	13,25	4,31	0,08	1,45	2,38	5,23	0,32	0,11	1,57	100,09
869/7	71,81	0,52	13,38	3,19	0,03	2,88	0,42	5,00	0,72	0,10	2,07	100,14
1109	75,32	0,16	12,35	2,57	0,03	1,47	0,35	6,23	0,70	0,02	1,06	100,46
6783/5	71,40	0,44	12,88	4,29	0,03	1,49	2,10	5,06	0,38	0,09	1,46	99,83
1	65,90	0,50	15,40	5,24	—	2,70	1,90	4,80	0,80	—	—	97,24
2	72,10	0,40	13,50	4,30	—	1,80	1,20	4,90	0,60	—	—	98,80
3	70,70	0,40	14,30	3,78	—	1,00	3,80	3,70	0,30	—	—	97,98
4	67,50	0,60	14,30	5,42	—	3,80	2,90	3,60	0,30	—	—	98,42
б/н	68,22	0,33	16,00	4,00	0,10	1,27	3,53	4,18	0,34	0,10	1,61	99,88
б/н	71,89	0,52	13,68	3,57	0,06	1,51	1,63	5,60	0,44	0,08	1,10	100,20

Продолжение таблицы Б.1

№	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ общ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	ппп %	Сумма %
б/н	66,77	0,60	14,40	4,28	0,13	2,04	3,95	3,76	2,24	0,12	1,00	99,42
б/н	68,22	0,33	16,00	4,00	0,10	1,27	3,53	4,18	0,34	0,10	1,61	99,88
б/н	71,95	0,46	13,00	2,80	0,08	0,91	2,69	3,21	3,22	0,10	0,88	99,47
5601	78,37	0,39	12,63	0,77	0,06	0,47	0,70	2,29	0,35	0,05	2,88	99,02
235	62,97	0,51	18,47	4,41	0,12	2,33	3,03	3,81	0,29	0,40	2,65	99,17
6128	66,17	0,52	14,76	3,98	0,12	1,75	3,29	4,88	2,36	0,12	1,57	99,84
6129	74,66	0,35	12,27	3,10	0,12	2,21	0,35	3,61	0,92	0,06	2,37	100,13
б/н	71,95	0,46	13,00	2,80	0,08	0,91	2,69	3,21	3,22	0,10	0,88	99,57
б/н	66,17	0,63	14,40	4,28	0,13	2,04	3,95	3,76	2,16	0,14	1,06	98,85

Примечание: синим цветом указаны данные по [192], зеленым по [127], белым цветом данные по [198]

