

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Геологический институт Российской академии наук

На правах рукописи

**Моисеев Артем Вячеславович**

**Структура и история тектонического развития Усть-Бельского сегмента  
Западно-Корякской складчатой системы (СВ России, Корякия)**

Специальность: 25.00.03 – геотектоника и геодинамика

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:  
доктор геол.-мин. наук,  
профессор С.Д. Соколов

Москва – 2015

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Введение</b>                                                                                                     | 4  |
| <b>Глава 1.</b> Геологическое строение зоны сочленения Верхояно-Чукотской и Корякско-Камчатской складчатых областей | 10 |
| 1.1. Западно-Корякская складчатая система                                                                           | 10 |
| 1.2. Анадырско-Корякская складчатая система                                                                         | 17 |
| <b>Глава 2.</b> Геологическое строение района Усть-Бельских гор                                                     | 21 |
| <b>Глава 3.</b> Структурно-вещественные комплексы Усть-Бельского террейна                                           | 31 |
| 3.1. Вулканогенный и вулканогенно-осадочный комплексы Отрожнинской пластины                                         | 31 |
| 3.1.1. Геологическое строение комплексов, и состав обломочных пород                                                 | 32 |
| 3.1.2. Геохимия вулканогенных пород                                                                                 | 43 |
| 3.1.3. U-Pb датирование цирконов                                                                                    | 49 |
| 3.2. Комплексы палеозойского (?) возраста (Толовская пластина)                                                      | 52 |
| 3.2.1. Геологическое строение комплексов и состав пород                                                             | 52 |
| 3.2.2. U-Pb датирование обломочных цирконов                                                                         | 55 |
| 3.3. Терригенные отложения средней юры, верхней юры – нижнего мела (Мавринская, Удачнинская пластины)               | 57 |
| 3.3.1. Геологическое строение района р. Левая Маврина (Мавринская пластина)                                         | 57 |
| 3.3.2. Геологическое строение междуречья Маврина-Снежная (Удачнинская пластина)                                     | 60 |
| 3.3.3. U-Pb датирование обломочных цирконов                                                                         | 63 |
| 3.3.4. Строение и состав туфо-терригенных пород                                                                     | 65 |
| <b>Глава 4.</b> Структурно-вещественные комплексы северо-западной части Алганского террейна                         | 68 |
| 4.1. Пластина «Нижняя»                                                                                              | 68 |
| 4.1.1. Геологическое строение                                                                                       | 68 |
| 4.1.2. U-Pb датирование обломочных цирконов                                                                         | 76 |
| 4.1.3. Состав обломочных пород                                                                                      | 78 |
| 4.1.4. Состав магматических пород                                                                                   | 81 |
| 4.2. Пластина «Верхняя»                                                                                             | 88 |
| 4.2.1. Геологическое строение                                                                                       | 88 |
| 4.2.2. Состав обломочных пород                                                                                      | 96 |
| 4.2.3. Состав магматических пород                                                                                   | 98 |

|                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.4. Состав кремнистых пород                                                                                                         | 101 |
| <b>Глава 5.</b> Тектоническая эволюция Усть-Бельского сегмента континентальной окраины Азии                                            | 110 |
| 5.1. Позднедокембрийский-раннепалеозойский этап                                                                                        | 110 |
| 5.2. Среднепалеозойский (поздний девон – ранний карбон) этап                                                                           | 111 |
| 5.3. Позднепалеозойский-раннемезозойский этап                                                                                          | 116 |
| 5.4. Позднеюрский— раннемеловой этап                                                                                                   | 117 |
| Заключение                                                                                                                             | 125 |
| Список литературы                                                                                                                      | 130 |
| Приложение 1. Содержание петрогенных и рассеянных элементов для вулканогенных пород Отрожнинской пластины                              | 144 |
| Приложение 2. Результаты локального U-Pb датирования (SHRIMP-II) обломочных цирконов в осадочных породах Отрожнинской пластины         | 146 |
| Приложение 3. Результаты U-Pb изотопных (LA-ICP-MS) анализов обломочных зерен цирконов                                                 | 148 |
| Приложение 4. Содержание петрогенных и рассеянных элементов вулканогенных пород северной части Алганского террейна                     | 155 |
| Приложение 5. Содержание петрогенных и рассеянных элементов в кремнистых породах "Верхней" пластины северной части Алганского террейна | 157 |

## ВВЕДЕНИЕ

**Степень разработанности темы исследования.** Тектоника активных континентальных окраин является одним из основных направлений геотектоники, в рамках которого были разработаны основы аккреционной тектоники, концепции коллажа террейнов и тектонической расслоенности литосферы. Изучение процессов и общих закономерностей формирования континентальных окраин Тихого океана и покровно-складчатых структур Тихоокеанского пояса остаются актуальными проблемами, решением которых занимаются многие отечественные и зарубежные творческие коллективы.

В конце 70-х и начале 80-х годов прошлого века были начаты комплексные тематические исследования структур Корякского нагорья. Большой вклад в изучение тектоники и картирование покровно-складчатых структур был сделан работами сотрудников АН СССР (Корякская экспедиция ГИН РАН и СВКНИИ ДВО РАН, а также ИЛСАН и ДВГИ ДВО РАН). Основные результаты были опубликованы в работах (Руженцев и др., 1979, 1981; Руженцев, Соколов, 1980; Тектоническая расслоенность литосферы, 1980; Аристов и др., 1982; Очерки тектоники Корякского нагорья, 1982; Казимиров, 1985; Григорьев и др., 1987; Брагин и др., 1987; Тильман, 1987; Геология юга Корякского нагорья, 1987; Богданов, Тильман., 1990; Пушаровский и др., 1992; Соколов, 1992; Ханчук и др., 1992; Вишневская и др. 1992; Ханчук, 1993; Чехович, 1993; Коваленко, 1996; Соколов, Бялобжеский, 1996).

Одним из важных объектов исследований были структуры Западно-Корякской складчатой системы, расположенной на границе Верхояно-Чукотской и Корякско-Камчатской складчатых областей. (Некрасов, 1976; Заборовская, 1978; Алексеев, 1981; Филатова, 1988; Ханчук и др., 1990; Голозубов и др., 2005; Геодинамика..., 2006). Позже, преимущественно сотрудниками ГИН РАН, на основании большого фактического материала были дополнены знания о строении и создана серия палеотектонических реконструкций континентальной окраины Азии. Основное внимание было сосредоточено на изучении Тайгоносского, Пенжинского и Пекульнейского сегментов (Бондаренко и др., 1999а, б; Соколов и др., 1999, 2001; Морозов, 2001; Sokolov et al., 2003; Палечек, Паланджян., 2007; Лучицкая, 2000; Леднева и др., 2009б).

**Актуальность исследования.** Несмотря на достаточно хорошую изученность Западно-Корякской складчатой системы в целом, до сих пор остается ряд противоречий в представлениях о геологическом строении и моделях тектонической эволюции. Это обусловлено неравномерной изученностью региона. Некоторые крупные участки остаются либо слабо изученными, либо изучены давно, без применения современных



аналитических методик. Это затрудняет проведение региональных корреляций, и делает не возможным или ограниченным включение подобных объектов в тектонические и геодинамические построения. Например, в Усть-Бельском сегменте исследования были сосредоточены главным образом на офиолитах, а изучению вмещающих комплексов уделялось недостаточно внимания. В Усть-Бельских горах на сравнительно ограниченной территории, совмещены разновозрастные и различные по составу образования, изучение которых дает возможность дополнить знания о тектонике и геодинамике Корякского региона. Более того, именно здесь можно наблюдать взаимоотношения Западно-Корякских (Усть-Бельский террейн) и Анадырско-Корякских (Алганский террейн) структур.

Говоря о возможном применении новых данных, стоит сказать, что они могут быть вписаны в известные геодинамические сценарии не только в масштабах Корякского нагорья и Северо-Восточного обрамления Азиатского континента. Исследуемые объекты имеют сходство с хорошо изученными объектами по всей северной периферии Тихого океана. Важно отметить неразрывную взаимосвязь в геологическом прошлом геодинамических событий в Северном Ледовитом и Тихом океанах (Тектоника..., 2009). Это определяет выбранный объект, как перспективный, для более глубоко понимания тектоники и истории развития бассейнов не только Тихоокеанского региона, но и Восточной Арктики

**Цель исследования.** Основной целью представляемой работы является разработка модели тектонической эволюции Усть-Бельского сегмента Западно-Корякской складчатой системы. Предлагаемая модель позволит восстановить последовательность, природу геологических процессов и событий для протяженного временного интервала, начиная с палеозоя до конца раннего мела.

**Задачами исследования.**

- Выяснить тектоническую позицию, особенности внутреннего строения и первичные взаимоотношения различных покровных комплексов.
- Определить возраст, состав и геохимические особенности кремнистых и вулканических пород.
- Определить нижний предел возраста осадконакопления и реконструировать основные источники сноса для разновозрастных осадочных бассейнов.
- Определить геодинамические обстановки для породных ассоциаций, входящих в различные покровные структуры

• Восстановить последовательность, природу геологических процессов и событий начиная с палеозоя до конца раннего мела.

**Фактический материал и методология исследования.** Автор в 2007 принимал участие в полевых работах, начатых в рамках комплексных исследований по международному проекту РФФИ 05-05-66047\_ЯФ\_а «Происхождение палеозойских метафиолитов в мезозойских аккреционных комплексах, образующих Циркум тихоокеанский орогенный пояс в Корякском нагорье», руководители А. Ишиватари (Япония, университет Тохоку), С.Д. Соколов (Россия, ГИН РАН). Также участвовал и организовывал полевые работы научных отрядов ГИН РАН в 2008 и 2011 годах. В 2012 году принимал участие в геолого-съёмочных работах ГДП-200 (ОАО «Георегион»), материалы которой приняты и защищены во ФГУП «ВСЕГЕИ» (Гульпа, 2014). В результате было выполнено несколько субширотных пересечений среднепалеозойских – мезозойских комплексов, вдоль которых были детально изучены ключевые и информативные участки. Были описаны естественные обнажения горных пород, а также собрана представительная коллекция образцов для лабораторных исследований. Собранный во время экспедиционных работ материал является оригинальным и не дублируется с данными иностранных и отечественных коллег. В состав изученных комплексов входят различные ассоциации и типы пород (вулканиты, терригенные, туфо-терригенные, кремнистые породы), а также различные их сочетания.

В качестве основной методики исследования использовался анализ структурно-вещественных комплексов (СВК), начиная со стадии полевых работ и геологического картирования и заканчивая лабораторным их изучением с применением современных методов и технологий. Выделение СВК проводилось на основе стратиграфических, литологических, вещественных и структурных критериев. Основой для интерпретаций различных комплексов и ассоциаций послужило определение их индикаторных особенностей: текстурно-структурные характеристики отложений, состав и возраст обломков, особенности геохимического состава осадочных и магматических пород. Выделенные комплексы датировались различными методами.

Диссертантом был пройден путь от опробования до получения аналитических данных. Этап пробоподготовки включал: дробление, истирание горных пород, извлечение объемных форм микроорганизмов. Автор самостоятельно работал на приборах: ICP-MS, XRF, SHRIMP-II, EPMA.

Было изучено более 500 петрографических шлифов, использовано около 50 геохимических анализов кремнистых и вулканических пород. Определение главных элементов производилось классическим методом мокрой химии (ГИН РАН). Определение

элементов-примесей производилось методом масс-спектрометрии (лаборатории АСИЦ ИПТМ РАН; ИМГРЭ).

Изотопные геохронологические исследования включают U-Pb датирование 4 магматических пород и обломочных зерен цирконов 5 проб разновозрастных осадочных пород. Датирование проводилось методом лазерной абляции (LA-ICP-MS) и на ионном микрозонде (SHRIMP-II) в лабораториях университетов г. Киото, г. Хиросима (Япония) и в лаборатории A2Z (США). Для подсчета и графического представления данных были использованы Excel макросы (Gehrels, 2013), а также Isoplot/Ex 4.15 (Ludwig, 2003). Конкордантность рассчитывалась как отношение  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  к  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  возрастов. Для анализа в расчет принимались зерна с дискордантностью не выше 30%. Отбор по дискордантности не проходили зерна с возрастом моложе 300 млн лет. Для зерен с возрастом старше 1 млрд лет, в расчет принимались их  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  возраста. Для зерен моложе 1000 млн лет –  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ .

Помимо этого, геохронологические исследования включают 2 Ar-Ar анализа, произведенные в университете г. Фэрбенкс (США).

В работе использованы новые определения микрофаунистических остатков. Конодонтовые элементы удовлетворительной сохранности были извлечены из 6 образцов, определения сделаны В.А. Аристовым (ГИН РАН). Радиоляриевым методом было датировано 13 образцов, определения сделаны Т.Н. Палечек (ГИН РАН).

**Научная новизна.** В качестве основных достижений работы можно рассматривать комплексный геодинамический анализ разновозрастных СВК Усть-Бельских гор. В работе впервые были датированы источники сноса терригенного материала для палеозойских и мезозойских осадочных пород. Подобные данные дополнили представления об осадочных системах, позволили реконструировать эродированные орогены, а также уточнить палеотектонические реконструкции с помощью анализа провинций сноса.

Были обнаружены осадочные породы докембрия, с возрастом самой молодой популяции обломочных цирконов  $1720 \pm 14$  млн. лет. Другие популяции указывают на размыв древней континентальной коры с возрастными 2045 и 2725 млн. лет.

Были выделены породные ассоциации и пластины в составе Алганского террейна, которые ранее интерпретировались как нормальная стратиграфическая последовательность. Впервые были определены и интерпретированы химические составы вулканитов и кремнистых пород различных пластин Алганского террейна. Выявлена гетерогенность вулканитов и черты их сходства с базальтами N-MORB и окраинных морей. Особенности состава пелитовых и кремнистых пород указывают на их накопление в различных палеофациальных зонах от открытого океана до окраинно-континентальных.

В работе приведены новые данные по строению и составу различных комплексов Отрожнинской пластины Усть-Бельского террейна. Подтверждено сходство базальтов вулканогенного комплекса с базальтами срединно-океанических хребтов. Обоснована тектоническая природа контакта между вулканогенным и вулканогенно-осадочным комплексами, при этом в основании осадочного разреза отсутствует типичная для офиолитов вулканогенно-кремнистая ассоциация пород. На основании состава терригенных пород, надсубдукционного генезиса андезитов и средних по составу туфов было установлено, что породы нижней части вулканогенно-осадочного комплекса накапливались вблизи конвергентной границы. Возраст пород верхней части вулканогенно-осадочного комплекса по остаткам конодонтовых элементов оценен как позднедевонский-раннекаменноугольный.

Результаты работ были опубликованы в виде статей в различных журналах, тезисов и докладывались на международных и всероссийских совещаниях

#### **Защищаемые положения:**

1. Установлен тектонический контакт вулканитов офиолитовой ассоциации и вулканогенно-осадочной толщи Отрожнинской пластины. Они образовались в разных геодинамических обстановках: вулканиты имеют состав океанических базальтов, а вулканогенно-осадочная толща накапливалась в предостроводужной обстановке.

2. В составе вулканогенно-осадочной толщи выделены 4 пачки, различающиеся по литологии и условиям осадконакопления. Накопление пачек 1 и 2 происходило в присклоновых частях бассейна вблизи конвергентной окраины. Верхняя часть (пачки 3, 4) образовалась в изолированном, более мелководном бассейне. Возраст детритовых цирконов и состав обломков указывают на резкую смену источника сноса.

3. В пределах Алганского террейна выделены две тектонические пластины. «Верхняя» пластина представлена серпентинитовым меланжем и включает блоки вулканогенно-кремнистого, вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного и туфотерригенного комплексов. Породы «Нижней» пластины представлены вулканогенно-туфотерригенным комплексом. Магматические породы по составу сходны с вулканитами окраинных морей и базальтов СОХ. Кремнистые породы имеют поздний аален-батский, бат-кимериджский, кимеридж-титонский, титон-берриасский и кимеридж-валанжинский возрасты. Особенности состава кремнистых пород указывают на их накопление в различных палеофациальных зонах от центральных частей океанического бассейна и до окраинно-континентальных.

4. Фундамент Удско-Мургальской дуги в Усть-Бельском сегменте имеет гетерогенное строение. Для поздней юры — раннего мела установлен латеральный ряд

структур: предостроводужный бассейн (туфотерригенные отложения Удачинской пластины), аккреционная призма («Верхняя» пластина Алганского террейна) и окраинное море («Нижняя» пластина).

**Благодарности.** Диссертационная работа подготовлена в Лаборатории тектоники океанов и приокеанических зон Геологического института РАН.

Выражаю глубокую признательность научному руководителю и идейному вдохновителю данной работы С.Д. Соколову, за его поддержку и подпитку идеями. Его влияние за время написания кандидатской, позволили автору получить необходимую уверенность и созреть как специалист.

Автор искренне признателен С.А. Паланджану за труд прочтения всего текста работы, обсуждение, конструктивную критику и замечания, которые позволили значительно улучшить диссертацию.

Я благодарен своим коллегам из Лаборатории тектоники океанов и приокеанических зон и других лабораторий Геологического института РАН: Г.В. Ледневой, А.В. Ганелину, М.И. Тучковой, А.Б. Кузьмичеву, Г.Е. Некрасову, А.И. Хисамутдиновой, Е.В. Ватрушкиной, Т.Н. Палечек, А., И.А. Войцику за поддержку и полезные консультации.

Особую благодарность я хочу выразить А.В. Соловьеву, К.Е. Дегтяреву, М.В. Лучицкой и А.В. Рязанцеву за интерес к ходу работы и полезные наставления.

Проведение и организация полевых работ были бы невозможны без участия в них С.Д. Соколова, Г. В. Ледневой, И.А. Войцика, Б.А. Базылева, С.А. Паланджяна. Отдельно хочется поблагодарить сотрудников Анадырской экспедиции ОАО «Георегион» В.В. Лебедева, Е.П. Исаеву, С.А. Аксенова, Т.В. Звизда и особенно И.В. Гульпа, за теплый прием, оказание всесторонней помощи и интерес к проводимым полевым работам.

Получение новых геохронологических данных явилось результатом совместных работ с иностранными коллегами из Японии Я. Хаясака и А. Ишиватари, которым я выражаю свою благодарность.

Особо признателен своим родным и близким за поддержку.

Работы по теме диссертации проводились при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 12-05-31432; 12-05-31432-мол\_а, 11-05-00074, 14-05-00031, 13-05-00249) и научных школ (НШ- 7091.2010.5, 5177.2012.5, 2981.2014.5). Частично аналитические работы проведены при поддержке “TGS”.

## **ГЛАВА 1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ АЗИИ (ЗАПАДНО-КОРЯКСКАЯ, АНАДЫРСКО-КОРЯКСКАЯ СЛАДЧАТЫЕ СИСТЕМЫ)**

На Северо-Востоке России, к востоку от Сибирской платформы в составе Тихоокеанского складчатого пояса принято выделять Верхояно-Чукотскую и Корякско-Камчатскую складчатые области, разделенные Охотско-Чукотским вулканическим поясом (рис. 1). Эти структуры имеют различные структурные планы и состоят из нескольких складчатых систем (Соколов, 1992; 2010). По возрасту складчатости Верхояно-Чукотская область относится к мезозоидам. Здесь характерен мозаичный рисунок с преобладанием северо-западных протираний основных элементов. Формирование континентальной окраины происходило в основном в результате коллизионных процессов.

Корякско-Камчатская складчатая область расположена к востоку от ОЧВП и имеет северо-восточное и восточное простираие структур, характерное для тихоокеанского обрамления. Данная область была образована в результате последовательного причленения к континенту со стороны океана разновозрастных и разнообразных в геодинамическом отношении террейнов. Корякско-Камчатская область включает Западно-Корякскую, Анадырско-Корякскую и Олюторско-Камчатскую складчатые системы. В данной главе рассматривается геологическое строение Западно-Корякской и Анадырской-Корякской складчатых систем. Для более дробного тектонического подразделения в работе используется террейновая терминология (Парфенов и др., 1993; Nokleberg et al, 1992) и упрощенный макет карты террейнов Корякского нагорья (Соколов, 2010).