Таблица Б.2 – Геохимическая характеристика геологических подразделений

№	Ti ppm	V ppm	Cr ppm	Co ppm	Ni ppm	Cu ppm	Zn ppm	Rb ppm	Sr ppm	Y ppm	Zr ppm	Nb ppm	Ba ppm	La ppm	Ce ppm	Pr ppm	Nd ppm	Sm ppm	Eu ppm	Gd ppm	Tb ppm	Dy ppm	Ho ppm	Er ppm	Tm ppm	Yb ppm	Lu ppm	Hf ppm	Ta ppm	Pb ppm	Th ppm	U ppm
рыбаковский андезитовый вулканический комплекс																																
5036/1	7013	237	38	19	11	-	-	9,7	230	24	40	1,2	124	4,3	11	1,5	8,4	2,6	0,9	3,5	0,5	3,5	0,8	2,8	0,4	2,7	0,4	1,3	0,1	-	0,9	0,3
2053/1	4975	280	43	24	14	34	59	4,3	275	14	33	0,7	88	2,9	8,9	1	5,7	1,3	0,6	2,1	0,4	2,4	0,7	1,6	0,2	1,8	0,2	1	0,1	2,7	0,5	0,1
2047/2	1918	30	5,5	4,4	1,6	5,4	24	18	166	34	72	0,8	196	5,1	14	1,9	11	3	1	3,7	0,8	5,3	1,3	3,3	0,6	4,7	0,6	2,9	0,1	5,4	1	0,4
5034/2	5455	275	66	22	25	36	77	21	346	19	57	2	331	8,9	21	2,8	13	2,9	0,9	3,3	0,5	3,5	0,7	2	0,3	2,1	0,3	1,8	0,2	3,4	2,6	0,6
4064/1	4436	231	23	18	13	-	-	12	326	17	40	1	139	4,2	10	1,5	8,2	1,9	0,8	2,6	0,4	2,6	0,6	2	0,3	1,9	0,3	1,2	0,1	-	0,7	0,3
5023/1	4615	265	69	21	20	55	77	26	318	20	48	1,3	157	5,2	12	1,6	9,4	2,9	0,9	2,9	0,5	3,1	0,7	2,2	0,3	2,3	0,3	1,6	0,1	4,6	0,9	0,3
5036/3	4735	254	14	17	5,9	32	56	11	310	22	51	0,9	226	6,7	15	1,9	9,1	2,4	1	2,8	0,5	3,6	0,9	2,2	0,4	2,7	0,5	1,8	0,1	3,5	2	0,4
4106/6	4196	175	132	12	19	23	49	18	278	19	69	1,7	270	8,1	19	2,7	12	3	1,1	3,2	0,6	3,5	0,8	2	0,3	2,3	0,3	2,1	0,1	5,6	2,6	0,7
204015/ 2	4795	83	12	8,6	3,5	-	-	36	268	40	128	3,7	355	14	31	4,4	23	5,6	1,4	6,3	0,9	5,9	1,3	4,3	0,6	4,3	0,6	3,7	0,2	-	3,3	1,1
204014/ 1	5035	76	5,9	4,8	1,5	-	-	20	361	43	159	4,1	599	17	37	5,5	26	6	1,7	6,8	1	6,6	1,4	4,6	0,6	4,8	0,7	4,6	0,3	-	4,8	1,3
204012/ 1	4376	57	4,4	3,7	1,9	-	-	42	250	38	161	4,6	446	17	35	5	25	5,7	1,6	6,3	1	6,1	1,2	4,3	0,7	4,6	0,7	4,2	0,3	-	4,8	1,3
204013/ 1	4196	38	11	3,9	1,6	-	-	48	214	42	189	4,9	544	17	37	5,3	24	6,1	1,4	6,1	1	6,4	1,4	4,5	0,7	4,9	0,7	5,4	0,3	-	5,8	1,6

Продолжение таблицы Б.2

№	Ti ppm	V ppm	Cr ppm	Co ppm	Ni ppm	Cu ppm	Zn ppm	Rb ppm	Sr ppm	Y ppm	Zr ppm	Nb ppm	Ba ppm	La ppm	Ce ppm	Pr ppm	Nd ppm	Sm ppm	Eu ppm	Gd ppm	Tb ppm	Dy ppm	Ho ppm	Er ppm	Tm ppm	Yb ppm	Lu ppm	Hf ppm	Ta ppm	Pb ppm	Th ppm	U ppm
20901 7/1	3477	106	3,2	10	1,2	-	-	18	364	20	78	2,7	335	16	32	4,6	19	4,3	1,3	4,1	0,6	3,8	0,7	2,6	0,4	2,3	0,4	2,3	0,2	-	3,9	1,1
4103/1	5814	277	88	20	36	150	54	17	563	17	64	2,6	594	8,5	20	2,7	12	3,1	1,2	2,8	0,5	2,7	0,7	1,8	0,3	1,8	0,3	1,8	0,2	5,7	1,5	0,5
камуйский дацитовый вулканический комплекс																																
20604 6/1	2158	275	2	23	2,4	-	-	6,9	251	31	60	0,9	174	4,4	11	1,9	8,9	3,1	1,1	3,8	0,7	5	1	3,8	0,5	3,3	0,5	2,1	0,1	-	0,9	0,3
20902 1/1	5035	336	23	31	18	-	-	19	209	15	31	0,7	94	3,5	8,7	1,4	6,6	2	0,7	2,3	0,4	2,6	0,5	1,8	0,3	1,3	0,2	1,1	0,1	-	0,8	0,2
20703 9-1/1	3297	36	5,6	4,9	1,6	0,5	18	6,9	90	38	82	1,5	97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,7	0,1	1,6	1,3	0,5
фрегатский андезибазальтовый вулканический комплекс																																
5037/1 1	9890	282	84	22	22	36	80	-	-	25	88	2,5	283	8,8	18	2,4	12	3	0,9	3,2	0,5	4,1	0,8	2,2	0,4	2,5	0,3	2,5	0,2	13	3,1	1,1
2050/2	6414	265	8	16	4,7	52	63	6,8	199	26	66	0,8	160	4	11	1,7	8,7	2,9	0,9	3,4	0,6	4,3	1,1	2,7	0,4	3	0,4	2,3	0,1	4,6	1	0,3
головнинская дацитовый вулканический комплекс																																
3023/2	2517	190	240	36	47	32	48	3	196	10	19	0,3	54	1,6	4,4	0,7	3,1	1,2	0,4	1,4	0,3	1,5	0,5	1,2	0,2	1,2	0,2	0,8	0,1	2,2	0,4	0,3
20700 9/1	1618	31	1,4	3,2	0,5	-	-	45	317	15	88	2	571	13	24	2,7	11	2,7	0,8	2,3	0,4	2,3	0,5	1,5	0,3	1,8	0,3	2,6	0,2	-	5,6	1,7

Продолжение таблицы Б.2

№	Ti ppm	V ppm	Cr ppm	Co ppm	Ni ppm	Cu ppm	Zn ppm	Rb ppm	Sr ppm	Y ppm	Zr ppm	Nb ppm	Ba ppm	La ppm	Ce ppm	Pr ppm	Nd ppm	Sm ppm	Eu ppm	Gd ppm	Tb ppm	Dy ppm	Ho ppm	Er ppm	Tm ppm	Yb ppm	Lu ppm	Hf ppm	Ta ppm	Pb ppm	Th ppm	U ppm
20801 0/1	3297	58	7,7	5,3	2,3	-	-	10	152	34	93	1,4	234	5	13	1,9	11	3,6	1,1	4,2	0,7	4,7	1,2	3,7	0,6	4,2	0,5	2,5	0,1	-	1,8	0,7
богатырский андезибазальтовый вулканический комплекс																																
3016/3	4795	193	18	16	6,7	19	62	6,8	212	21	44	0,6	149	3	9,2	1,4	7,3	2,4	0,8	2,7	0,5	3,6	1	2,2	0,4	3	0,4	1,7	0,1	4,7	0,7	0,2
3016/4	4436	198	26	18	8,8	67	90	3,7	192	20	37	0,5	109	2,4	7,6	1,1	6,5	2,2	0,7	2,5	0,5	3	0,8	2,2	0,3	2,5	0,4	1,4	0,1	2,5	0,5	0,2
5032/2	5934	309	73	16	18	65	63	27	374	24	71	2,2	359	7,3	18	2,5	12	3,4	1,3	3,4	0,6	3,9	0,8	2,7	0,4	2,9	0,5	2,3	0,1	3,2	2,3	0,7
2062/1	5694	210	12	17	9,2	36	56	35	400	24	108	3,3	322	14	31	3,8	18	3,9	1,2	4,5	0,8	3,9	1,1	2,4	0,4	3,2	0,4	3,5	0,4	3,8	4,3	1,1
2062/3	5814	230	16	16	8,6	35	52	35	422	25	115	3,6	334	13	31	3,9	18	4,4	1,3	4,2	0,7	4,3	1,1	2,6	0,4	3,3	0,5	3,4	0,3	5,3	4,3	1,1
20601 3/1	4675	353	53	33	18	-	-	3,5	306	19	23	0,6	86	2,2	5,3	0,8	4,7	1,5	0,7	2	0,4	2,5	0,6	2	0,3	1,7	0,3	0,9	0,1	-	0,3	0,1
20601 4/2	7073	275	2	23	2,4	-	-	6,9	251	31	60	0,9	174	4,4	11	1,9	8,9	3,1	1,1	3,8	0,7	5	1	3,8	0,5	3,3	0,5	2,1	0,1	-	0,9	0,3
20600 1/1	5335	323	4,9	22	4,9	-	-	4,8	285	21	35	0,7	105	2,6	6,4	1	5,3	2,2	0,6	2,4	0,4	3,2	0,6	2,1	0,4	1,9	0,3	1,3	0,1	-	0,5	0,2
прасоловский плагиогранит-диоритовый вулканический комплекс																																
20704 1/2	5694	172	11	16	4,9	-	-	23	390	26	73	2,3	450	10	23	3,3	14	3,8	1,3	4,1	0,6	4,2	0,9	3	0,4	2,3	0,4	2,1	0,1	-	3	0,8
20702 5/1	3477	74	7,1	6,4	2,8	-	-	46	221	33	163	4,6	774	16	35	4,6	18	4	1,3	4,4	0,7	4,5	0,9	3,6	0,5	3,3	0,6	5	0,4	-	7,3	2,1