### **1.1. Западно-Корякская складчатая система**

Западно-Корякская складчатая система расположена на границе Верхояно-Чукотской и Корякской-Камчатской складчатых областей. Она охватывает позднемезозойские структуры северного побережья Охотского моря (п-ова Кони, Пьягина, Тайгонос) и продолжается на северо-восток вдоль бассейнов рек Пенжины и Майн, Мургальского и Ичигемского хребтов до среднего течения р. Анадырь. По возрасту главной складчатости система относится к поздним мезозоидам. Внутренняя структура имеет линейную ориентировку, дискордантную по отношению к структурному плану окружающих областей. По структурным особенностям может рассматриваться в качестве самостоятельной складчатой области (Охотской по т. 30 «Геология СССР»).

В различных работах структуры Западно-Корякской складчатой системы выделялись под названиями Таловско-Майнской, Таловской-Пекульнейской и Пенжинско-Анадырской зон (Александров, 1978; Алексеев, 1981; Очерки..., 1982) или Кони-Тайгоносской

(Некрасов, 1976; Заборовская, 1978) и Кони-Танюерской (Очерки..., 1982) складчатых систем.

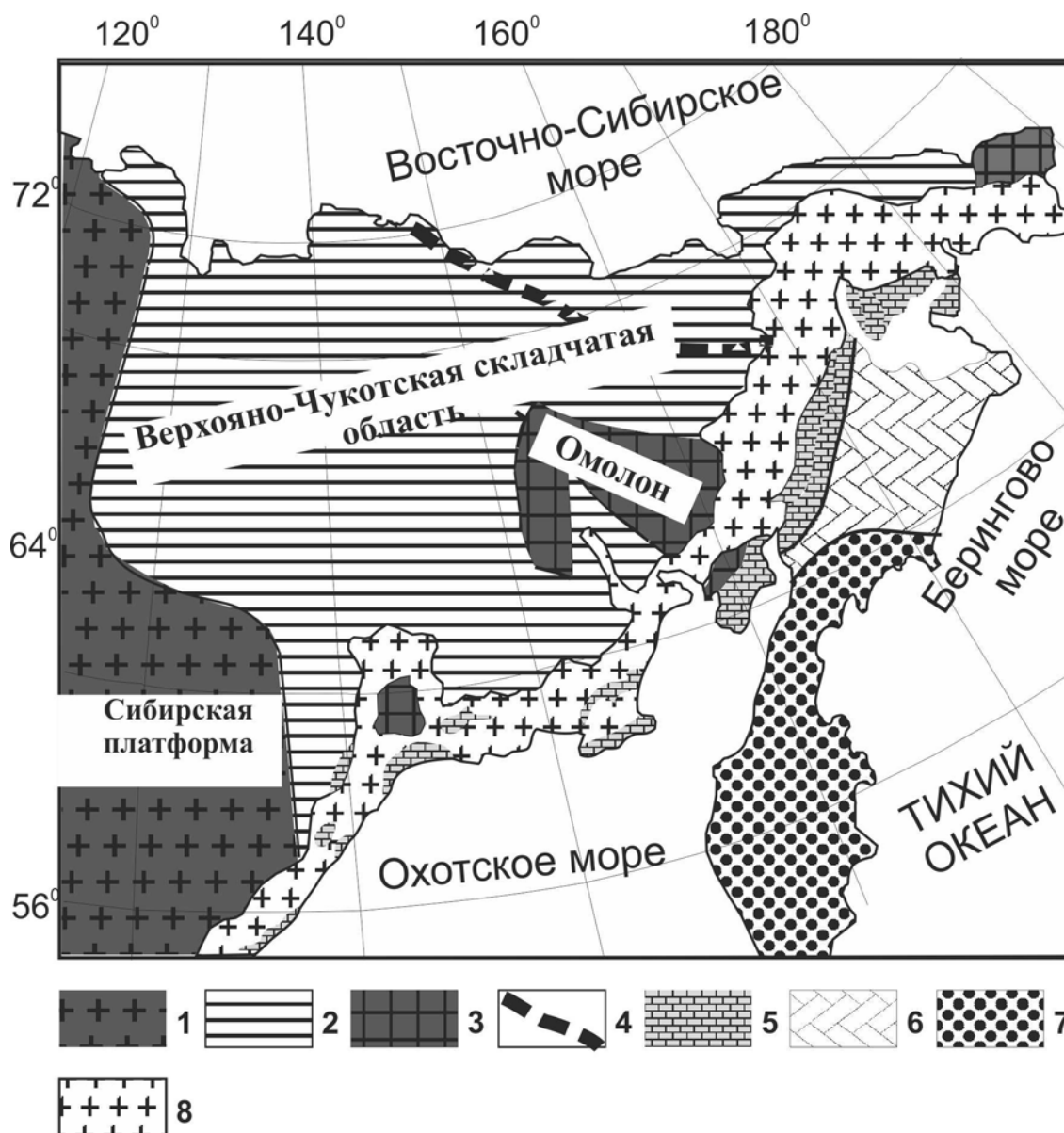


Рисунок 1. Тектоническая схема Северо-Востока Азии (Соколов, 2010).

Условные обозначения: 1 – Сибирская платформа; 2-4 – Верхояно-Чукотская складчатая область: 2 – палеозойско-мезозойские отложения, 3 – террейны с континентальной корой; 4 – Южно-Ануйская коллизионная сутура; 5-7 – Корякско-Камчатская складчатая область: 5 – Западно-Корякская складчатая система, 6 – Анадырско-Корякская складчатая система, 7 – Олюторско-Камчатская складчатая система; 8 – Охотско-Чукотский вулканогенный пояс.

Развитые в пределах складчатой системы комплексы характеризуются широким распространением островодужных вулканогенно-осадочных образований в возрастном интервале от карбона до конца раннего мела (Белый 1974; 1981; Некрасов, 1976; Заборовская, 1978; Филатова, 1988). В принятой в работе тектонической схеме данные

образования относятся к *Тайгоносскому, Харитонинскому и Мургальскому островодужным* террейнам (рис. 2). Изучение островодужных террейнов позволило установить долгоживущую конвергентную границу, а также выявить этапность в ее эволюции. Так, в работе С.Д. Соколова (Соколов, 1992) была обоснована необходимость различать более древнюю позднепалеозойско-раннемезозойскую Кони-Тайгоносскую и позднеюрско-раннемеловую Удско-Мургальскую островодужные системы. Со стороны океана к конвергентной окраине причленялись различные террейны палеозойского и мезозойского возраста (Тектоника..., 1980; Очерки..., 1982; Парфенов, 1984; Филатова, 1988; Богданов и др., 1992; Соколов, 1992, 2003, 2010; Соколов и др., 1997б; Соколов и др., 1999). Широко представлены офиолитовые террейны (*Куюльский, Ганычаланский, и Усть-Бельский*), а также террейны, включающие структуры аккреционных призм Удско-Мургальской дуги (Береговой, Айнынско-Майнский). В современной структуре данные террейны сосредоточены вдоль узкой полосы, вытянутой в СВ направлении более чем на 750 км, от п-ова Тайгонос до Усть-Бельских гор.

Начиная с позднего альба (Белый, 1981; Филатова, 1988; Tikhomirov et. al., 2012) происходит коренная перестройка геодинамической обстановки на СВ Азии, что маркируется заложением Охотско-Чукотского вулканогенного пояса.

### **Островодужные террейны**

*Тайгоносский террейн.* На севере через Пылгинскую зону смятия породы Тайгоносского террейна (см. рис. 2) граничат с метаморфическими породами докембрия и нижнего палеозоя (Авековский кратонный террейн, Верхояно-Чукотская складчатая область). С юга они ограничены Восточно-Тайгоносским поясом гранитоидов, образованным полифазными интрузиями гранитов и гранодиоритов раннемелового возраста (Бондаренко и др., 1999а; Лучицкая, 2000). Тайгоносский террейн объединяет вулканогенно-осадочные отложения полуостровов Тайгонос, Кони и Пьягина. Наиболее детально палеозойско-меловые вулканогенно-осадочные образования освещены в работах (Некрасов, 1976; Заборовская, 1978; Филатова, 1988). В их составе выделяются три основных осадочно-вулканогенных трансгрессивно-регрессивных цикла. Островодужный вулканизм наиболее интенсивно проявлен в поздней перми, позднем триасе и ранней юре. Данные породы являются фундаментом для верхневолжско-нижнемеловых вулканогенно-осадочных образований Удско-Мургальской дуги (Соколов, 1992).

*Мургальский террейн* сложен мелководными морскими и континентальными вулканогенными, вулканокластическими и туфогенно-осадочными отложениями верхней юры — альба, накапливающимися в осевой и преддуговой частях Удско-Мургальской островной дуги. Строение этой полосы наиболее подробно рассмотрено в работах



В.Ф.Белого и Н.И.Филатовой (Белый 1974; 1981; Филатова, 1988). Островодужный комплекс прорван интрузиями диоритов, гранодиоритов, тоналитов и плагиогранитов (105 млн лет, К/Аг метод) и перекрывается несогласно мелководными морскими и континентальными отложениями апта-альба.

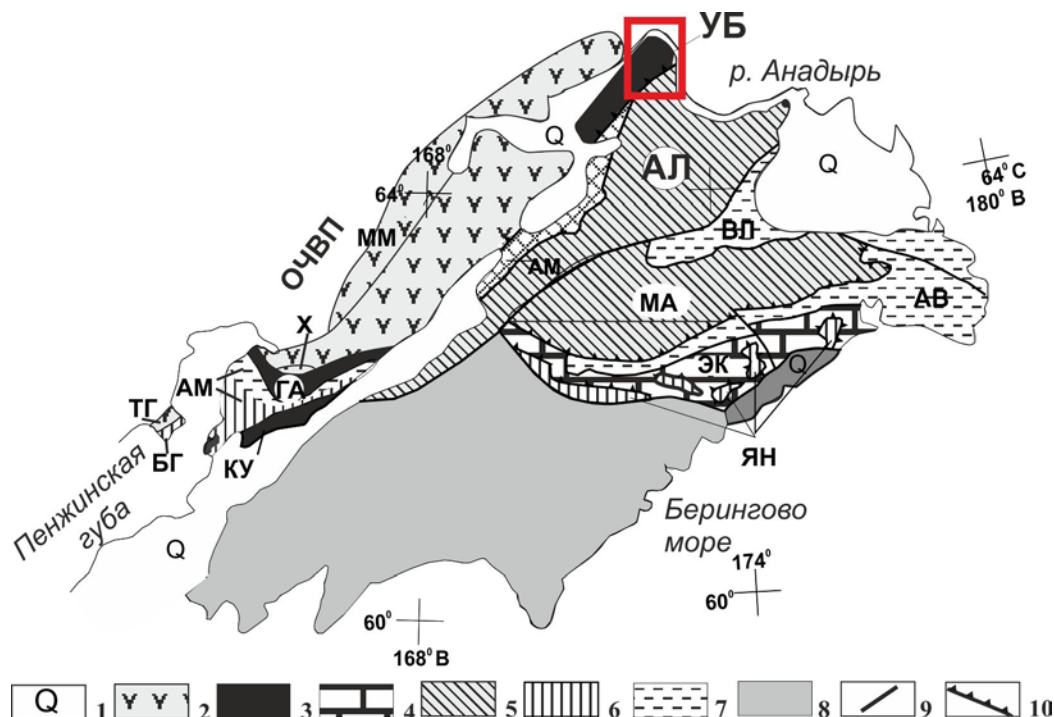


Рисунок 2. Схема террейнов Корьякского нагорья (по Соколов, Бялобжецкий, 1996 с изменениями). Прямоугольником отмечен район исследования (геологическая карта, рис. 5).

Условные обозначения: 1 – палеоген – четвертичные отложения; 2 - 6 – террейны с преобладанием комплексов: 2 – островодужных; 3 – офиолитовых; 4 – океанических; 5 – окраинноморских; 6 – аккреционных призм; 7 - терригенных, включая турбидиты ; 8 – структуры Олюторско-Камчатской складчатой системы; 9 – границы террейнов; 10 – надвиги.

Буквами обозначены террейны: ТГ – Тайгоносский террейн; ММ – Мургалский; Х – Харитонинский; УБ – Усть-Бельский; ГА – Ганычаланский; БГ – Береговой; КУ – Куюльский; АМ – Айнынско - Майнский; АЛ – Алганский; ВЛ – Великореченский; МА – Майницкий; АВ – Аькатваамский; ЭК – Эконайский; ЯН – Янранайский. Сокращения: ОЧВП – Охотско-Чукотский вулканогенный пояс.

Харитонинский террейн сложен туфо-терригенными, вулканогенными и известково-терригенными отложениями карбона, перми, триаса и нижней-средней юры. Отложения содержат бореальную фауну и флору ангарского типа.

## Террейны аккреционных призм

*Береговой террейн* включает чешуйчато-надвиговые комплексы южной части полуострова Тайгонос (мыс Поворотный, п-ов Елистратова). Здесь развиты офиолиты и базальт-кремнистые комплексы, которые объединялись в кингивеевскую свиту (Некрасов, 1976; Заборовская, 1978). Исследования (Chekhov et al., 1995; Вишневская и др., 1998; Бондаренко и др., 1999а; Палечек, Паланджян, 2007) позволили пересмотреть прежние представления. Мыс Поворотный сложен серией крупных тектонических пластин, разделенных полосами серпентинитовых меланжей. Для пластин свойственно сложное внутреннее строение, развиты чешуйчатые структуры, дуплексы, для флиша — горизонты «broken formation» и терригенного меланжа. На южном окончании развиты преимущественно океанические комплексы, которые относятся к кингивеевскому типу разреза. Выделяются 4 пластины (кингивеев-1, 2, 3, 4), сложенные среднетриасово-нижнемеловыми породами базальт-кремнистой ассоциации, сильно дислоцированными породами дайкового комплекса и амфиболовыми габбро. Все пластины разделены зонами меланжа, в которых встречаются блоки пород дайкового комплекса, ультрабазитов и габброидов. Породы габбро-гипербазитового комплекса рассматриваются как фрагменты меланократового фундамента. Между пластинами кингивеев 1, 2 и кингивеев 3,4 залегает пластина, сложенная турбидитами верхней части средней и нижней части верхней юры («Поворотненский» флиш).

Севернее «кингивеевского» типа разреза расположены волжско-валанжинские вулканогенно-терригенные образования (Лагерный тип разреза). Комплекс разбит на ряд пластин, разделенных зоной меланжа. Вулканиды представлены лавами, лавобрекчиями, кластолавами, которые отвечают вулканитам энсиматических островных дуг (Chekhov et al., 1995; Бондаренко и др., 1999а). Вулканогенные породы содержат прослои и пачки полимиктового и вулканомиктового терригенного флиша. Структурно вверх островодужный комплекс надстраивается мощной толщей микститов. Лагерный и кингивеевский комплексы разделены зоной Главного серпентинитового меланжа, который включает блоки гранатовых амфиболитов, зеленых сланцев, metabазальтов, метакремней и мраморов (Соколов и др, 1999). Возраст амфиболитов из блока меланжа (Ar-Ar) 130-140 млн. лет. (Бондаренко и др., 1999б), что, вероятно, соответствует времени выведения офиолитов.

*Айнынско-Майнский террейн* комплексы протягиваются в северо-восточном направлении вдоль правобережья р. Пенжины и до бассейна р. Анадырь. Сложен главным образом турбидитами верхней юры— нижнего мела. Весь терригенный разрез имеет чешуйчато-надвиговое строение. К подошве некоторых пластин приурочены

серпентиниты и зоны серпентинитового меланжа. В составе пластин встречаются глинистые сланцы, известковистые песчаники и известняки ордовика —силура и среднего-верхнего девона; известково-терригенные и туфо-терригенные отложения карбона-нижней перми, верхней перми, триаса, верхней юры и нижнего мела, а также редкие тела гипербазитов, серпентинитового меланжа и метаморфических пород. Встречаются олистостромовые горизонты. В северной части, в бассейне рек Ваеги и Мукарылян, обнажены известняки силура, девона, карбона, перми, туфо-терригенные породы триаса и верхней юры-нижнего мела (Очерки..., 1982). Они слагают систему чешуй, наклонённых к северо-западу, мощностью в несколько сот метров. Широко развиты зоны меланжа, катаклаза и милонитов.

### **Офиолитовые террейны**

*Куюльский террейн* слагает юго-восточные склоны Таловских гор. Сложен серпентинитовым меланжем, который представляет собой аллохтонную бескорневую пластину, погружающуюся в северо-западном направлении (Александров, 1978; Чехов, 1982; Соколов, Бялобжеский, 1996). В меланже в виде тектонических пластин, смятых в сложные складки, встречаются фрагменты офиолитового разреза океанического, супрасубдукционного и внутриплитного генезиса. В работах (Григорьев и др. 1995; Соколов, Бялобжеский, 1996) была выделена следующая последовательность пластин (снизу вверх): Удачная, Веселая, Ганкуваямская, Уннаваямская.

Пластина Удачная сложена серпентинитовым меланжем с блоками амфиболитов, зеленых и реже глаукофановых сланцев, базальтов и базальтовых даек. Также встречаются мраморы и метакремни, которые могли образоваться по породам кингивеевской свиты. Большой разброс датировок получился для метаморфических пород, генезис которых остается неясным. Для амфиболитов с реликтами габбровой структуры, K/Ar методом по роговой обманке получена цифра  $324 \pm 3$  млн. лет (Ханчук и др., 1990). Для двух образцов метаморфических пород из меланжа в бассейне р. Таловка Rb/Sr методом получены возрасты  $92 \pm 10$  и  $139 \pm 6$  млн. лет (Виноградов и др., 1994).

Пластина Веселая сложена серпентинитовым меланжем с блоками вулканогенно-кремнистых пород кингивеевского типа: базальты, известняки, кремни. Блоки кремнистых и карбонатных пород содержат микрофауну (фораминиферы, конодонты, радиолярии) позднепермского (?), среднетриасового, норийско-байосского и батско-раннетитонского возрастов. По петрохимическому составу базальты пластины Веселой близки к океаническим толеитам типа N-MORB.

Вышележащая Ганкуваямская пластина включает в себя наиболее полный разрез офиолитов, сформированных предположительно в надсубдукционных условиях

(Паланджян, 1992). Она имеет синформное строение и расслоена зонами серпентинитового меланжа. В нижней части развиты гарцбургиты, реже лерцолиты. Выше расположены габброиды. Вдоль контакта с вулканогенными образованиями встречаются тела габбро-диабазов, диабазов и плагиогранитов, являющиеся фрагментами дайкового комплекса. Верхняя вулканогенная часть разреза сложена базальтами нередко с шаровой отдельностью. В кремнях были найдены радиолярии средней-поздней юры (Вишневская и др., 1992). U-Pb возраст цирконов из плагиогранита и плагиоклаз-амфиболовой породы составляет  $157 \pm 4$  и  $146.3 \pm 3.7$  млн. лет соответственно (Леднева, Матуков, 2009).

*Ганычаланский террейн* имеет сложное строение и состоит из нескольких тектонических пластин, смятых в крупную антиформу. Выделяются три покровных комплекса: Ильпенейский, Калимиткинский и Эльгимаинский (Некрасов и др., 2001).

Ильпенейский комплекс представлен метаморфизованными базальтами, карбонатными и кремнисто-терригенными породами. Возраст метаморфизма 325 млн. лет (K-Ar метод, Добрецов, 1974) и 327 млн. лет (Rb-Sr метод, Виноградов и др., 1994). Типичный глаукофановый метаморфизм свидетельствуют о его субдукционной природе.