Продолжение таблицы Б.2

U ppm	1,1
Th ppm	2,6
Pb ppm	-
Ta ppm	0,2
Hf ppm	4
Lu ppm	0,1
Yb ppm	0,2
Tm ppm	-
Er ppm	2,4
Ho ppm	-
Dy ppm	3,5
Tb ppm	-
Gd ppm	3,5
Eu ppm	2,1
Sm ppm	2,9
Nd ppm	8,6
Pr ppm	-
Ce ppm	13
La ppm	5,9
Ba ppm	110
Nb ppm	1
Zr ppm	70
Y ppm	-
Sr ppm	160
Rb ppm	7
Zn ppm	-
Cu ppm	-
Ni ppm	10
Co ppm	3
Cr ppm	35
V ppm	50
Ti ppm	3117
№	6/H

ПРИЛОЖЕНИЕ Д Условные обозначения к рисунку 5.2.2 «Схема размещения полезных ископаемых на островах Кунашир и Итуруп» [по 198]

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Группа	Подгруппа, вид	Месторождения			Проявления	Пункты минерализации	Генетические типы	Рудные формации
		Крупные	Средние	Малые				
ШЕШЧИМЛАТАМНЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ	Черные металлы				● 51330	● Fe 51380	Гипергенный	Железорудная терригенная зон инфильтрации
	Железо				● 84929	● Fe, Mn 51380	Осадочный	Железо-марганцевых конкреций
	Железо, марганец				● 93571	● Fe, Mn, Fe 51380	Россыпной	Магнетитовых россыпей
	Железо, марганец, теллур				● 93725	● Fe, Ti, Mn 82831		
	Железо, титан				● 52890	● Cu 53030		
	Цветные металлы				● 52890	● Cu, Pb, Zn 53050		
	Медь				● 52890	● Cu, Pb, Ag 53050		
	Медь, свинец, цинк				● 52890	● Cu, Zn, Ag 53050		
	Медь, свинец, серебро				● 52890	● Cu, Ge, Zn 53030		
	Медь, цинк, серебро				● 53040	● Pb, Zn 53050		
	Медь, германий, цинк				● 53080	● Zn 53050		
	Медь, серебро				● 53080	● Zn, Pb, Cu 53050		
	Свинец, цинк				● 53080	● Zn, Pb, Ag 53050		
	Цинк				● 53080	● Zn, Ag 53050		
	Цинк, марганец				● 53080	● Mo, Zn 53080		
	Цинк, медь				● 53130	● Hg 53140		
	Цинк, свинец				● 53140	● As, Ag 53140		
	Цинк, свинец, медь				● 55160	● Re 55260		
	Цинк, свинец, серебро				● 55311	● Te 56770		
	Цинк, серебро				● 56770	● Au 56770		
	Молибден				● 56740	● Au, Ag 56770		
	Молибден, цинк				● 56740	● Au, Ag, Zn 56770		
	Молибден, золото				● 56770	● Au, Ag, Bi 56780		
	Ртуть				● 56780	● Ag 56780		
	Мышьяк				● 56780	● Ag, Cu 56780		
	Мышьяк, серебро				● 56780	● Ag, Pb, Au 56780		
	Редкие металлы				● 56780	● Ag, Zn 56780		
	Рений				● 56780	● Ag, As 56780		
	Теллур				● 56780	● Ag, Au 56780		
	Благородные металлы				● 56780	● Ag, Au 56780		
	Золото				● 56780	● Ag, Au 56780		
	Золото, серебро				● 56780	● Ag, Au 56780		
	Золото, серебро, цинк				● 56780	● Ag, Au 56780		
	Золото, серебро, висмут				● 56780	● Ag, Au 56780		
	Серебро				● 56780	● Ag, Au 56780		
	Серебро, медь				● 56780	● Ag, Au 56780		
	Серебро, свинец, золото				● 56780	● Ag, Au 56780		
	Серебро, цинк				● 56780	● Ag, Au 56780		
	Серебро, мышьяк				● 56780	● Ag, Au 56780		
	Серебро, золото				● 56780	● Ag, Au 56780		