Ильпенейский комплекс перекрыт Калисимиткинским покровом. В его разрезе выделяются четыре пластины. Нижняя пластина сложена габбро-амфиболитами, мигматизированными амфиболитами и плагиогранитами. Средний U-Pb возраст жил и линз плагиогранитов из подошвы Калисимиткинского покрова составляет  $531.5 \pm 5$  млн. лет. Следующая пластина образована породами полосчатого ультрабазит-габбрового комплекса, сменяющимися вверх по разрезу гнейсовидными лейкократовыми габбро. Предпоследняя пластина является серпентинитовым меланжем. Блоки представлены нижележащими габброидами, амфиболитами и серпентинизированными ультрабазитами. Также встречаются крупные глыбы кремнисто-терригенных пород, которые датированы ордовиком (Ханчук и др., 1992; Соколов и др., 1997а). Завершается разрез покровного комплекса пластиной монотонных филлитов верхней перми (Некрасов и др., 2001).

Верхний Эльгимаинский покровный комплекс представляет собой разрез дезинтегрированных офиолитов. В основании представлен серпентинитовым меланжем с блоками ультрабазитов, габбро, плагиогранитов, базальтов, кремнистых, терригенных и метаморфических пород. Выше залегают габброиды и габбро-амфиболиты, чередующиеся с троктолитами, верлитами и плагиогранитами (Ar-Ar возраст роговых обманок из габбро  $559 \pm 3$  млн. лет (Ханчук и др., 1992). Базальтово-кремнистые образования офиолитовой ассоциации согласно надстраиваются рифогенными известняками и замещающими их вверх по разрезу плохо сортированным конгломератами. В гальке известняков обнаружены конодонты среднего ордовика и археоциаты раннего кембрия, видовой

состав которых характерен для биоценозов Катазии и Северной Америки (Ханчук и др., 1992). По комплексу фауны конгломераты и рифогенные известняки датируются средним-поздним ордовиком (Белый и др., 1984; Ханчук и др., 1992; Соколов и др., 1997a). Завершается разрез Эльгиминайского покрова граптолитовыми сланцами среднего ордовика – раннего силура. Геохимические характеристики габброидов и базальтов свидетельствуют об их формировании в океанических условиях (Ганелин, Пейве, 2001; Некрасов и др., 2001).

*Усть-Бельский террейн* состоит из нескольких тектонических пластин (Александров, 1978), объединенных в аллохтонный комплекс, надвинутых на мезозойские породы Анадырско-Корякской складчатой системы (Алганский террейн) (см. рис. 2, 3). В основании аллохтона находится Утесинская пластина, сложенная вулканогенно-кремнистыми породами палеозоя. Она перекрыта среднеюрскими туфотерригенными породами Мавринской пластины. Выше расположены две офиолитовые пластины — Отрожнинская и Толовская, сложенные в основании мантийными ультрабазитами, габброидами, диабазами, базальтами, которые перекрываются кремнями, известняками, песчаниками и туфами с фауной среднего девона-нижнего карбона. Между двумя офиолитовыми пластинами зажаты породы поздней юры—раннего мела, отнесенные к Удачинской пластине. С севера пакет пластин тектонически перекрыт породами ультрабазит-габбрового Усть-Бельского комплекса. Более подробно строение Усть-Бельского террейна рассмотрено в следующей главе.

## **1.2. Анадырско-Корякская складчатая система**

Выделяется в пределах Корякского нагорья. По возрасту складчатости данная система относится к поясу кайнозойской складчатости. Принципиально новый мобилистский подход к тектонике региона был предложен П.Н. Кропоткиным и К.А. Шахварстовой (Кропоткин, Шахварстова, 1965). Современные представления о строении Корякского нагорья в значительной мере базируются на исследованиях Корякской геологической экспедиции, организованной ГИН РАН и СВКНИИ ДВО РАН (А.А. Александров, Н.А., Богданов; С.Г. Бялобжеский, В.Н. Григорьев, Т.В. Звизда, О.Н. Иванов, А.Д. Казимиров, Ю.А. Колясников, Л.Л. Красный, С.А. Паланджян, А.А. Пейве, А.Н. Петров, В.П. Похилайнен, С.В. Руженцев, С.Д. Соколов, В.Е. Хаин; А.Д. Чехов), а также на более ранних исследованиях В.Ф. Белого, В.А. Захарова, Г.Г. Кайгородцева, Г.П. Тереховой, В.А. Титова.

В Корякском нагорье были выделены Корякская и Эконайская системы покровов и несколько структурно-формационных зон (Руженцев и др., 1979; Очерки..., 1982; Соколов, 1992). Характерно северо-восточное и субширотное простирание структур.

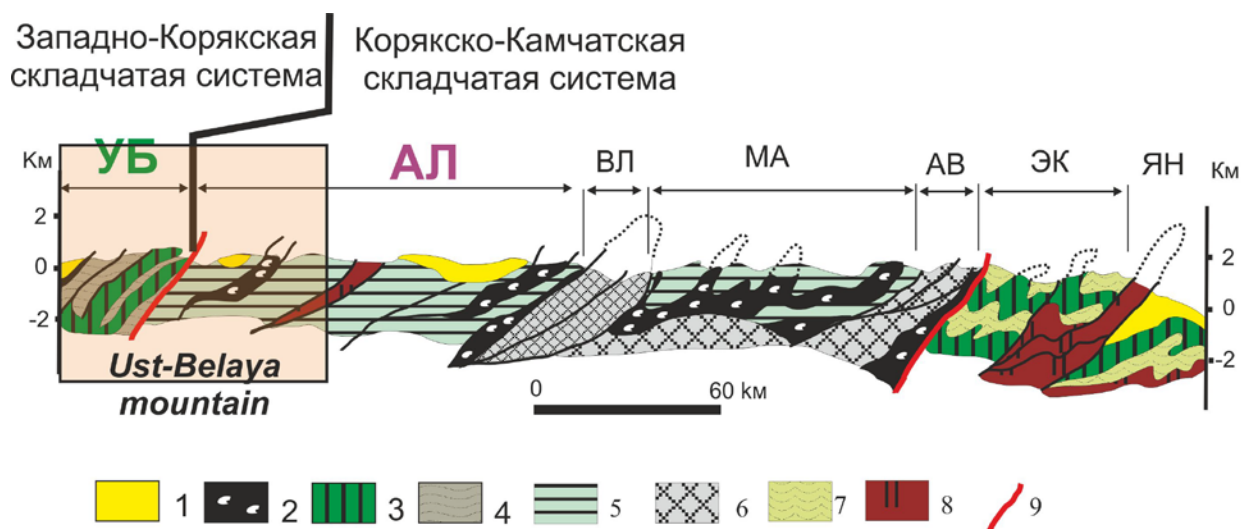


Рисунок 3. Геологический профиль через северную часть Корякского нагорья (по Соколов, 2003 с изменениями).

Условные обозначения: 1 – постаккреционные позднемиоценовые-палеогеновые образования; 2 – серпентинитовые меланжи; 3 – офиолиты; 4 – терригенные отложения и известняки (палеозой-нижний мезозой); 5-7 – позднеюрские-раннемеловые ассоциации: 5 – вулканогенно-кремнисто-терригенная; 6 – туфо-терригенная; 7 – терригенная; 8 – базальт-яшмовая ассоциация; 9 – тектонические границы.

Буквами обозначены террейны: УБ – Усть-Бельский; АЛ – Алганский; ВЛ – Великореченский; МА – Майницкий; АВ – Алякватваамский; ЭК – Эконайский; ЯН – Янранайский.

Позднее тектоническое районирование было выполнено на принципах террейнового анализа. В юго-восточном направлении выделяются следующие террейны: Алганский, Майницкий, Великореченский, Алякватваамский, Эконайский и Янранайский.

Алганский террейн занимает междуречье Анадыря, Майна и Великой. На северо-западе, в районе Усть-Бельских гор породы Алганского террейна перекрыты структурами Западно-Корякской складчатой системы (Усть-Бельский террейн). Более подробно строение зоны перехода двух складчатых систем и северо-западной части Алганского террейна рассмотрены в следующей главе. На востоке комплексы Алганского террейна шарьированы на терригенные отложения Великореченского террейна. Вдоль восточной границы локализованы выходы габброидов и перидотитов, и вполне возможно, что Алганский террейн полностью находится в аллохтонном залегании (Соколов, 1992).

Наиболее распространены среднеюрские-раннемеловые вулканогенно-кремнисто-терригенные отложения алганской свиты (ранее пекульнейвеемской (Кайгородцев, 1961)). Характерны системы чешуй с преобладанием юго-восточной вергентности, тела серпентинитовых меланжей, многочисленные зоны катаклаза и милонитизации; часто породы превращены в сплошные поля цеолит-пренит-цоизит-хлоритового агрегата. В таких случаях за породами закрепилось местное название «шуха». В.Б. Шмакин (Шмакин,

1988) отмечал аномальную тектонизацию пород и выделил несколько породных ассоциаций: яшмово-базальтовую, кремнисто-песчанистую, флишевую, кремнисто-алевритовую, песчано-песчанистую. Контакты между литологическими разностями часто сорванные. По вещественному составу вулканитов различают островодужные и окраинно-морские вулканиты (Филатова, Вишневская, 1992).

Вышележащие отложения представлены мощными (3-5 км) терригенными породами перекатнинской свиты позднеальбского-туронского возраста (Легенда..., 1999), которые рассматриваются как постамальгамационный комплекс (Соколов, Бялобжеский, 1996).

*Майницкий террейн* расположен в междуречье Великая и Хатырка. Серпентинитовые меланжи приурочены к основанию террейна. Они широко развиты вдоль восточной и южной границы и имеют покровные взаимоотношения с Алькатваамским и Эконайским террейнами (Очерки..., 1982; Соколов, 1992). Состав глыб в меланжах разнообразный: гипербазиты, габброиды, плагиограниты, различные вулканиты, кремни, известняки палеозойского-раннемезозойского возраста, фрагменты среднеюрских—раннемеловых пород, амфиболиты, зеленые и глаукофановые сланцы. Офиолиты гетерогенны (Очерки..., 1982; Паланджян, 1992; Филатова, Вишневская, 1992). Различаются позднепалеозойские — раннемезозойские и позднемезозойские офиолиты, образованные в океанических и островодужных геодинамических обстановках.

Тектонически выше меланжей залегают комплексы вулканогенно-кремнисто-терригенной чирынайской серии (является аналогом среднеюрской-нижнемеловой алганской свиты (Шмакин, 1988). Породы чирынайской серии перекрыты флишевыми отложениями альба-верхнего мела.

*Великореченский террейн* расположен в нижнем течении р. Великой между Майницким и Алганским террейнами, где обнажается клиновидная полоса терригенных отложений мощностью до 5 км. (Зинкевич, 1981; Очерки..., 1982). Они слагают чешуйчато-надвиговую структуру. Сложены в основании флишем альбского-коньякского возраста и перекрыты мелководными и континентальными толщами сенон-датского возраста. Возможны две интерпретации меловых отложений, их можно выделить как самостоятельный террейн или объединить с постамальгамационными отложениями Алганского и Майницкого террейнов (Соколов, Бялобжеский, 1996).

*Алькатваамский террейн* сложен мощными (до 5-6 км.) терригенными, часто флишеидными сериями верхней юры — нижнего мела и верхнего мела — палеоцена (Очерки..., 1982). Внутреннее строение сложное. Выделяются несколько самостоятельных тектонических пластин, разрезы которых имеют различные стратиграфические,

литологические и фациальные особенности. В составе некоторых пластин встречаются вулканогенно-осадочные образования островодужной природы. Фундамент юрско-меловых отложений обнажается в зонах серпентинитовых меланжей, состоящих, главным образом, из блоков офиолитов позднего палеозоя — раннего мезозоя.

*Эконайский террейн* имеет сложную покровно-складчатую структуру с лежащими и опрокинутыми складками, которые несогласно перекрываются постаккреционными отложениями верхнего маастрихта—палеоцена (Руженцев и др., 1979; Очерки..., 1982; Соколов, 1992). Выделяются несколько покровов, которые можно рассматривать как самостоятельные тектоно-стратиграфические комплексы: туфо-терригенные отложения верхней юры—мела; ультрабазиты и габбро; габбро, плагиограниты, дайковый комплекс; вулканогенно-кремнистые ассоциации карбона — нижней юры; туфо-терригенные отложения, кремнисто-глинистые и грубообломочные отложения верхнего палеозоя, триаса. Породы были образованы в различных тектонических зонах и геодинамических обстановках. Выделяются островодужные образования, внутриокеанические плато, терригенные образования активной континентальной окраины, а также шельфовые обстановки.

*Янранайский террейн* представляет собой аккреционную призму, которая сложена терригенными породами, в том числе турбидитами, базальт-яшмовыми ассоциациями и олистостромами (Григорьев и др., 1987; Очерки..., 1982; Соколов, 1992; Grigoriev et al., 1994). Базальт - яшмовые ассоциации являются фрагментами океанической коры, сорванными с погружающихся литосферных плит. Среди базальтов выделяются толеиты СОХ и базальты океанических островов. Выделяются несколько разновозрастных ассоциаций. Яканувеемская пластина сложена базальтами, яшмами, радиоляритами титона-валанжина. Они перекрываются алевролитами и вулканомиктовыми песчаниками готерива-апта. Якенмывеемская и Ваамычгынская пластины представлены базальтами, гиалокластитами, радиоляритами альб-сенонского возраста и известняками сентон-кампанского возраста. Верхняя часть сложена терригенными породами и олистостромами.

Из приведенного обзора видна разница в строении и составе Западно-Корякской и Анадырско-Корякской складчатых систем. Рассматриваемый Усть-Бельский регион находится в зоне сочленения этих складчатых систем. В работе представлены результаты изучения различных структурно-вещественных комплексов Усть-Бельского региона, которые проводились с целью выяснения особенностей их строения, состава, возраста и геодинамических обстановок формирования.



## ГЛАВА 2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА УСТЬ-БЕЛЬСКИХ ГОР

Усть-Бельские горы расположены в правобережье крупной излучины среднего течения р. Анадырь. Структуры Усть-Бельских гор принадлежат северо-западному флангу Корякско-Камчатской складчатой области, где тектонически совмещены различные структурно-вещественные комплексы широкого возрастного диапазона.

Планомерные геологические исследования данного района были начаты в 1956 г. во время съемки масштаба 1:500000, проведенной В.В. Гавриловым к югу от р. Анадырь. Были получены первые сведения о геологическом строении данного региона. Позже геолого-съемочные работы выполнялись В. Г. Кальяновым (Кальянов, Беляцкая, 1962; Кальянов, Силкин, 1961) в масштабе 1:200000 и Г. И. Агальцовым (Агальцов, Беляцкая, 1961), В. И. Шкурским (Шкурский и др., 1963), В. Г. Силкиным (Силкин, Куприенко, 1962) в масштабе 1:50000. Результаты этих работ были использованы в качестве основного материала при составлении геологической карты для западной части территории Корякского нагорья (Захаров, 1974). Этими исследователями были изучены девонские, нижнекаменноугольные, юрские (средний и верхний отделы), меловые, палеогеновые, неогеновые и четвертичные отложения и обнаружена промышленная золотоносность аллювия руч. Отрожного. Большое значение имели стратиграфические исследования Г.П. Тереховой (Терехова 1957, 1958), а в изучении гипербазитов— специальные работы Г.Г. Кайгородцева (Кайгородцев, 1961), и геолого-петрографические исследования В.Г. Силкина и В.Е. Стерлиговой (Силкин, Стерлигова, 1973). Район Усть-Бельских гор рассматривался как сложно построенный антиклинорий, в ядре которого обнажаются палеозойские породы, а фланги сложены отложениями мезозоя — кайнозоя. Тела основного и ультраосновного состава, интерпретировались как интрузивные. Помимо этого, существовало мнение, что в его пределах развит региональный глубинный разлом, который прослеживается по интрузиям основного и ультраосновного состава.

Современное представление о покровно-чешуйчатом характере структуры Усть-Бельских гор и океанической природе офиолитов сформулировано в работах А.А. Александрова (Александров, 1978; 1978). Отдельные вопросы тектоники и геологии офиолитов Усть-Бельских гор изучались Г.В. Пинусом, В.В. Велинским, Т.А. Смирновой, Г.Е. Некрасовым, М.С. Марковым, С.А. Паланджяном, Г.Г. Дмитренко (Пинус, Велинский, 1973; Марков и др., 1982; Palandzhyan et al., 1996; Паланджян, 1992 Некрасов и др., 2001). Согласно данным предшественников, в покровно-чешуйчатой структуре Усть-Бельских гор выделяются несколько покровных единиц, погружающихся в западных и северо-западных румбах. Строение отдельных пластин и их количество является предметом дискуссий (Александров, 1978; Марков и др., 1982; Паланджян, 2000).

В восточной части Усть-Бельской территории, восточнее бассейна р. Левая Маврина, широко развиты вулканогенно-кремнисто-терригенные породы. Первоначально эти породы на карте масштаба 1:1000000 были включены в состав позднемеловой алганской свиты (Васецкий, 1962). Позднее на карте 1:200000 под редакцией В.А. Захарова (Захаров, 1974) были выделены три толщи. Большая часть пород была включена в состав позднеюрской — раннемеловой пекульнейвеемской свиты на основании сходства и стратиграфического положения данных пород со стратотипом, описанным в хр. Пекульней (Кайгородцев, 1961). В Усть-Бельском районе по единичным находкам ауцелл и радиолярий эта свита условно была разделена на две подсвиты ранневаланжинского и средневаланжинского возраста. Их с несогласием перекрывают сеноман-туронские грубые терригенные породы.

По остаткам, *Inoceramus porrectus* Eichw, *Retroceramus bulunensis* Kosch., *R. Vagt* Kosch, туфо-терригенные отложения бассейна р. Левая Маврина были отнесены к среднеюрским образованиям. Там же в поле распространения среднеюрских пород были описаны тела известняков, которые условны были отнесены к девонской системе. Непосредственный контакт пекульнейвеемской свиты и среднеюрских осадков обнаружен не был, а среднеюрская фауна была собрана только в нижней части вмещающих отложений. Таким образом, В. А. Захаров не исключал возможности постепенного перехода между двумя толщами.

В ходе разномасштабного картирования в Анадырско-Корякском регионе среди разновозрастных отложений пекульнейвеемской и чирынайской свит (Александров, 1978) была обнаружена фауна триаса, ранней и средней юры (Невретдинов, Лебедев, 1987; Терехова, 1987; Грецкий, 1989; Вяткин, 1990; Крымсалова, 1990; Филатова, Вешневская, 1992; Вишневская, 2001). В последней легенде к Корякской серии листов (Легенда..., 1999) вулканогенно-кремнисто-терригенные породы восточной части Усть-Бельских гор, относимые ранее к пекульнейвеемской свите, были включены в состав алганской свиты байос-готеривского возраста. Свита по особенностям строения разбита на две подсвиты. В нижней части преобладают базальтоиды и кремнистые породы, которые перекрываются туфо-терригенными породами. Общая мощность свиты оценивается в 3400-3700 м. Среднеюрские туфо-осадочные породы бассейна р. Левая Маврина отнесены к Чахматкуульской свите, которая охарактеризована ортостратиграфическими группами двустворок и остатками аммонитов от раннего аалена до бата включительно мощностью 640 м.

Стратиграфические исследования с применением радиоляриевого анализа выявили большое разнообразие комплексов. В породах междуречья Левая Маврина — Утесики

были выделены позднеитон-готеривский и позднебат-раннекеловейский возрастные интервалы (Филатова, Вишневская, 1992; Вишневская и др., 1996; Вишневская, Пральникова, 1999; Вишневская, 2001).

А. А. Александровым (Александров, 1978) вулканогенно-кремнисто-терригенные образования междуречья Утесики — Анадырь были отнесены к автохтону. Фронт надвига проводился от нижнего течения р. Утесики вдоль его левого борта до верховьев р. Чивэтыквеем (рис. 4). Сеноман-туронский возраст отложений автохтона был определен по находкам *остатков Inoceramus cf. Nipponicus Nagao et Mat m I, cf. tenuistriatus Nagao et Mat.*, собранных в верхнем течении р. Чивэтыквеем. При этом А. А. Александров не исключал более широкий возрастной диапазон отложений.

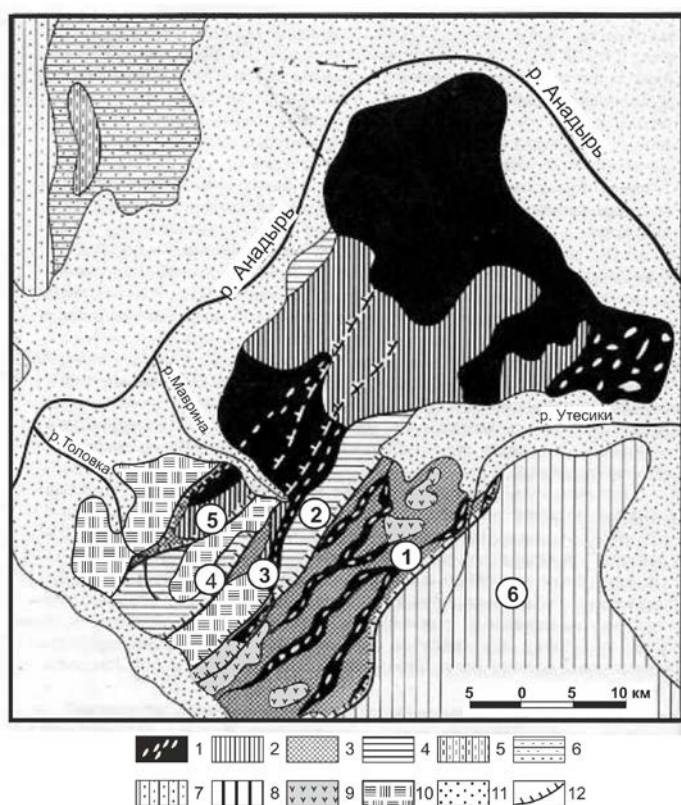


Рисунок 4. Тектоническая схема Усть-Бельских гор (по Александров, 1978).

Условные обозначения: 1-4 — аллохтонные комплексы: 1 — гипербазиты и меланжи; 2 — габбро; 3 — вулканогенно-осадочные отложения палеозоя, 4 — терригенные отложения средней юры и нижнего мела; 5-7 — терригенные отложения: 5 — триаса, 6 — юры, 7 — верхнего мела; 8 — автохтонные терригенные отложения сеноман-сантона; 9 — андезиты, дациты и их туфы палеогенового возраста; 10 — моласса олигоцен-миоцена; 11 — четвертичные отложения; 12 — надвиги.

Цифры в кружках — тектонические пластины аллохтона:

1 — Утесинская, 2 — Мавринская, 3 — Отрожинская, 4 — Удачинская, 5 — Толуовская, 6 — автохтон.

Породы, расположенные в левобережье р. Утесики и долине реки Левая Маврина, разными авторами включались в различные покровные структуры. Вулканогенно-осадочные отложения междуречья Левая Маврина — Утесики были включены в состав Утесинской пластины основания аллохтона (Александров, 1978). Отмечена их интенсивная раздробленность, высокая степень динамометаморфизма, а также сложное строение. На основании формационного сходства отложений с фаунистически охарактеризованными осадками палеозоя г. Отрожная предполагался их палеозойский возраст. Позже (Марков и др., 1982) отложения на данном участке были включены в состав автохтона. Среднеюрские

туфо-терригенные породы бассейна р. Левая Маврина были выделены в отдельную Мавринскую пластину аллохтона (Александров, 1978). В работах С.А. Паланджяна с соавторами (Паланджян, 2000; Паланджян и др., 2011; Palandzhyan, Dmitrienko, 1996) комплексы водораздела Левая Маврина — Утесики были включены в состав Утесинского покрова (включает Утесинскую и Мавринскую пластину по (Александров, 1978)) основания аллохтона. Данный покров стал рассматриваться как чередование пластин, сложенных фрагментами позднепалеозойских, раннемезозойских и позднеюрско-раннемеловых островодужных комплексов, разделенных полосами серпентинитовых меланжей.

На схеме террейнов Корякского нагорья (см. рис. 2) среднеюрские — раннемеловые вулканогенно-кремнисто-терригенные образования восточной части Усть-Бельских гор (междуречье Утесики — Анадырь) включены в состав Алганского террейна (Парфенов и др., 1993; Соколов, Бялобжеский, 1996; Nokleberg, 1994; Соколов, 1997б; 2003; 2010). Постамальгамационные отложения представлены флишоидными отложениями позднего альба — позднего мела. В пределах Усть-Бельских гор они распространены на юго-востоке территории (Захаров, 1974).

Породы, распространённые западнее бассейна р. Утисики (рис. 5), включены в состав Усть-Бельского террейна Западно-Корякской складчатой системы (Парфенов и др., 1993; Соколов, Бялобжеский, 1996; Соколов, 2010). Отложения прослеживаются в виде тел, вытянутых в северо-западном направлении и представлены палеозойскими вулканогенно-терригенными и позднемезозойскими туфо-терригенными образованиями. Широко развиты породы гипербазит-габбрового состава, которые на севере и юге слагают соответственно Усть-Бельский и Эльденырский крупные массивы изометричной формы. По данным предшественников выделяются несколько различных пластин и покровов, перекрытых позднемеловыми и палеогеновыми грубообломочными и вулканогенными породами.

Отрожнинская пластина надвинута на среднеюрские породы бассейна р. Левая Маврина (Мавринская пластина (Александров, 1978)). Разрез Отрожнинской пластины был составлен А. А. Александровым (Александров, 1978). В основании разреза расположена зона серпентинитового меланжа с блоками серпентинизированных гарцбургитов, лерцолитов, дунитов, габбро, плагиогранитов, диабазов, родингитов, зеленых сланцев, а также туфо-терригенных пород среднего мезозоя. По геофизическим данным плоскость контакта погружается в западных румбах под углом 60-70°.



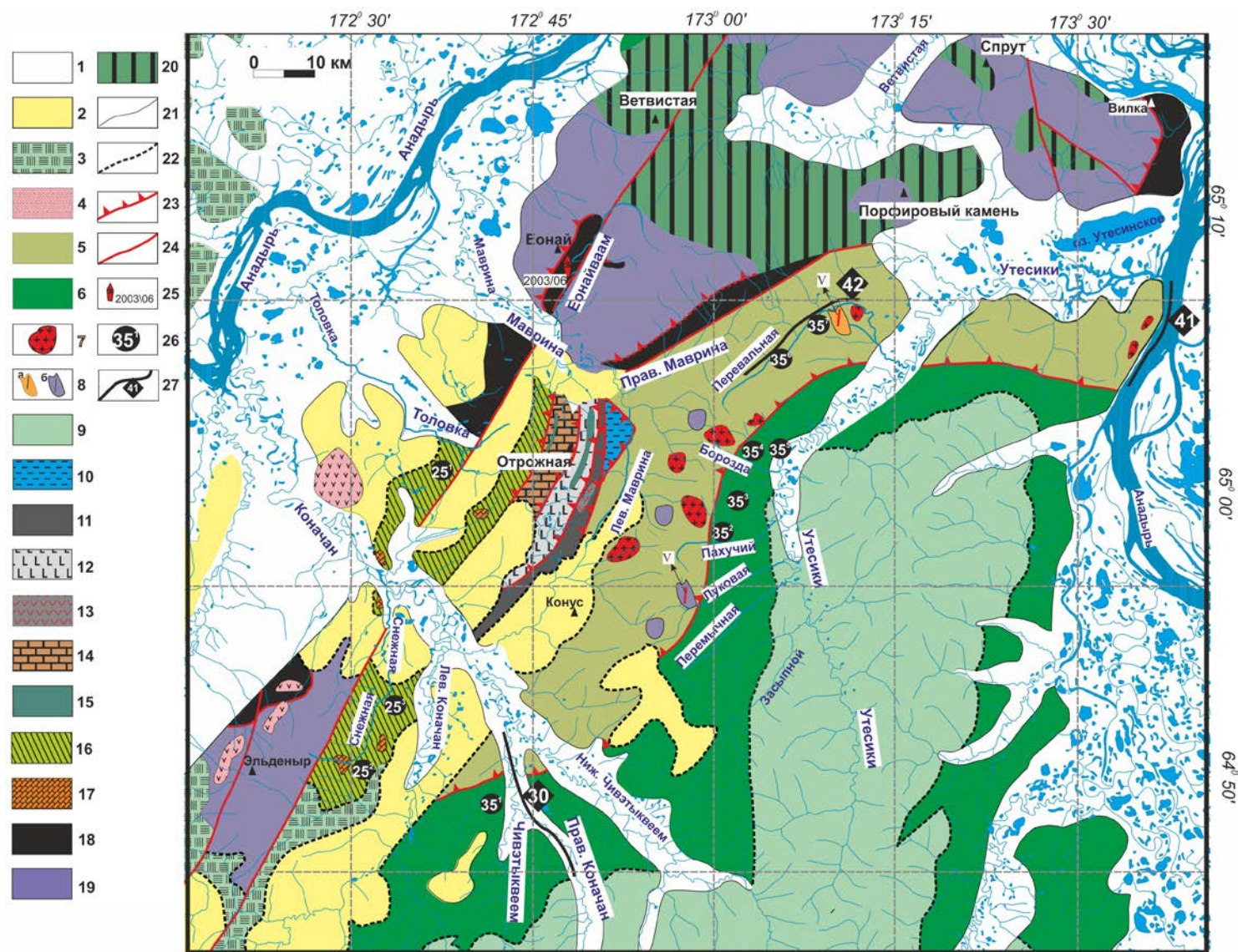


Рисунок 5. Схема геологического строения Усть-Бельских и севера Алганских гор. Составлена с использованием оригинальных материалов и по (Захаров, 1974; Александров, 1978; Паланджян и др., 2011). Цифровая модель рельефа, гидрологической взята из GIS проекта (Гульпа, 2014).

Условные обозначения: 1 – четвертичные отложения; 2 – эоцен-олигоценые нерасчлененные отложения, 3 – песчаники, гравелиты, прослои бурого угля, верхний мел, 4 – субвулканические тела риолитов, эоцен, 5-9 – Алганский террейн (относительный автохтон): 5 – «Верхняя» пластина, серпентинитовый меланж, 6 – «Нижняя» пластина, вулканогенно-туфотерригенный комплекс; 7 – крупные блоки плагиогранит-тоналитов венд-кембрийского возраста; 8 – блоки докембрийских пород содержащие дайки плагиогранитов венд-кембрийского возраста: а – вулканогенно-осадочные; б – гипербазиты идентичные ультрамафитам Усть-Бельского массива; 9 – туфотерригенные породы перекатнинской свиты, верхний альб-турон; 10-20 – Усть-Бельский террейн: 10 – Мавринская пластина, терригенные образования средней юры и раннего мела; 11-15 – Отрожнинская пластина: 11 – серпентинитовый меланж и породы меланократового основания пластины, 12 – вулканогенный комплекс; 13 – секущие плагиограниты в габброидном комплексе Отрожнинской пластины, и их блоки в меланже; 14 – вулканогенно-осадочный комплекс; 15 – среднетриасовые дайки диоритов; 16-17 – образования Удачининской пластины: 16 – терригенные образования поздней юры – раннего мела; 17 – крупные блоки позднего девона – раннего карбона в туфотерригенном мезозойском матриксе; 18 – тела меланжей, содержащие фрагменты позднепротерозойской-раннемезозойской коры; 19-20 – породы Усть-Бельского (север) и Эльденырского (юг) массивов: 19 – гипербазиты, 20 – габброиды; 21 – согласные границы, 22 – несогласные границы; 23 – надвиг; 24 – разломы; 25 – U-Pb датирования обломочных цирконов метапесчаников р. Еонайваам; 26 – положение изученных разрезов мезозойских пород, цифра соответствует номеру рисунка, индекс — номеру разреза; 27 – участки для которых приведены детальные схемы геологического строения и опробования, цифра отражает номер рисунка. Для района г. Отрожная построена геологическая карта (рис. 7).

Выше находятся: (I) деформированный ультрабазит-габбровый комплекс мощностью около 1 км. и (II) вулканогенный комплекс (мощность до 400 м.). Предполагался постепенный переход между габброидами и вулканогенным комплексом. По геохимическим параметрам базальты вулканогенного комплекса соответствуют базальтам N-MORB (Palandzhyan, Dmitrenko, 1996). Вулканогенный комплекс перекрывается вулканогенно-терригенными отложениями среднего девона — нижнего карбона с горизонтами кремнистых пород и известняков. Характер взаимоотношения осадочных пород с вулканитами установлен не был, и согласное налегание предполагалось условно. Отложения (общая мощность 900 м) смяты в синклинальную складку северо-западного — юго-восточного простирания, опрокинутую к востоку. Традиционно разрез пластины интерпретировался как единая офиолитовая ассоциация. Надежных геохронологических данных о возрасте офиолитов не было. На основании возраста перекрывающих осадков, вулканогенный комплекс условно считался раннедевонским, а офиолиты рассматривались как среднепалеозойские (Александров, 1978; Марков, 1982; Паланджян 2000; Паланджян и др. 2011). Ультрабазит-габбровый и вулканогенный комплексы прорваны дайками кислого состава с

радиологическими возрастами в интервале 340– 180 млн лет (К-Аг метод, Александров, 1978). Крупные тела осадочных пород палеозоя также, отмечены вдоль бортов р. Снежная, где они с несогласием перекрыты волжскими отложениями (Захаров, 1974).

Западнее г. Отрожная в междуречье Маврина — Коначан (см. рис. 4, 5) обнажаются полимиктовые и туфогенные песчаники, алевролиты и аргиллиты общей мощностью 700 м. По вмещающей фауне возраст отложений определен как валанжин. Также выходы разновозрастных осадков прослеживаются по простиранию на левом берегу р. Коначан, в бассейне р. Снежная, где они согласно надстраивают волжские сходные по составу породы. Однако выделение пород в отдельные толщи носит крайне условный характер, и они, видимо, должны быть объединены в одну толщу (Захаров, 1974). В (Легенда..., 1999) валанжинские осадки включены в состав майнской толщи, волжские — в орловкинскую толщу, возраст которой расширен с оксфорда по волжский ярусы. По данным (Захаров, 1974) раннемеловые терригенные породы в районе г. Отрожная со стратиграфическим несогласием залегают на палеозойских образованиях с конгломератами в основании. Такое мнение отражено в геологических схемах строения Усть-Бельских гор, где меловые осадки объединены с офиолитовыми разрезами палеозоя в Средненскую (Марков и др., 1982) или Нижнюю (Некрасов и др., 2001) пластины. В работах (Александров, 1978; Паланджян, 2000; Паланджян и др., 2011) валанжинские отложения междуречья Маврина — Коначан включены в состав отдельной, Удачинской пластины. В междуречье Маврино — Коначан в поле распространения раннемеловых отложений отмечены изолированные выходы палеозойских пород в виде экзотических утесов на фоне сглаженного рельефа (Захаров, 1974). Однако палеозойский возраст только предполагается, поскольку фауна не была найдена. По мнению С. А. Паланджяна (Паланджян, 2000) они представляют собой отторженцы, образуя горизонты олистостром в меловых осадках.

В районе р. Толовка выделяются гипербазиты, габбро, которые вверх по разрезу перекрываются вулканогенно-осадочной толщей. Условно породы были отнесены к среднему — верхнему отделам девонской системы на основании их сопоставления с фаунистически охарактеризованными отложениями района г. Отрожная (Захаров, 1974). Данные породы совместно с отложениями р. Еонайваам объединены в единую Толовскую пластину, которая рассматривалась как полный аналог Отрожинской (Александров, 1978). При этом указывалось на более сложное строение и взаимоотношения пород, чем в районе г. Отрожная, обусловленные высокой степенью складчатых дислокаций и разрывных нарушений.

Первые U-Pb (метод SHRIMP) геохронологические датировки цирконов из амфиболового габбро р. Толовки дали следующие результаты (Леднева и др., 2009; 2012а).

Конкордатные возрасты по 5 зернам —  $799 \pm 15$  млн, что проинтерпретировано как возраст кристаллизации габбро. 4 замера одного метаморфического зерна дали дискордантные возрасты от  $320 \pm 81$  до  $380 \pm 150$  млн лет, что интерпретируется как возраст метаморфического события.

Большую часть Усть-Бельских гор занимает одноименный габбро-гипербазитовый массив, который расположен в северной части территории (рис. 4, 5). Его площадь превышает  $1000 \text{ м}^2$ . В работе (Кальянов, Беляцкая, 1962) массив описан как интрузив, внедрившийся по региональному глубинному разлому в раннемеловое время. По современному представлению массив составляет верхний покровный комплекс совместно с Эльденырским ультрамафит-мафитовым массивом, который вскрыт на левобережье р. Коначан в ядре горст-антиклинория. Подошва данного покрова представляет собой меланж (Александров, 1978; Паланджян, 2000; Паланджян и др., 2011; Некрасов и др., 2001). В работах С. А. Паланджяна меланж выделен в отдельную пластину мощностью до 500 м. Она прослеживается на западе в бассейнах р. Толовка и Еонайваам и продолжается далее по южному краю Усть-Бельского массива вдоль правобережья р. Маврина. На востоке выходит широкой полосой субширотного простирания в междуречье Ветвистая — Утесики вплоть до обнажений в районе г. Вилка. В данный меланж включены блоки разнообразного состава. К-Аг возраст дацитов и амфиболитов р. Еонайваам 262 млн лет и 167-178 млн лет соответственно. (Паланджян, 2000). Предполагается, что меланж представляет собой дезинтегрированные офиолиты супрасубдукционного типа позднепалеозойского-раннемезозойского возраста (Паланджян, 2000). Радиологический возраст оливиновых пироксенитов района г. Вилка, определённый Sm-Nd методом по валовому составу, ортопироксену, клинопироксену и двум фракциям роговой обманки ряда эденит-паргасит составляет  $893 \pm 200$  млн. лет; без фракции роговой обманки -  $885 \pm 83$  млн. лет (Некрасов, 2013).

Высказывалось также предположение, что Усть-Бельский массив не является монолитной пластиной, а представляет собой пакет чешуй, граница между которыми совпадает с ориентировкой тектонических контактов пластин, выделенных в междуречье Маврина — Коначан (Александров, 1978). По мнению ряда исследователей, верхи покрова сохранились в виде эрозионных останцев в районе г. Вилка, сложенных базальт-терригенным комплексом. Возраст пород этого комплекса остается неизвестным. В работе (Марков и др., 1982) с большой долей условности предполагается мезозойский возраст, а в работе (Некрасов и др., 2001) условно предполагается среднепалеозойский возраст.

В последнее время опубликованы новые геохронологические данные для пород Усть-Бельского массива. U-Pb (метод SHRIMP) возраст акцессорных цирконов из



плагиигранитов, предположительно связанных с габброидами,  $556 \pm 12$  млн лет. (Тихомиров, 2010). Сходные,  $575 \pm 10$  млн лет U-Pb (SHRIMP) даты были получены для цирконов из диоритовой жилы, секущей гипербазиты (Леднева и др., 2012а). Таким образом, можно говорить о позднедокембрийском возрасте меланократовых пород Усть-Бельского массива и наличии жильно-интрузивного комплекса в позднем венде. Также были получены Ar-Ar датировки амфибола из амфиболитизированных габбро  $384 \pm 11$  и  $367 \pm 12$  млн лет, которые интерпретируются как возраст метаморфического события (Паланджян и др., 2011).