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ	Химическое сырье				● 60640	● s 56780	Гидротермально-метасоматический (1)	Самородной серы аргиллизит-опалит-пропилит-вторично-кварцитовая (1)
	Сера				● 60680	● at 64440	Вулканогенно-осадочный (2)	Самородной серы современных вулканических гидротерм, сублиматов и потоков (2)
	Алунит				● 64436	● agt(1) 67720	Гидротермально-метасоматический	Каолиновых кор выветривания
	Керамическое и огнеупорное сырье				● 68816	● 688251	Гипергенный	Самоцветов россыпная (1)
	Каолин, глины огнеупорные и керамические				● 68835	● 68840	Гипергенный (2)	Самоцветов кор выветривания (2)
	Драгоценные и поделочные камни				● 68840	● 68842		
	Халцедоны, агаты и другие поделочные камни				● 68850	● 68712		
	Строительные материалы				● 68870	● 68870		
	Магматические породы							
	Кислые интрузивные породы							
	Средние интрузивные породы							
	Основные интрузивные породы							
	Кислые и средние эффузивные породы							
	Основные эффузивные породы							
	Туфы							

ЛИТОХИМИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ

Элементы	В рыхлых отложениях (донное опробование)		В коренных породах
	Площадные	Не выражающиеся в масштабе карты	
Цинк			
Никель			○ Ni 85060
Молибден			○ Mo 85060
Молибден, мышьяк			○ Mo, As 85060
Вольфрам			○ W 85060
Кадмий			○ Cd 85060
Германий			
Селен			○ Se 85060
Серебро			○ Ag 85060

РЕЗУЛЬТАТЫ ШЛИХОВОГО ОПРОБОВАНИЯ

Минералы, элементы	Площадные	Линейные	Не выражающиеся в масштабе карты
Сфалерит			
Сфалерит, галенит			
Сфалерит, галенит, халькопирит			
Киноварь			⊕ Hg 85161

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ

Геофизическая аномалия (предположительно, нефтегазовая ловушка, выявленная по данным сейсморазведки)

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Свидетельство о государственной регистрации базы данных

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации базы данных
№ 2021621173

База данных линеаментов острова Итуруп

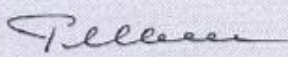
Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Крикун Никита Сергеевич (RU), Федорова Эльмира Рафаэльевна (RU), Таловина Ирина Владимировна (RU)*



Заявка № **2021621051**
Дата поступления **27 мая 2021 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре баз данных **01 июня 2021 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности



Г.П. Ивлиев

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Акты внедрения

Утверждаю

Генеральный директор
ООО «ДЖИ М»
Е. Ю. Ермолин

Дата « 19 » Сентября 2023 г.



АКТ

о внедрении результатов
кандидатской диссертации
Крикуна Никиты Сергеевича

по научной специальности 1.6.1 – «Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика»

Рабочая комиссия в составе:

Председатель: Е.Ю. Ермолин

Члены комиссии: Сапунов Д.В., Лоншаков А.В.