На данный момент существует несколько мнений относительно происхождения мафит-ультрамафитовых пород Усть-Бельского и Эльденырского массивов и тех же пород района г. Отрожная (Отрожинская пластина по (Александров, 1978)), помимо этого остается не ясной их генетическая взаимосвязь (Марков и др., 1982; Александров, 1978; Некрасов и др., 2001; Базылев и др., 2009; Паланджян, 2010; Леднева и др., 2012а). Г.Е. Некрасов (Некрасов и др., 2001) предполагал, что в структуре Усть-Бельских гор совмещены два офиолитовых разреза; Отрожинские офиолиты были отнесены им к коре среднепалеозойского спредингового центра, образованного внутри более древней океанической плиты, фрагментами которой является Усть-Бельский массив.

С. А. Паланджян (Паланджян, 2010; Паланджян и др., 2011) рассматривал гипербазиты Отрожинской пластины и Усть-Бельского массива как фрагмент единой океанической плиты, сформированной «во внутри- или окраинно-континентальном бассейне (т.е. офиолиты энсиалического типа)». В пределах Отрожинской пластины сохранилась верхняя часть офиолитовой ассоциации, где перидотиты надстраиваются габброидами и вулканогенным комплексом. Позже, данная океаническая литосфера (перед средним девоном) была структурно разобщена и в среднем — позднем девоне метаморфизована в супрасубдукционной обстановке и инкорпорирована в различные структуры островной дуги. Данные, приводимые в работах (Базылев и др., 2009; Леднева и др., 2012а) ультрамафит-мафитовые породы рассматриваются как глубинные части субконтинентальной литосферной мантии, претерпевшей интенсивное частичное плавление в результате взаимодействия с надсубдукционными расплавами.

Представлявшаяся логичной связь офиолитов с вулканогенно-терригенным чехлом Отрожинской пластины становится неопределенной в свете новых геохронологических данных и выяснения субконтинентальной природы ультрабазит-габбрового комплекса Усть-Бельского массива. Кроме того, для офиолитовой триады характерна базальт-кремнистая ассоциация, которая отсутствует в Отрожинском разрезе. В связи с этим важными задачами стали изучение взаимоотношений ультрабазит-габбровых комплексов с

вмещающими образованиями и выяснение их возможных связей с вулканогенно-терригенными породами палеозоя и мезозоя.

Анализ опубликованных региональных материалов по этому вопросу показывает отсутствие работ с применением современных методов и технологий лабораторных исследований, а также недостаточное количество изотопных и палеонтологических датировок вещественных комплексов. Это затрудняет создание тектонической модели Усть-Бельских гор и межрегиональные корреляции.

### ГЛАВА 3. СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ УСТЬ-БЕЛЬСКОГО ТЕРРЕЙНА

В данной главе отражены результаты исследований структурно-вещественных комплексов Усть-Бельского террейна, которые включены в составы Отрожинской, Толдовской, Мавринской и Удачинской пластин по (Александров, 1978) (рис. 6).

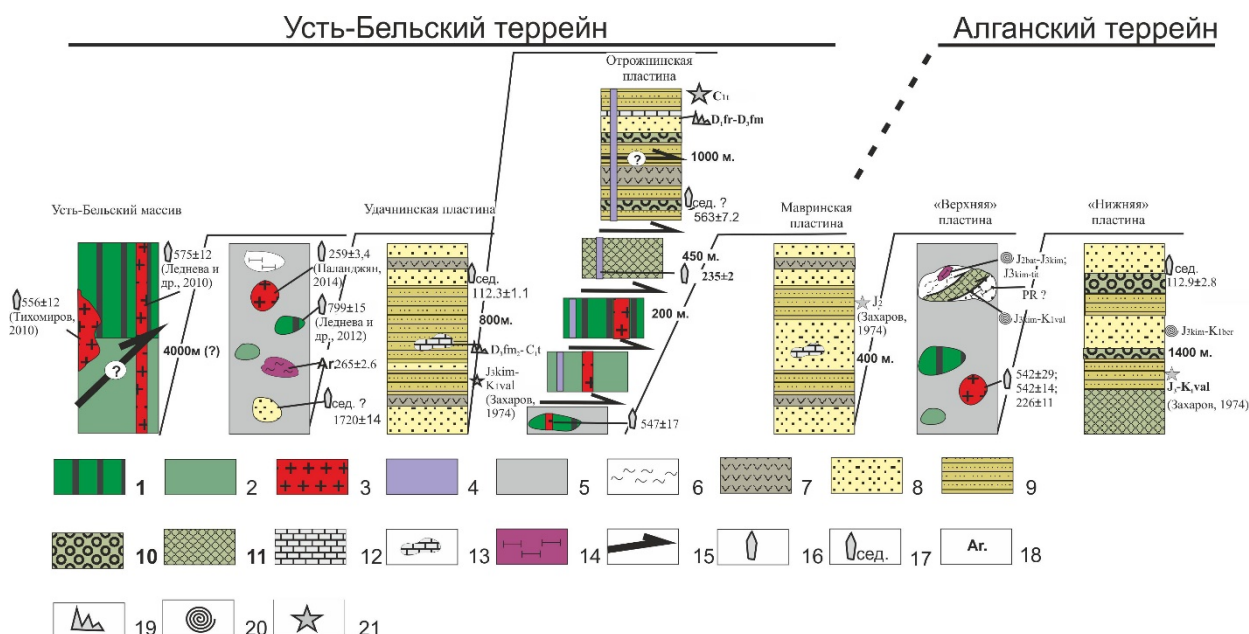


Рисунок 6. Тектоно-стратиграфическая схема Усть-Бельских гор.

Условные обозначения: 1 – габбро; 2 — гипербазиты; 3 — плагииграниты, тоналиты; 4 – кварцевые диориты, габбро; 5 — серпентинитовый меланж; 6 — сланцы различного состава по вулканогенно-осадочным породам; 7— туфы среднего состава, горизонты андезитов; 8 — песчаники, туфопесчаники; 9 — алевриты, аргиллиты и их туфогенные аналоги; 10 — конгломераты, гравелиты и их туфогенные аналоги; 11 — базальты; 12 — известняки; 13 — блоки известняков; 14 — кремни, метакремни; 15 — надвиги; 16 — U/Pb датировки акцессорных цирконов, в млн лет; 17 - нижний возраст осадконакопления, по данным U/Pb датирования обломочных цирконов, в млн. лет; 18 — результаты Ar-Ar датирования монофракции амфиболов, в млн. лет; 19-21 — датировки вмещающих пород по различными типами фауны: 19 — конодонты, 20 — радиолярии, 21 — макрофауна.

#### 3.1. Вулканогенный и вулканогенно-осадочный комплексы Отрожинской пластины

В разделе детально изложены особенности состава и строения вулканогенно-осадочных пород района г. Отрожная, включенных в состав Отрожинской пластины (Александров, 1978).

### *3.1.1. Геологическое строение комплексов и состав обломочных пород*

Строение вулканогенного и вулканогенно-осадочного комплексов Отрожной пластины было изучено в ходе детальных съемочных работ вдоль бортов ручьев Отрожный, Майский, Ландыш, руч. Гусиный, на вершине г. Отрожная и г. Надежда. Контакт вулканогенного комплекса с габбро-гипербазитовым комплексом тектонизирован (рис. 7). В зоне контакта широко развиты эпидот-кварцевые жилы. Вулканиды распространены широкой полосой северо-восточного — юго-западного простирания. Мощность вулканогенного комплекса оценивается в 450 м (рис. 8). Породы представлены темно-коричневыми и зеленоватыми долеритами, спилитами и лавобрекчиями (рис. 9а). Редко встречаются фрагменты подушечной отдельности (рис. 9б). В целом вулканиды интенсивно деформированы и претерпели зеленокаменное изменение. Вулканогенный и гипербазит-базитовый комплексы прорваны дайками плагиогранит-порфиров, возраст которых не определен. Также оба комплекса прорваны кварцевыми диорит-порфирами, монцодиоритов, монцогаббро, которые возможно встречаются и среди девон-каменноугольных отложений. Радиологический возраст дайки кварцевых диоритов-порфиров (обр. К-4-29), определённый U-Pb методом (SHRIMP-II) по 14 зёрнам циркона, составляет  $235.4 \pm 2.4$  млн. лет (Гульпа, 2014).

Выше залегают породы вулканогенно-осадочного комплекса. Отложения смяты в синклинальную складку северо-восточного простирания, осложнённую складками более мелкого порядка. Западное крыло синклинали срезано крутым надвигом, по которому надвинуты терригенные породы Удачинской пластины (Александров, 1978).

По литолого-петрографическим особенностям пород, а также положению относительно фаунистически датированных отложений условно было выделено 4 пачки (см. рис. 7, 8).

Отложения нижней пачки (пачка 1) представлены туфо-осадочными породами, которые распространены узкой полосой (не более 350 м) в субмеридиональном направлении и выклиниваются в западном направлении (см. рис. 7). Породы имеют выдержанное падение на северо-запад под углом в  $70^0$ . Общая мощность 150 м. Породы не содержат фаунистических остатков и обнажены фрагментарно. Контакт с вулканогенным комплексом не наблюдался. Породы пачки 1 обладают пестрым составом и изменчивы по простиранию. В непосредственной близости с базальтами вскрываются различные в литологическом отношении породы.

На вершине г. Отрожной структурно выше вулканогенного комплекса обнажаются пестро окрашенные в темно-бурые цвета слоистые (см. рис. 9в) кремнистые алевро-аргиллиты, частично брекчированные. Слоистость обусловлена различным содержанием

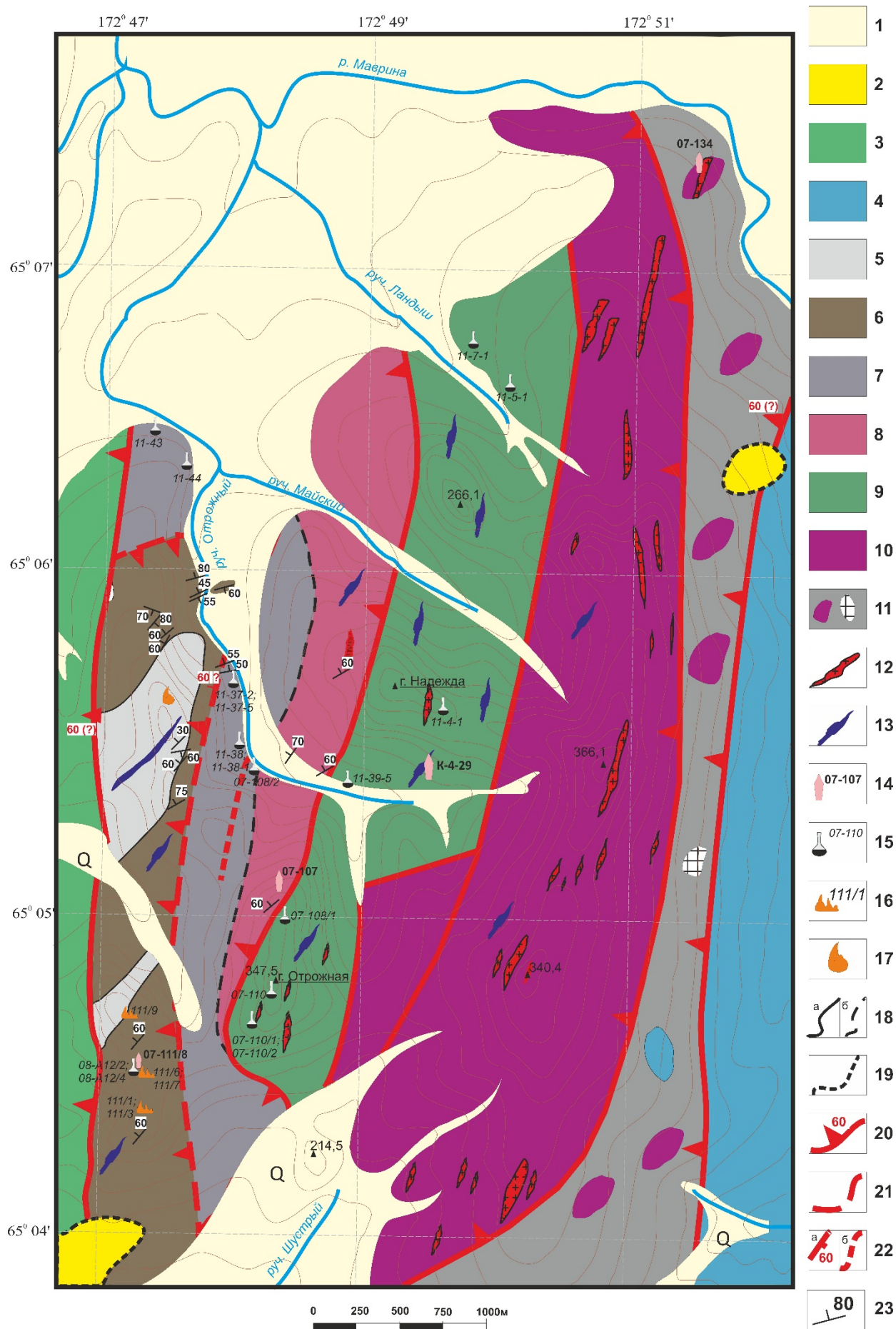


Рисунок 7. Геологическая карта района г. Отрожная (по Александров, 1978; Захаров, 1974 с изменениями).

Условные обозначения: 1 – четвертичная система; 2 – эоценовые слаболиффицированные конгломераты и гравелиты; 3 – переслаивание волжско-валанджских песчаников и алевролитов, Удачинская пластина; 4 – переслаивание грубых терригенных пород и туфов среднеюрского возраста, горизонты терригенных меланжей, Мавринская пластина; 5–8 – породы вулканогенно-осадочного комплекса Отрожинской пластины: 5 – переслаивание черных алевролитов, песчаников, известняков, конгломератов, турон-визейского возраста (пачка 4); 6 – переслаивание черных алевролитов, песчаников, известняков, конгломератов и туфов эйфельского (?)–фаменского возраста (пачка 3); 7 – переслаивание туфов среднего состава и песчаников, согласные тела андезитов (пачка 2); 8 – тонкое переслаивание кремнистых алевролитов, туфов, туфогравелитов и песчаников (пачка 1); 9–11 – породы основания Отрожинской пластины: 9 – вулканогенный комплекс, базальты, долериты, лавобрекчии; 10 – габбро – гипербазитовый комплекс; 11 – серпентинитовый меланж; 12 – интрузивные тела плагиогранит-порфиров; 13 – дайки габбро, долеритов, кварцевых диоритов, диорит-порфиров; 14–17 – точки отбора проб для различного вида анализов, и ее номер: 14 – U-Pb датирование зерен циркона; 15 – вещественного состава пород; 16 – определения конодонтовых элементов; 17 – находки макрофауны; 18–19 – стратиграфические контакты: 18 – нормальные, а – достоверно установленные, б – предполагаемые; 19 – несогласные; 20–21 – надвиги: 20 – установленные и их залегание; 21 – предполагаемые; 22 – разломы: а – установленные и их залегание; б – предполагаемые; 23 – залегание слоистости.

анизотропного кремнисто-железистого, глинистого и карбонатного веществ. Иногда видны линзовидные текстуры (рис. 10а). В обломочной части встречаются мелкие плохо окатанные обломки алевролитовой размерности плагиоклаза, вулканических пород, пироксена, а также хорошо окатанного кварца. Породы переслаиваются с тонкими, от долей сантиметра до 4 см., прослоями туфов и песчаников. Туфы сложены кристаллокластами (андезин-олигоклаз) и литокластами вулканитов основного и среднего состава псаммитовой размерности (рис. 10в). Песчаники образуют прослои до 2–3 см. Часто такие прослои не выдержаны по мощности и заполняют неровные поверхности конседиментационных разрывных нарушений и пустоты между брекчированными поверхностями напластования. Нередко наблюдаются мелкие конседиментационные складки (рис. 9 г, д). Песчаники сложены кварцем (до 20 %) и полевошпатовым (80 %) материалом.

Выше по разрезу появляются горизонты от 5 см. до 1 метра туфогравелитов и зеленых алевролитов. Контакты с туфогравелитами резкие, неровные (рис. 9е). В составе туфогравелитов преобладают обломки вулканитов среднего и основного состава (до 90%), плохо окатанных бордовых кремнистых алевролитов; есть редкие обломки кварца и



долеритов. Сортировка материала плохая. Обломки вулканических пород часто спекаются удлиненными вулканокластическими обломками (рис. 10 в, г, д). Венчается разрез пачки 1 темно-зелеными алевролитами с прослоями (до 5 см) бордовых кремнистых алевро-аргиллитов и песчаников. Общая мощность изученного разреза около 100-150 м. Выше разрез пачки 1 прослеживается по делювиальным высыпкам, в которых встречаются щебень темно-зеленых алевролитов, с прослоями (до 5 см) бордовых кремнистых алевро-аргиллитов и песчаников.

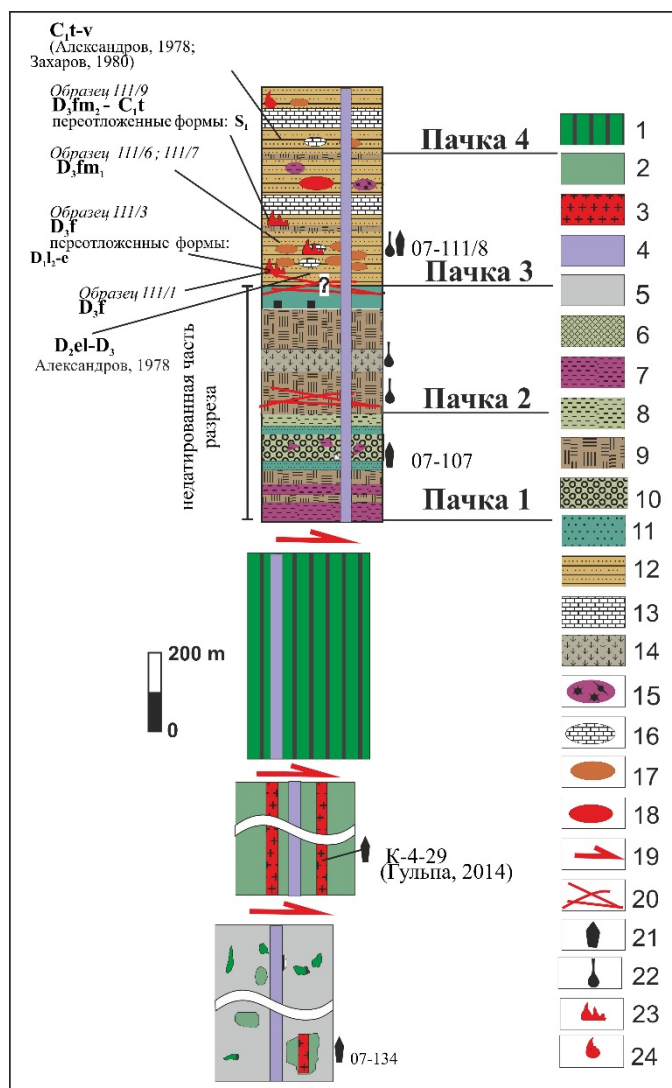


Рисунок 8. Тектоно-стратиграфическая колонка Отрожнинской пластины.