составили настоящий акт о том, что результаты диссертации на тему «Тектоно-магматическая эволюция южной группы островов Большой Курильской гряды (острова Кунашир и Итуруп)», представленной на соискание ученой степени кандидата наук, использованы в ходе поисково-оценочных работ, проводимых ООО «ДЖИ М Сервис» при уточнении геологического строения и изучении разрывных нарушений (Месторождений К-Mg солей в Калининградской области, № отчёта: GM-23-8). Предложенная Крикуном Н.С. методика интегрального анализа дизъюнктивной тектоники района работа с использованием разнотипных геолого-геофизических данных и материалов дистанционного зондирования позволяет сократить затраты на реализацию работ и увеличить скорость их проведения.

Председатель комиссии

генеральный директор, к.г.-м.н.

Ермолин Е.Ю.

Члены комиссии:

Геофизик 1 категории

Сапунов Д.В.

Геолог 1 категории

Лоншаков А.В.



МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А. П. КАРПИНСКОГО»
(ФГБУ «ИНСТИТУТ КАРПИНСКОГО»)

Средний пр., 74,
Санкт-Петербург, 199106

Телефон: (812) 321-57-06
Факс: (812) 321-30-23
E-mail: info@karpinskyinstitute.ru

25.06.2024 № 01.1-02/1263
на № 9-0096 от 18.06.2024

О согласовании использования
материалов отчета

Первому проректору
Санкт-Петербургского
горного университета
императрицы Екатерины II
Пашкевич Н. В.

Уважаемая Наталья Владимировна!

В соответствии с Вашим запросом от 18.06.2024 № 9-0096 о степени заимствования материалов отчета Института Карпинского в диссертационном исследовании сообщаем, что Крикун Н. С. в 2019-2021 гг. принимал участие в камеральных и полевых работах при создании авторского комплекта Госгеолкарты-1000/3 листа L-55 и является соавтором отчета.

В диссертационной работе Крикуна Н. С. «Тектоно-магматическая эволюция и рудоносность южной группы островов Большой Курильской гряды (острова Кунашир и Итуруп)» использованы материалы авторского варианта комплекта Госгеолкарты-1000/3 листа L-55, входящие в состав итогового геологического отчета «Создание комплектов государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 по группе листов территории Российской Федерации в 2019-2021 гг. (P-49, S-55,56, Q-57, R-59, R-60, L-55 (с клапаном K-55), L-56. Государственные задания Федерального агентства по недропользованию № 049-0013-19-00 от 28.12.2018 г.; № 049-00017-20-04 от 26.12.2019 г. (в редакции № 049-00017-20-05 от 30.04.2020 г. и № 049-00017-20-06 от 13.10.2020 г.); № 049-00016-21-00 от 14.01.2021 г.).» (инв. №544284 ФГБУ «Росгеолфонд»).

Ученый секретарь Толмачева Татьяна Юрьевна
Тел./e-mail: (812) 328-90-90 (доб. 2060) tatiana_tolmacheva@karpinskyinstitute.ru

В диссертации Крикуна Н. С. приведены следующие базовые материалы из отчета – результаты химико-аналитических (ICP-MS, РСФА) и изотопно-геохронологических (датирование U-Pb методом по цирконам) анализов, данные дистанционной и геофизических основ Госгеолкарты-1000/3. Представленные в диссертационной работе Крикуна Н. С. вышеуказанные материалы переинтерпретированы и отличаются по качеству и содержанию от первичных.

В связи с тем, что отчет принят на хранение в ФГБУ «Росгеолфонд» без ограничительного грифа, а работы выполнялись за счет средств федерального бюджета, то материалы могут свободно использоваться гражданами Российской Федерации. В случаях использования материалов, упоминаемых выше, обязательна ссылка на них по действующей редакции ГОСТ Р 7.0.5-2008 и упоминание факта, что работы выполнены в рамках Государственного задания Федерального агентства по недропользованию.

Первый заместитель генерального
директора



М. А. Ткаченко