Условные обозначения: 1 – вулканы; 2 – гипербазиты и габбро; 3 – плагиограниты, тоналиты; 4 – диориты; 5 – серпентинитовый меланж; 6 – базальты; 7 – кремнистые алевро-аргиллиты и их обломки; 8 – зеленые алевролиты; 9 – лито, кристаллокластические туфы; 10 – туфогравелиты; 11 – голубоватые песчаники; 12 – переслаивание черных алевролитов, песчаников и известковистых песчаников; 13 – горизонты и обломки известняков; 14 – горизонты андезитов и диоритов; 15 – галька: 15 – радиоларитов; 16 – известняков; 17 – дацитов и андезитов; 18 – кислых плутонических пород; 19 – надвиги; 20 – зоны дробления; 21 – U-Pb датирование обломочных цирконов; 22-24 – опробование: 22 – геохимический анализ вулканических пород и туфов, и его количество; 23 – конодонты; 24 – макрофауна.

В ручье Отрожном низы пачки 1 начинаются с переслаивания темно-зеленых алевропелитов с песчаниками и бордовыми алевролитами. Зеленые алевропелиты обладают массивной, в отдельных зонах сланцеватой, структурой. Основная масса представлена зеленым глинисто-вулканогенным цементом, в котором растворено много вулканического материала и рассеяны субпараллельные чешуйки слюдистого агрегата. Прослойки песчаников мощностью до 2 см. имеют неровные поверхности напластования (см. рис. 10 е) и не выдержаны по мощности (см. рис. 9и; см. рис. 10 ж).





Рисунок 9. Фотографии различных пород вулканогенного комплекса (а-б) и пачки 1 вулканогенно-осадочного комплекса Отрожной пластины (в- и).

*Все представленные образцы изучены на вершине г. Отрожная, кроме отмеченных в описании фотографии. а – лавобрекчия базальтов, сцементированная лавовым материалом, претерпевшим краснокаменные изменения; б – подушечные лавы (обнажения руч. Гусиный); в – горизонтальная слоистость в темно-бурых кремнистых алевролитах, основание пачки 1 (спил образца); г – неровные поверхности напластования с/з песчаника заполняют крылья конседиментационных разрывных нарушений и кластические дайки в бордовых алевролитах. Песчаники обладают градационной прямой и обратной слоистостью; д – горизонтальные микропрослои туфов и смятые в мелкие конседиментационные складки песчаники; е – неровный контакт бордовых алевролитов и туфогравелитов; ж – туфо-гравелит. Стрелкой отсечен вытянутый вулканокластический обломок, спекшийся с вмещающими обломками вулканических пород; з – типичный вид туфогравелитов из пачки 1 (спил образца); и – невыдержанный по мощности слой песчаника в зеленых алевролитах. В песчанике видна слабо выраженная градационная слоистость, обломки более крупной размерности приурочены к подошве слоя, с образованием следов давления в нижележащем пелитовом слое (обнажение по р. Отрожная).*

Сортировка материала плохая, часто в основании слоя видны крупные обломки со следами давления в нижележащем пелитовом слое (см. рис. 9 и; см. рис. 10 з, и). Обломки представлены вулканитами кислого и среднего состава (до 30%), плагиоклазом (до 60%) и кварцем (до 15%), обломками пород, полностью замещенных агрегатами вторичных минералов (хлоритом и пренитом). Венчается разрез пачки 1 массивными зелеными алевролитами с четкой плитчатой отдельностью. Общая мощность пачки 1 около 50-70 м.

По нашему мнению, резкая смена пород по латерали на расстоянии около 1 км обусловлена не фациальными изменениями, а тектоническим контактом с вулканитами, вдоль которого обнажаются различные части вулканогенно-осадочного комплекса.

Пачка 2 (мощность до 400 м.) обнажается вдоль левого борта ручья Отрожный, где породы образуют крылья синклинальной складки. Также небольшие выходы описаны на западном склоне г. Отрожная. Базальные горизонты не наблюдались. В основании пачки (р. Отрожная) вскрыты интенсивно милонитизированные и катаклазированные вулканогенные породы. В кровле пачки породы также тектонизированы. В составе пачки выделяются разномерные зеленоватые и серовато-голубоватые тонкослоистые песчаники, аргиллиты (рис. 11 а) и туфо-лавовые горизонты среднего состава (см. рис. 11 б, в). В обломочной части терригенных пород преобладают вулканиты среднего и кислого состава (до 80%) от мелкозернистой до гравелитовой размерности, обломки кристаллов плагиоклаза (около 10%) и пироксена (до 15 %). Туфы сложены литокластами андезитового состава от псаммитовой до агломератовой размерности, сцементированными



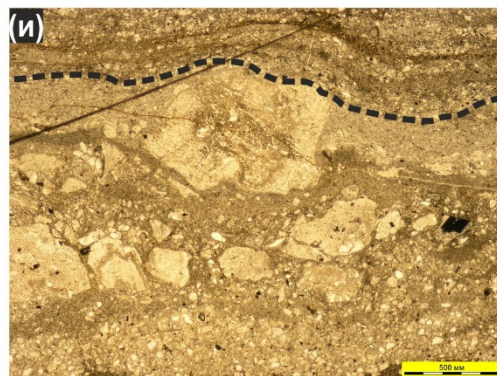
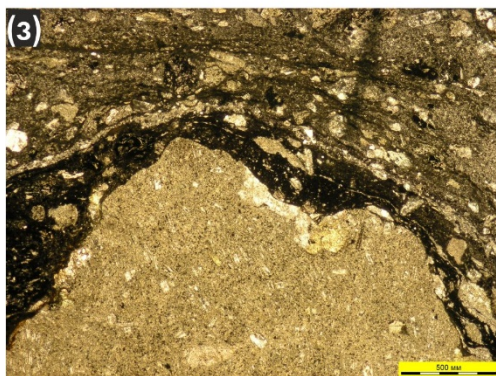
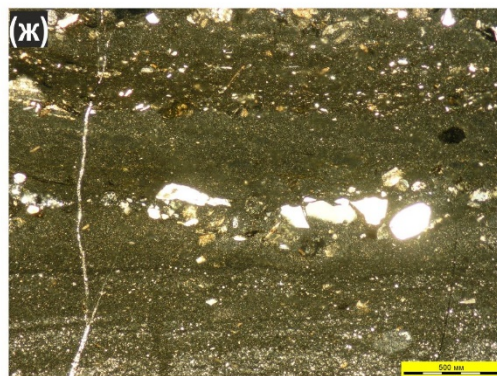
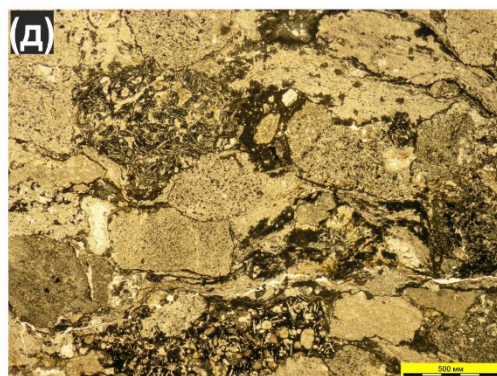
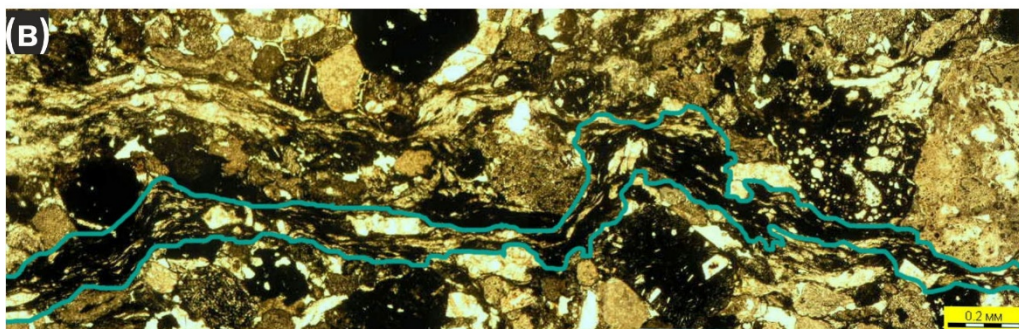
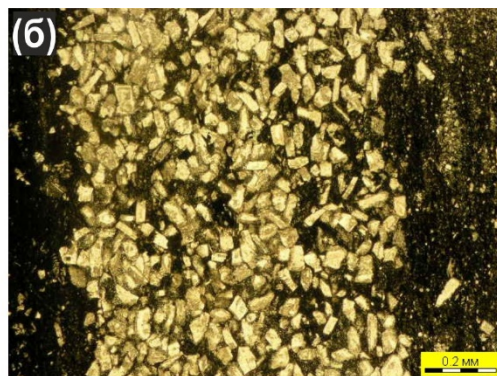




Рисунок 10. Фотографии шлифов пород пачки 1 вулканогенно-осадочного комплекса Отрожнинской пластины.

Масштабная линейка отмечена в правом нижнем углу снимка. а – линзовидная текстура бордовых алевролитов, обусловленная наличием параллельно ориентированных линз черного изотропного кремнистого материала и светло-бурого известковистого материала. Обломочная часть представлена зернами кварца; б – тонкие горизонтальные прослои кристалло- и витрокластов в темном изотропном кремнистом материале; в – туфо-гравелит, спекшиеся обломки вулканитов; г – д – типичный вид туфогравелитов с обломками вулканитов среднего и основного состава, пелитизированного плагиоклаза, и карбонизированного спекшегося магматического материала; е – неровные границы поверхностей напластования песчаников и зеленых алевропелитов. В подошве слоя песчаников отмечается увеличение размерности обломков; ж – линзовидные тела кварцевых песчаников в зеленых алевролитах; з – и – следы давления, обусловленного гравитационным осаждением крупных обломков вулканита (з) и плагиоклаза (и, пунктирная линия) на нижележащие илистые породы. Структуры характерны на границе песчаников с градационной слоистостью и алевропелитов.

карбонатным и вулканогенным веществом. Среди туфов присутствуют субвулканические тела андезитов мощностью до 2 м.

Пачка 3 (мощность 300 м) была изучена в отрогах г. Отрожная в элювиально-делювиальных развалах. В отдельных обнажениях правого борта руч. Отрожный породы смяты в симметричные антиклинальные перегибы, осложняющие строение синклинали. Она представлена терригенными породами с многочисленными телами известняков и горизонтами конгломератов. В малых количествах встречаются маломощные горизонты туфов с витрокластической структурой. Доминирующими породами являются тонкослоистые черные аргиллиты, в которых встречаются складки оползания (рис. 11 г) и текстуры брекчирования, в которых породы теряют свою слоистость. Песчаники хорошо сортированы. Обломки имеют среднюю окатанность и представлены в основном зернами плагиоклаза, кварца и обломками кислых вулканических пород (рис. 12 а, б). Кроме того, встречаются обломки метаморфизованных радиоляритов (см. рис. 12в), алевролитов, кварц-плагиоклазовых сростков (см. рис. 12г), гранитов и единичные обломки серпентинитов. Песчаники содержат редкие горизонты зеленых алевролитов. Из прослоя таких алевролитов были определены конодонты *Ancyrodella* sp. и *Palmotolepis* sp. (обр. 111/1), указывающие на франский ярус верхнего девона. Выше по разрезу из линзы известняков (обр. 111/3) были выделены конодонты *Pandorinellina* cf. *boucoti* (Klap.), *P. exigua philipi* (Klap.), *P. steinhornensis* (Zeigl), *Amidrotaxis jonsoni* (Klap.), *Ozarcodina* sp., *Pelekyognathus* sp., характерные для верхней части лоховского— эмского ярусов. Эти формы являются переотложенными, поскольку в этом же образце были определены *Palmatolepis* франского яруса. Стоит отметить высокое содержание органогенного



Рисунок 11. Фотографии различных пород вулканогенно-осадочного комплекса Отрожинской пластины, отнесенных к пачке 2 (а-в), и пачке 3 (г-и).

а – тонкое переслаивание голубоватых песчаников, алевролитов и аргиллитов, с постепенными переходами; б-в – туфы среднего состава с пирокластитами агломератовой и псаммитовой размерности, сцементированными карбонатным и магматическим веществом; г – прослой черных аргиллитов, со структурами складок оползания, среди известковистых песчаников; д-ж – конгломераты с галькой и валунами известняков, черных алевролитов и кислых вулканических пород. Цемент песчанистый; з – органогенно - обломочные известняки; и – изолированные выходы плитчатых известняков.

вещества, а также черный матовый цвет конодонтов, что по цветовому индексу САИ указывает на прогрев вмещающих отложений до температуры 300 - 480 °С. На том же уровне Александровым была собрана фауна эйфельского яруса и позднего девона (Александров, 1978).

Конгломераты образуют слои мощностью до 5 м. Галька представлена преимущественно хорошо окатанными обломками вулканитов кислого составов, а также обломками известняков и черных аргиллитов размером до 50 см. (см. рис. 11 д-ж). Цемент песчанистый. Из цемента конгломератов нижней части разреза пачки 3 (Обр. 111/6) были выделены *Palmatolepis orepida* Sanh., *P. cf. Circularis* Szul., *P. sp.*, указывающие на фаменский ярус. Обломок известняка из этих же конгломератов (Обр. 111/7) содержит *Palmatolepis perfolata* Klr. et. Bassl. фаменского яруса. В конгломератах верхней части пачки 3 (Обр. 111/9) из гальки известняков были определены *Bispathodus stabilis* (Br.et Mehl), встречающиеся в диапазоне от верхнего фамена до турнейского яруса карбона. Здесь же были найдены переотложенные нижнесилурийские формы *Pseudooneotodus bicornis* Drygant.

Тела известняков обнажаются в виде цепочки отдельных глыб. Простираие таких цепочек хорошо согласуется с простираием крыльев складки. По латерали состав глыб меняется от органогенно-обломочных известняков рифогенного облика (см. рис.7 з) до отчетливо слоистых плитчатых разностей (см. рис.7 и). В глыбах известняков пачки 3 конодонты не были обнаружены, а во вмещающих их песчаниках встречаются зубы и пластинки рыб, возможно, девонского возраста.

Пачка 4. Венчается разрез (мощность около 250 м) породами раннего карбона. Литологически породы ничем не отличаются от пород пачки 3, граница проведена условно, по подошве пласта песчаников, содержащих нижнекаменноугольную фауну *Amplixyscorallades* sp., *Spirifertornacensis* Kon. (Александров, 1978). Тихомировым П.Л. собраны фрагменты раковин брахиопод, двустворок, отпечатки члеников криноидей и



растительные остатки, которые позволяют определить возраст вмещающих осадков в диапазоне турне - визе. (В.Г. Ганелин, Ю.В. Мосейчик, устное сообщение).

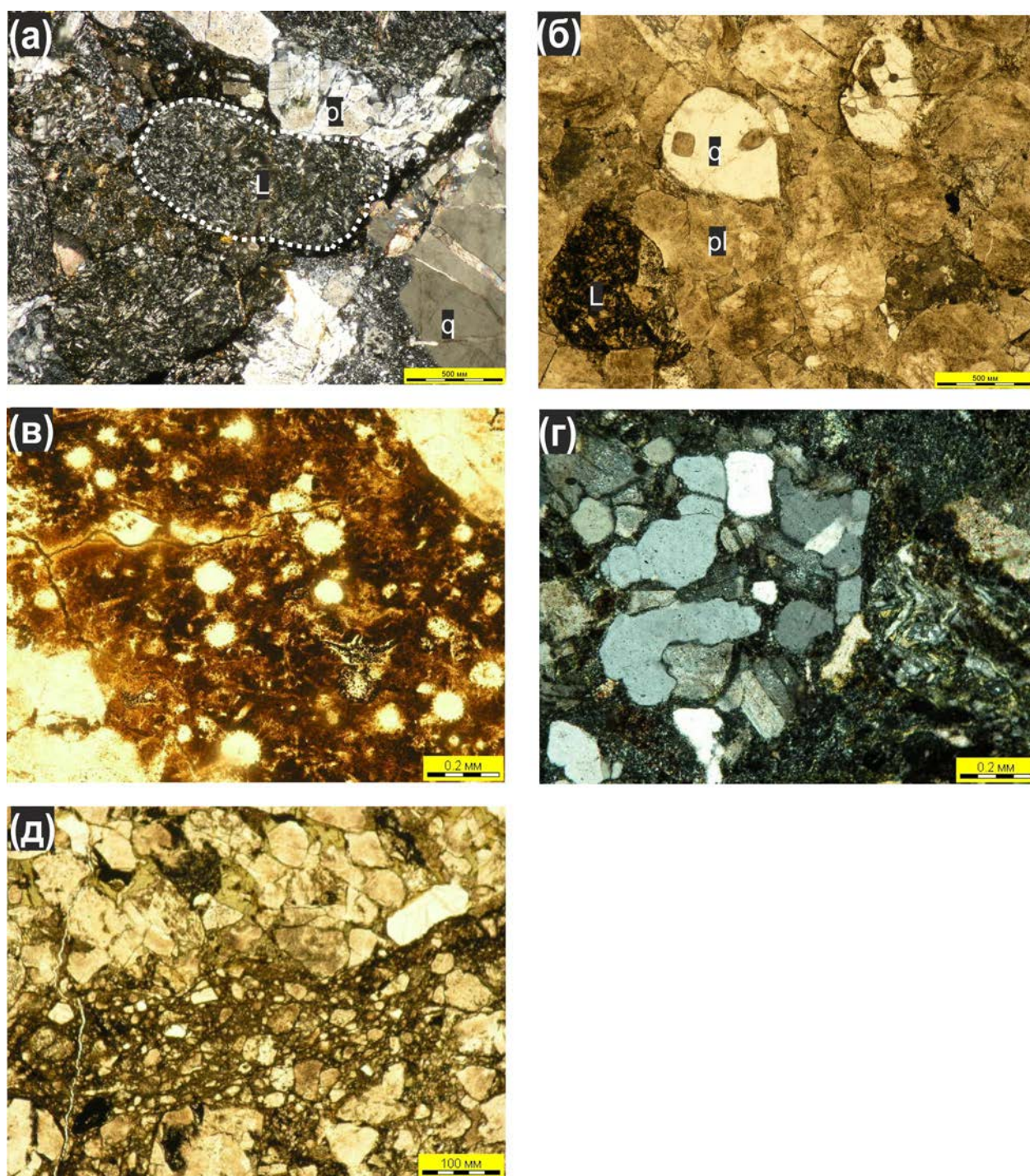


Рисунок 12. Фотографии шлифов пород пачки 3 вулканогенно-осадочного комплекса Отрожнинской пластины.

*а – вулканический песчаник, с преобладанием обломков кислых вулканитов (до 80%) над кварцем и плагиоклазом; б – полевошпат-кварцевый песчаник, с резким преобладанием пелитизированного плагиоклаза (до 70%) над кварцем (около 20%), и единичными обломками вулканитов; в – обломок радиоляритов в гравелитах; г – обломок кварц-плагиоклазовой плутонической породы в вулканических песчаниках; д – зоны катаклаза в кварц-полевошпатовых песчаниках.*



### 3.1.2. Геохимия вулканогенных пород

Для уточнения обстановок формирования различных частей разреза были проанализированы составы: базальтоидов вулканогенного комплекса; андезитов и туфов из вулканогенно-осадочного комплекса (пачка 2); гальки вулканических пород из конгломератов пачки 3 (приложение 1).

*Базальтоиды вулканогенного комплекса.* Для изучения особенностей состава была отобрана представительная коллекция из 9 образцов (*обр. 11-5-1; 11-4-1; 11-7-1; 11-39-5; 07-110; 07-110/1; 07-110/2; 07-108/1*) по всей площади распространения пород (см. рис. 7). Изученные образцы представлены долерито-базальтами, микродолеритами и долеритами. Породы имеют порфировые, офитовые и пойкилоофитовые структуры и сложены плагиоклазом, авгитом и титан-авгитом. Также описаны спилиты с апоинтерсертальной и миндалекаменной текстурами (рис. 13 а, б, в).

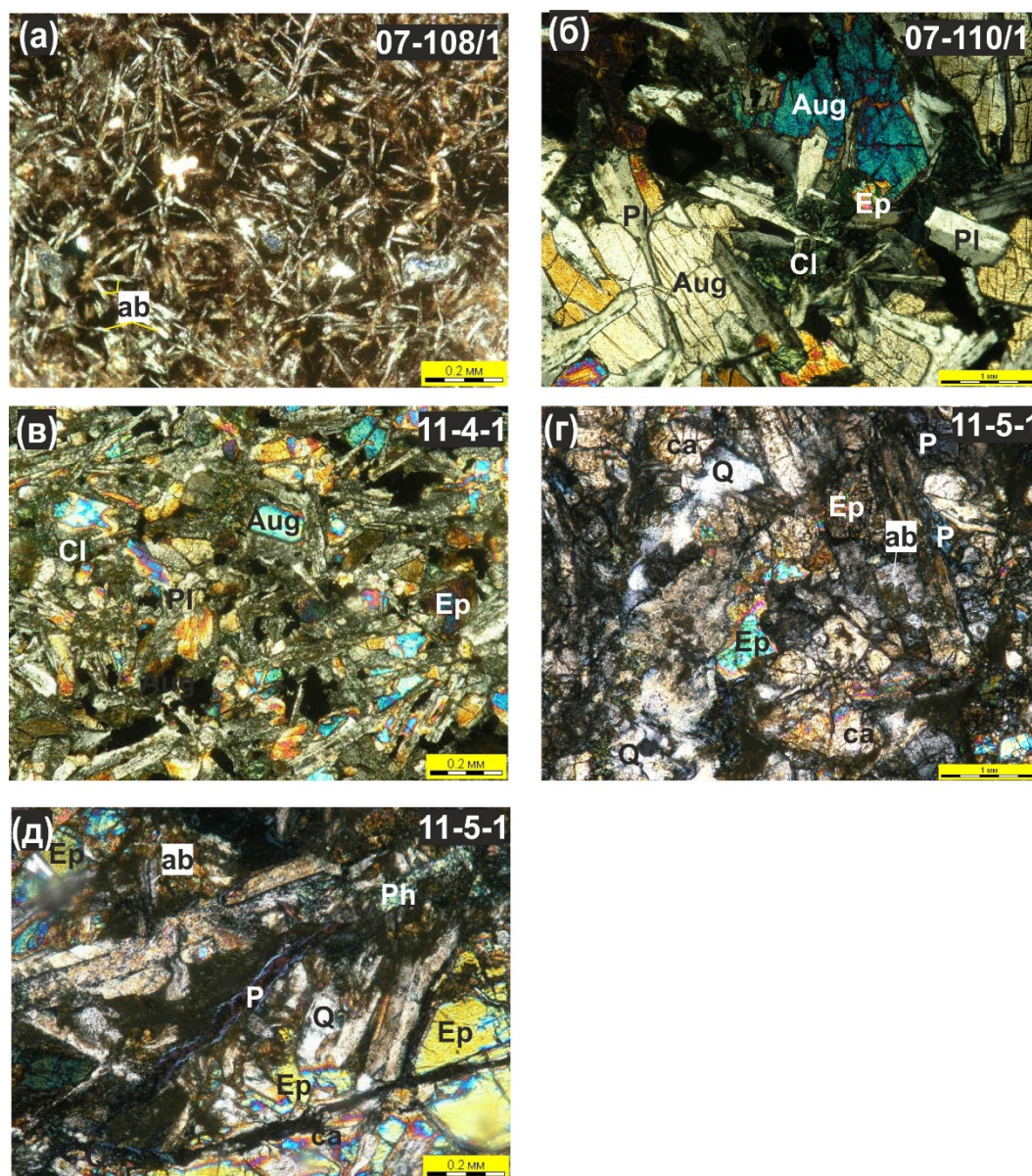




Рисунок 13 Фотографии микроструктур вулканических пород вулканогенного комплекса Отрожинской пластины.

*а- спилит с апоинтерсентальной структурой, альбитизированные микролиты плагиоклаза погружены в девитрифицированный базис; б – долерит с офитовой и пойкилофитовой структурой; в- микродолерит с офитовой структурой; г, д – аподолерит, хорошо видно ассоциация вторичных минералов, определяющих пренит-пумпеллиитовую фацию метаморфизма.*

Ассоциация вторичных минералов указывает, что породы были метаморфизованы в пренит-пумпеллиитовой фации. Плагиоклаз альбитизирован, цветной минерал замещается минералами группы эпидота. Пространство между кристаллами, миндалина и трещины заполнены карбонатом, эпидотом, пренитом, пумпеллиитом, кварцем и землистым мелкозернистым эпидот-цоизитовым агрегатом (рис.13 г, д).

По содержанию кремнезема (46.51 - 57.5 мас.%) породы попадают в поля базальтов и андезобазальтов (рис. 14). Из-за высоких содержаний  $\text{Na}_2\text{O}$  (до 4.89 мас. %) фигуративные точки пород попадают в поле субщелочной серии. Такие искажения в петрохимическом составе являются результатом наложенных постмагматических процессов. Четкий тренд увеличения железистости и содержания  $\text{TiO}_2$  (от 1.5 до 2.58 мас. %) соответствует толеитовой серии пород (см. рис. 14).

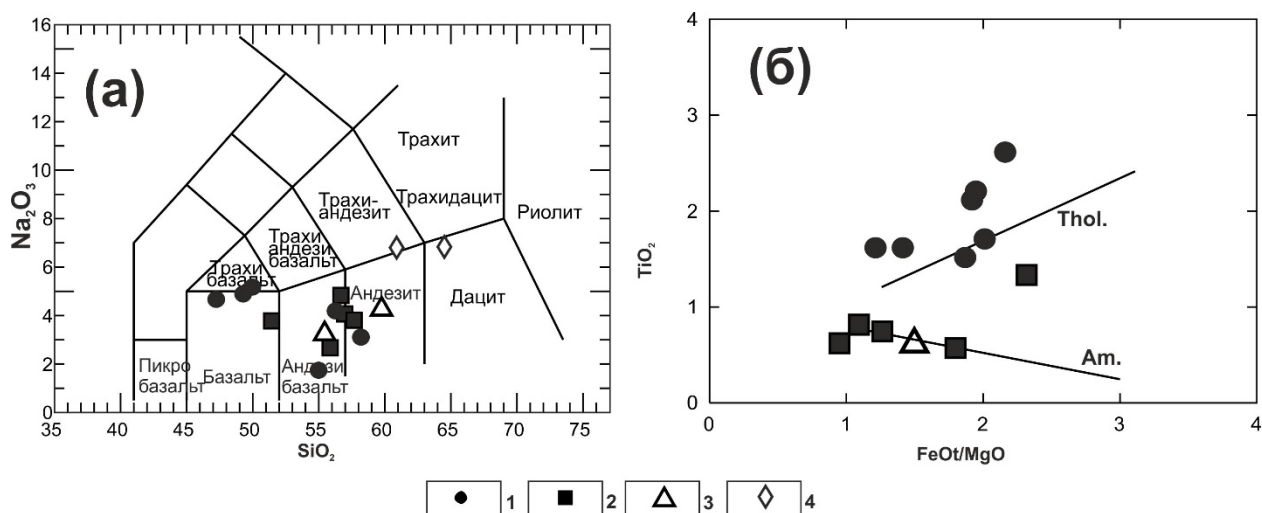


Рисунок 14. Классификационные диаграммы для вулканических пород Отрожинской пластины.

*а - зависимости  $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ; б – зависимости  $\text{TiO}_2 - \text{FeO}^*/\text{MgO}$  (Miyashiro, 1974). Тренды: Thol. – толеиты; Am-Амаги. Условные обозначения: 1 – базальтоиды вулканогенного комплекса Отрожинской пластины; 2-4 – породы вулканогенно-осадочного комплекса Отрожинской пластины: 2 – андезиты, кварцевые диориты пачки 2; 3 – туфы среднего состава пачки 2; 4 – галька дацитов из конгломератов пачки 3.*

Спектр распределения редких земель (РЗЭ) (рис. 15 а) показывает деплетированность легкими РЗЭ относительно тяжелых ( $(La/Yb)_n = 0.75 - 1.07$ ), а также низкие концентрации РЗЭ в целом ( $(La+Sm+Yb)_n = 52.01-110.39$ ). Спайдер-диаграммы редких элементов, здесь и далее нормированных на N-MORB, образуют плоскую линию (см. рис. 15 б), то есть отсутствует Ta-Nb минимум, типичный для супрасубдукционного магматизма ( $Nb/Nb^* = 0.6-1.19$ ;  $Ta/Ta^* = 0.82-1.45$ ).

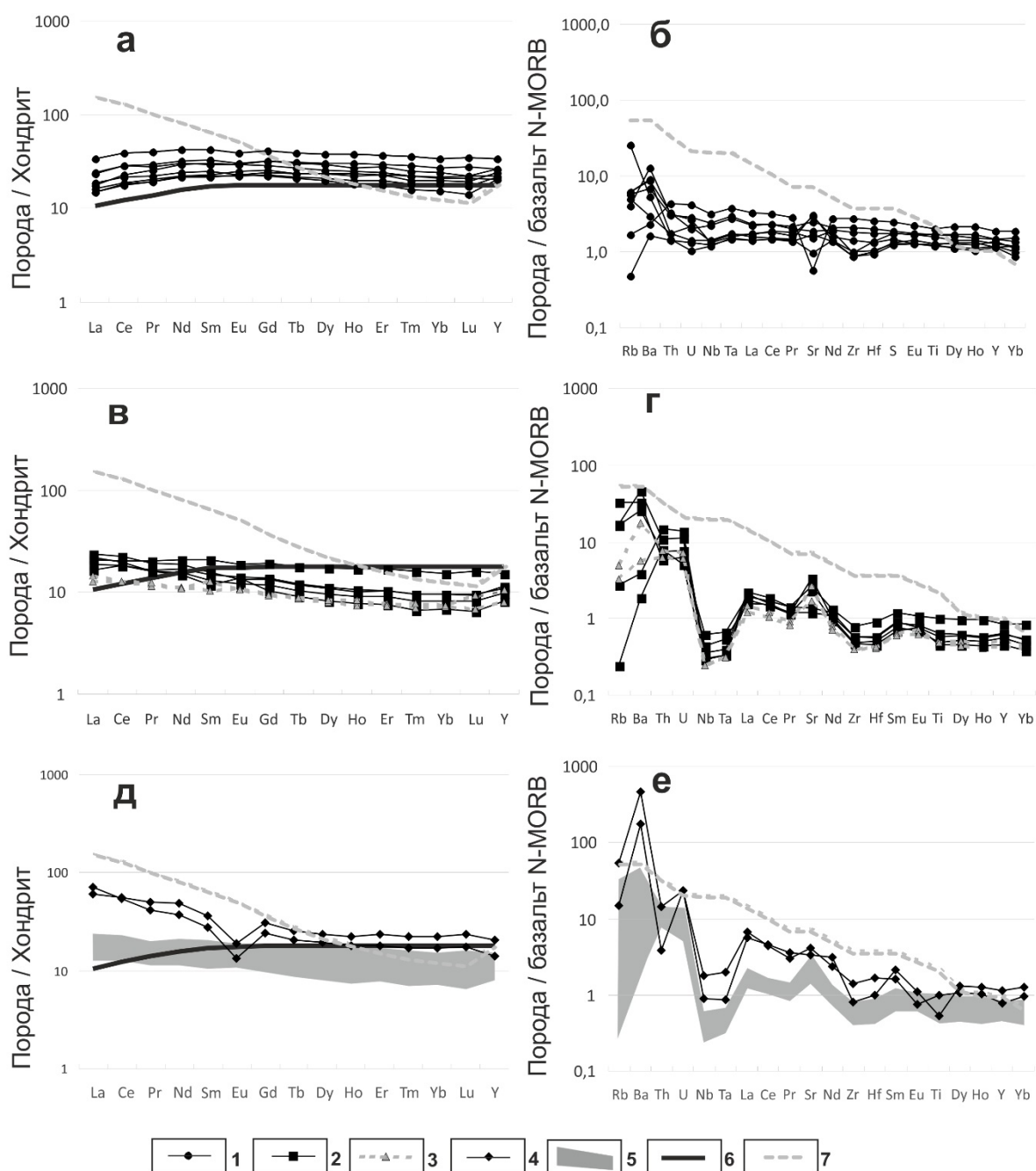


Рисунок 15. Графики распределения редких элементов для вулканических пород Отржонинской пластины.

Состав базальтов N-MORB и хондритов по (Sun, McDonough, 1989). а, б – спектры распределения рассеянных элементов базальтов, надстраивающих ультрабазит-

габбровую часть Отрожинской пластины; в, г - спектры распределения рассеянных элементов для туфов и андезитов пачки 3; д, е - спектры распределения рассеянных элементов для гальки вулканических пород из конгломератов пачки 3.

Условные обозначения: 1 – базальтоиды вулканогенного комплекса Отрожинской пластины (n=8); 2-4 – породы вулканогенно-осадочного комплекса Отрожинской пластины: 2 – андезиты, кварцевые диориты пачки 2 (n=5); 3 – туфы среднего состава пачки 2 (n=2); 4 – галька дацитов из конгломератов пачки 3 (n=2); 5 – поля составов всех вулканогенных пород пачки 2 (n=7); 6 - спектр базальтов типа N-MORB (Sun, McDonough, 1989); 7 – спектр базальтов океанических островов (Sun, McDonough, 1989).

Колебания содержания крупноинных литофильных (КИЛ) элементов объясняются постмагматическими изменением пород. На дискриминантных диаграммах фигуративные точки составов пород образуют кучные скопления и, в основном, попадают в поля базальтов типа N-MORB (рис. 16 а). На диаграмме La/10-Y/15-Nb/8 (Cabanis et. al., 1989) (см. рис. 16 б), составы пород частично тяготеют к полям слабо обогащенных базальтов и базальтов задуговых бассейнов.

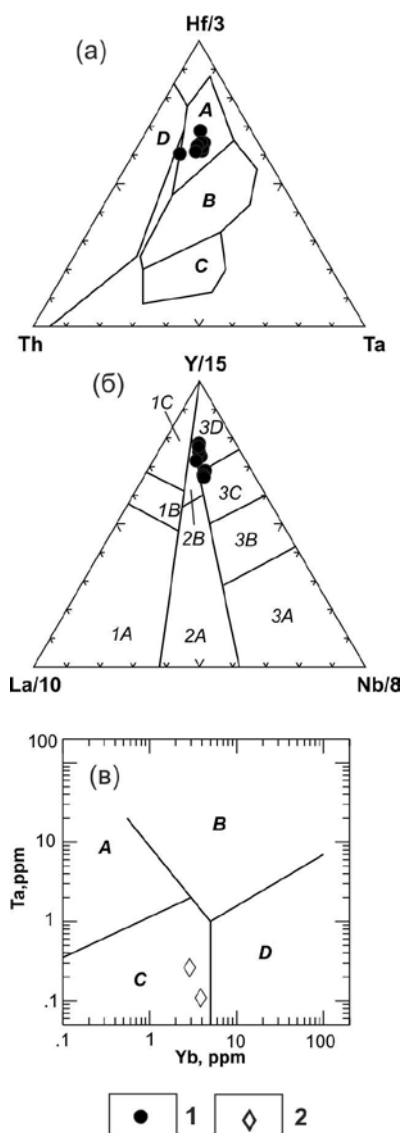


Рисунок 16. Дискриминантные диаграммы для вулканических пород Отрожинской пластины.

Условные обозначения: 1–базальтоиды вулканогенного комплекса; 2– галька дацитов из конгломератов пачки 3.

а. диаграмма зависимости Th-Hf/3-Ta (Wood, 1980). Поля на диаграмме: А – N-тип MORB; В - E-тип MORB и внутриплитные толеиты; С – внутриплитные щелочные базальты; D – базальты вулканических дуг.

б. диаграмма зависимости La/10-Y/15-Nb/8 (Cabanis et. al., 1989). Поля на диаграмме: 1 базальты вулканических дуг (1А известково-щелочные базальты; 1С – островодужные толеиты; 1В – известково-щелочные базальты и островодужные толеиты); 2 – континентальные базальты (2А – континентальные базальты; 2В – базальты задуговых бассейнов); 3 – океанические базальты (3А – щелочные базальты внутриплитных континентальных рифтов; 3В, 3С – E-тип MORB; 3В – обогащенные; 3С – слабо обогащенные; 3D – N-тип MORB).

в. диаграмма зависимости Ta-Yb (Pearce et al., 1984) Поля на диаграмме: А – коллизионные граниты; В – внутриплитные граниты; С – граниты вулканических дуг; D – граниты океанических хребтов.

Таким образом, вещественный состав пород вулканогенного комплекса указывает на их сходство с базальтами срединно-океанических хребтов. Не исключено присутствие в составе пород обогащенной компоненты и их образование в задуговом бассейне.

*Туфы и лавы вулканогенно-осадочного комплекса* были опробованы в количестве 7 образцов вдоль левого борта руч. Отрожного и юго-восточного склона г. Отрожная, снизу вверх по разрезу (см. рис. 7, 8). Туфы (*обр. 11-37-2; 11-37-5*) сложены обломками андезитов, сцементированных хлоритом и карбонатом. По размеру обломков туфы мелкообломочные (псаммитовые) до крупнообломочных (агломератовые). Опробованные потоки вулканических пород (*обр. 11-38; 11-38-1; 11-43; 11-44*) представлены андезитами. Структура пород порфировая, миндалекаменная; структура основной массы пилотакситовая, криптокристаллическая (рис. 17 а, б). Порфировые вкрапленники представлены пироксеном и плагиоклазом, основная масса - альбитизированным плагиоклазом, погруженным в раскристаллизованное вулканическое стекло. Акцессорные минералы представлены апатитом и рудным минералом; вторичные минералы — карбонатом, эпидотом, хлоритом, серицитом. Встречаются породы полнокристаллического облика (07-108/2), по минеральному составу отвечающие кварцевым диоритам, с диоритовой структурой. Плагиоклаз и пироксен в них интенсивно замещены карбонатом и хлоритом соответственно. В интерстициях развивается кварц (рис. 17 в).

Содержания петрогенных и рассеянных элементов в туфах и андезитах очень близки между собой и имеют одинаковые распределения. По соотношению содержаний кремнекислоты (54.9-59.1 мас. %) и щелочей (2.6 -4.8 масс.%) составы попадают в поля основных и средних пород (см. рис. 14 а) и образуют тренд, характерный для субщелочных пород (см. рис. 14 б). Содержания окиси титана не превышает 1 % (до 0.81 мас. %).

Спектры распределения РЗЭ (см. рис. 15 в) имеют отрицательный наклон и характеризуются обогащением всеми легкими РЗЭ относительно тяжелых ( $(La/Yb)_n = 1.4-3.2$ ). Суммарное содержание РЗЭ  $(La+Sm+Yb)_n$  до 49.2 хондритовых норм (см. рис. 15 в). Спайдер-диаграммы редких элементов для туфов и андезитов обладают дифференцированным характером распределения несовместимых элементов (см. рис. 15 г) относительно базальтоидов вулканогенного комплекса. Для всех пород пачки 2 наблюдаются повышенные содержания КИЛ элементов (Rb, Ba, Cs), слабо проявленный Ti минимум. Характерно обеднение относительно N-MORB всеми элементами группы высокочarged элементов (ВЗЭ), Ta-Nb минимум ( $Nb/Nb^* = 0.06-0.17$ ;  $Ta/Ta^* = 0.07-0.19$ ), а также повышенные концентрации Th. Такой характер распределения элементов-примесей типичен для вулканических пород островных дуг (Фролова, Бурикова, 1997).



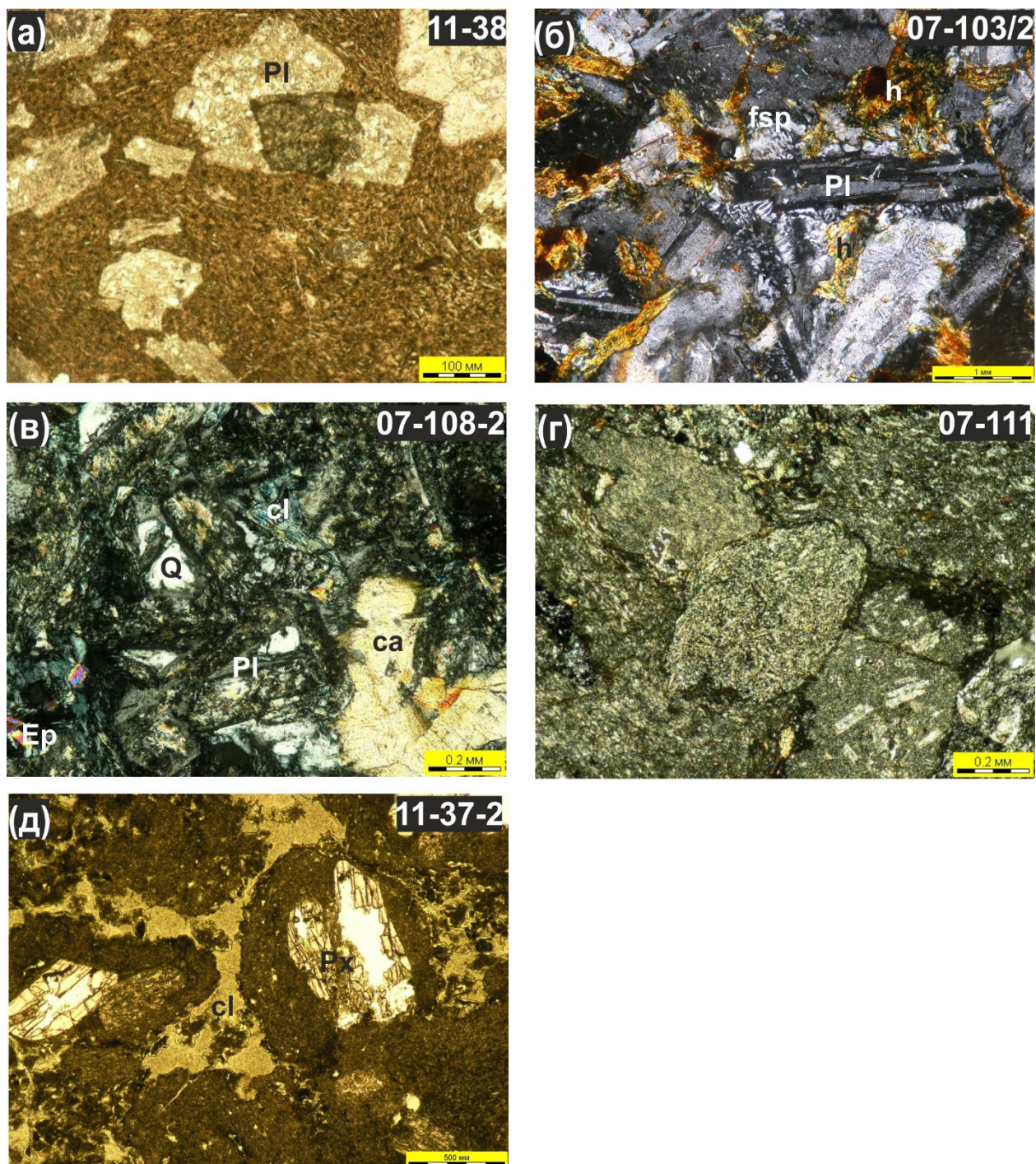


Рисунок 17. Фотографии шлифов вулканогенных пород пачки 2 вулканогенно-осадочного комплекса Отрожнинской пластины.

*а – порфировый андезит с пилотакситовой основной массой; б – диорит с мелкозернистой диоритовой структурой; в- кварцевый диорит; г – псаммитовый туф с витрокластами андезитов; д – витрокластический туф с обломками порфировых андезитов.*

Галька вулканических пород из конгломератов пачки 3. Были проанализированы две гальки, которые представлены дацитами. Структура пород порфировая; фенокристаллы представлены плагиоклазом, резорбированным биотитом, призматической роговой



обманкой, замещенной хлоритом (рис. 18 а, б). Структура основной массы микропузыристая, гиалопелитовая. По распределению рассеянных элементов породы в целом сходны с вулканогенными породами пачки 2 (см. рис. 15 д, е), однако имеется ряд отличий. Отмечаются более высокие: отношения легких РЗЭ к тяжелым  $((La/Yb)_n = 2.6 - 4.2)$ ; суммарное содержание РЗЭ  $(La+Sm+Yb)_n$  до 118,8 и небольшие Eu минимумы. Также для дацитов характерны более высокие абсолютные содержания КИЛ и ВЗЭ элементов. Значения Nb-Ta минимумов остаются близкими  $(Nb/Nb^*=0.07-0.14; Ta/Ta^*=0.07-0.15)$ . На дискриминантной диаграмме отношения Ta-Yb (Pearce et al., 1984), которая используется для геодинамических обстановок гранитов, точки составов дацитов расположены в поле гранитов вулканических дуг (см. рис. 16 в). Таким образом, образование дацитов происходило в островодужной обстановке. Разница составов с вулканогенными породами пачки 2 объясняется более дифференцированным составом дацитов, и нельзя исключать возможность их образования из одного источника.

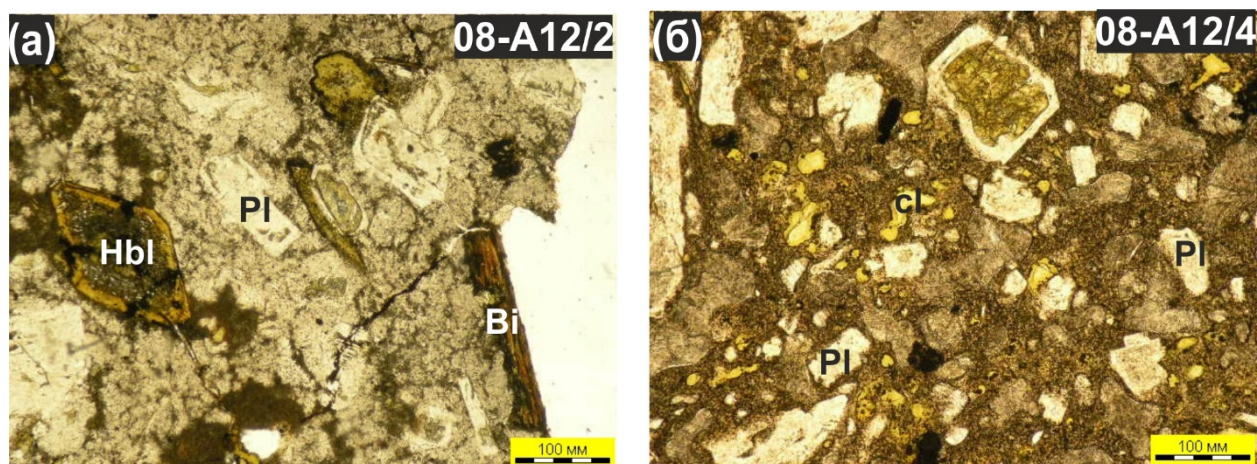


Рисунок 18. Фотографии шлифов гальки вулканических пород из конгломератов пачки 3 вулканогенно-осадочного комплекса Отрожнинской пластины.

*а – дацит порфировый, фенокристаллы представлены псевдоморфозами роговой обманки, с реликтами призматической формы, резорбированным биотитом и плагиоклазом; б – дацит с микропузыристой гиалитовой структурой. Основная масса представлена раскристаллизованным стеклом.*

### 3.1.3. U-Pb датирование цирконов

Были проанализированы (метод LA-ICP-MS) 20 зерен циркона из плагиогранит-порфиров (обр. 07-134). Пробы были отобрана из тела меланжа основания Отрожнинской пластины. В пределах меланжа и габбро-гипербазитового комплекса Отрожнинской пластины подобные плагиограниты прорывают габброиды (см. рис. 7, 8). Конкордатный возраст, рассчитанный по 20 точкам составляет  $547 \pm 17$  млн лет.

Цирконы из туфогравелита (приложение 2) основания пачки 1 (образец 07-107) представлены плохоокатанными и идиоморфными зернами с призматическим габитусом (рис. 19). Размер зерен меняется от 50 до 300 мкм,  $K_{удл.}=2.0-4.2$ . Внутреннее строение цирконов характеризуется хорошо выраженной осцилляторной зональностью. Цирконы (см. табл. 2) из цемента базального конгломерата пачки 3 (образец 07-111/8) отличаются морфологией кристаллов и представлены средне - и хорошо окатанными зернами, с редкими реликтами граней кристаллов (см. рис. 19). Размер зерен меняется от 50 до 170 мкм,  $K_{удл.}=1.0-1.5$ . Для цирконов характерна магматическая зональность, явные ксеногенные ядра отсутствуют.

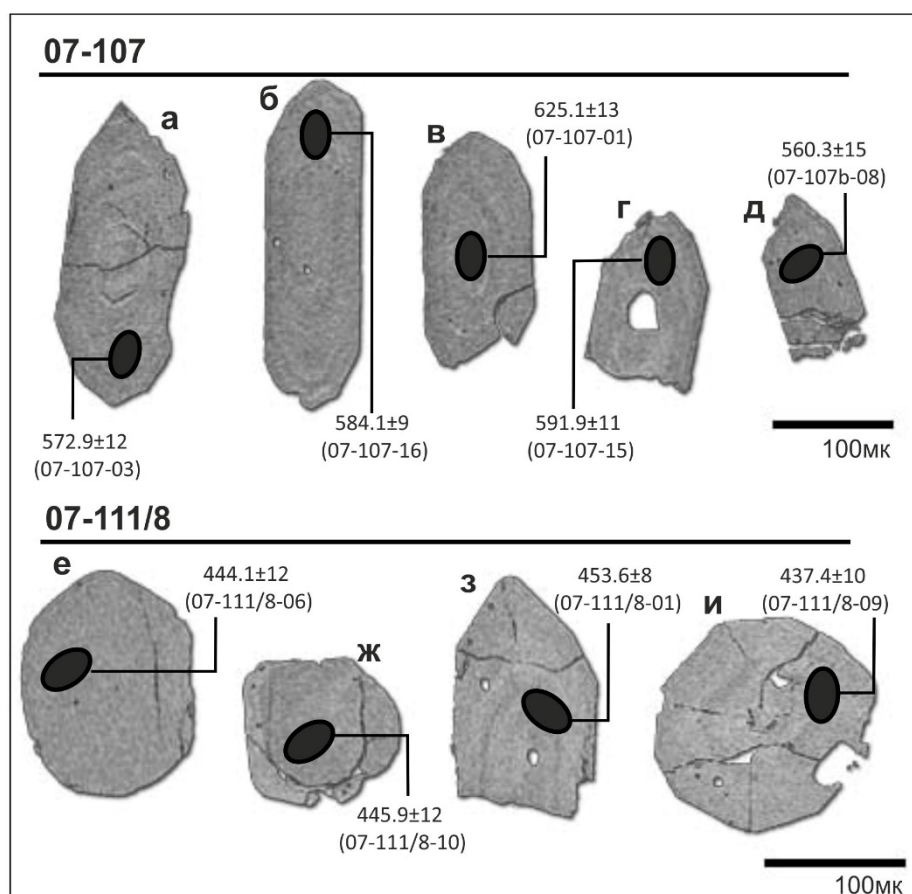


Рисунок 19. Снимки до датирования, в обратно-рассеянных электронах (BSE) для репрезентативных обломочных цирконов из пород вулканогенно-осадочного комплекса Отрожнинской пластины.

Датировки получены на ионном микрозонде SHRIMP II. Овалом указаны точки анализа. Для каждого образца указаны U-Pb возрасты в млн. лет. В скобках номер зерна циркона, соответствует табл.2 Цирконы из туфогравелита, образец 07-107 (а-д) имеют призматический габитус и плохо окатаны. Цирконы из цемента конгломерата, (образец 07-111/8 (е-и)) в подавляющем большинстве средне- и хорошо окатаны, имеют изометричную форму.

На кривой вероятного распределения  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  возрастов цирконов из туфогравелита выделяется единичное зерно с возрастом  $1995 \pm 22$  млн лет; все остальные зерна ( $n=49$ ) образуют единый четкий пик, соответствующий возрасту в 571 млн лет (рис. 20 а). Средневзвешенный возраст зерен образующих пик, составляет  $563 \pm 7.3$  млн. лет. На кривой  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  возрастов для цирконов из цемента конгломерата отмечается один ярко выраженный пик с возрастом в 432 млн лет (см. рис. 20 б), средневзвешенный возраст  $439 \pm 5.3$ . На график вынесены две кривые для цирконов с возрастом моложе 800 млн лет (см. рис. 20 в). Для каждого из образцов характерен небольшой, в пределах погрешности определения, разброс в возрасте цирконов, что указывает на первый цикл седиментации для изучаемых образцов и наличие одного источника зерен цирконов в области размыва. При этом видны различные возрасты детритовых зерен циркона для каждой породы, что указывает на наличие двух разных источников сноса и на их смену вверх по разрезу.

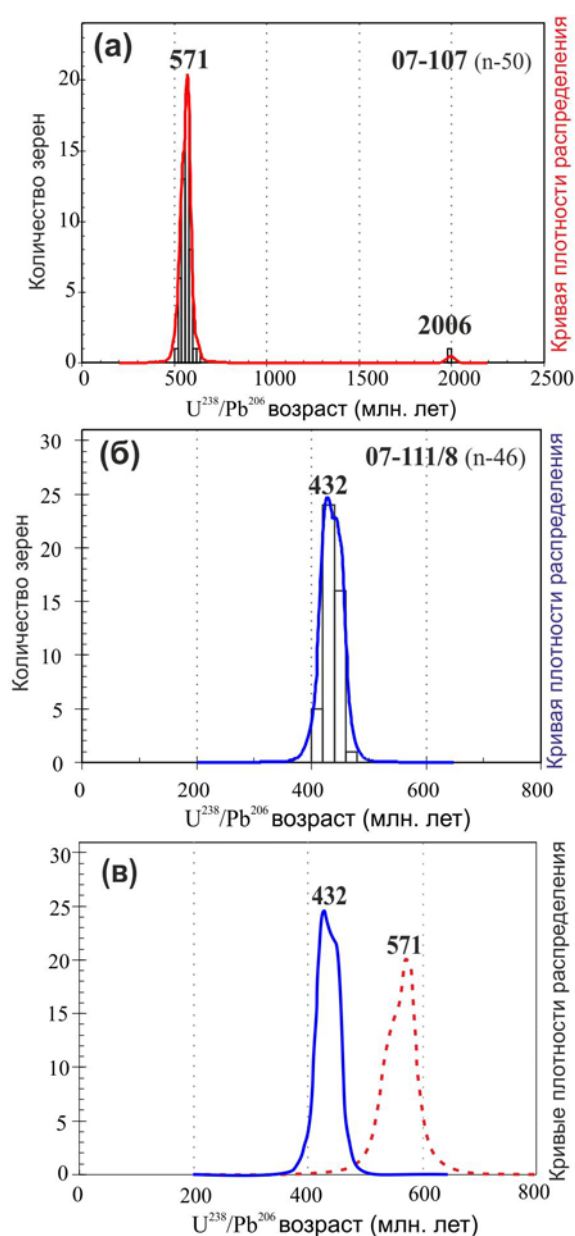


Рисунок 20. Гистограмма и график плотности распределения U-Pb возрастов для обломочных цирконов вулканогенно-осадочного комплекса Отрожнинской пластины, построенные с использованием Isoplot/Ex 4.15 (Ludwig, 2003).

(а) для цирконов из туфо-гравелитов основания пачки 1 (образец 07-107); (б) для цирконов из цемента конгломератов пачки 3 (образец 07-111/8); (в) сравнение популяций детритовых цирконов терригенных пород Отрожнинской пластины, моложе 800 млн лет. Пунктирной линией показана кривая образца 07-111/8, сплошной – 07-107.

### 3.2. Комплексы палеозойского (?) возраста (Толовская пластина)

Породы, условно отнесенные к палеозойским (Захаров, 1974; Толовская пластина по Александров, 1978), были изучены вдоль бортов р. Еонайваам и ее притоков. В южном продолжении аналогичные структуры были исследованы вдоль левого притока среднего течения р. Маврина и р. Толовка (см. рис. 4, 5, 6).

#### 3.2.1. Геологическое строение комплексов и состав пород

Рассматриваемые участки представляют собой серпентинитовый полимиктовый меланж, который протягивается полосой с СВ-ЮЗ не более 2 км. в ширину. В пределах бассейна р. Еонайваам тело меланжа обнажается из-под пород Усть-Бельского массива. Контакт между породами отчетливо выражен в виде уступа в правом борту реки, который бронируется гипербазитами Усть-Бельского массива. Восточнее, до русла реки, борта имеют пологий наклон с останцевым типом рельефа (рис. 21 а). Помимо этого, меланж обнажается в левом притоке среднего течения р. Еонайваам, в эрозионных окнах размером 100х100м. В левом притоке р. Маврина меланж вскрывается в виде узкой полосы из-под молодых палеоген-неогеновых и четвертичных отложений. Матрикс представлен серпентинитами, измененными до милонитов и эпидот-хлорит-актинолитовых сланцев (рис. 21б). Размер тектонических блоков колеблется от первых до десятков метров. Состав блоков изменчив, что можно объяснить либо различным уровнем эрозионного среза тела меланжа, либо его плохой изученностью. На протяжении всего меланжа встречаются разноразмерные блоки ультраосновных пород и амфиболизированных габбро. На северо-востоке меланжа в верховьях р. Еонайваам большинство блоков представлено катаклазированными тоналитами, амфиболитами и метаморфизованными яшмами. Большая часть меланжа бассейна р. Еонайваам представлена блоками переслаивания метапесчаников с черными глинистыми сланцами (рис. 21в). Мощность прослоев колеблется от долей см. до 10-15 м. В тонкослоистых разностях сохраняется косая слоистость (см. рис. 21г). Породы смяты в узкие складки (рис. 21д) и кливажированы (см. рис. 21е). Преобладают бластопелитовые и бластоалевролитовые структуры, в редких случаях можно отметить реликтивно-биогенную структуру (фото 22а). Все песчаники имеют преимущественно кварцевый состав и представлены олигомиктовыми песчаниками. Метапелиты содержат силлы и дайки метаморфизованных базальтов, габбро и долеритов, которые порой изменены до сланцев (см. рис. 21д, ж). Мощность силлов колеблется от 0,5 до 30 м. В редких случаях в породах сохраняются реликты подушечной отдельности (см. рис. 21 з). В университете г. Фэрбенс (Аляска) П. Лэйером, был измерен Ar-Ar возраст монофракции амфибола из блока амфиболитового сланца (обр. UB-07-32) р. Еонайваам, который соответствует  $265.3 \pm 2.6$  млн. лет.







Рисунок 21. Фотографии пород условно Палеозойского возраста бассейна р. Еонайваам.

*а* – типичный останцевый рельеф долины р. Еонайваам; *б* – контакт рассланцеванных серпентинитов и метаосадочных пород; *в* – переслаивание черных глинистых сланцев и метапесчаников; *г* – косая слоистость в метапесчаниках; *д* – глинистые сланцы смяты в узкие складки и содержат тектонизированные силлы спилитов; *е* – глинистые сланцы разбиты кливажем плейчатоности (*S1*) и содержат линзу кварцевого метапесчаника (пунктирная линия); *ж* – тектонизированные силлы спилитов среди глинистых сланцев; *з* – реликты подушечной отдельности в спилитах.

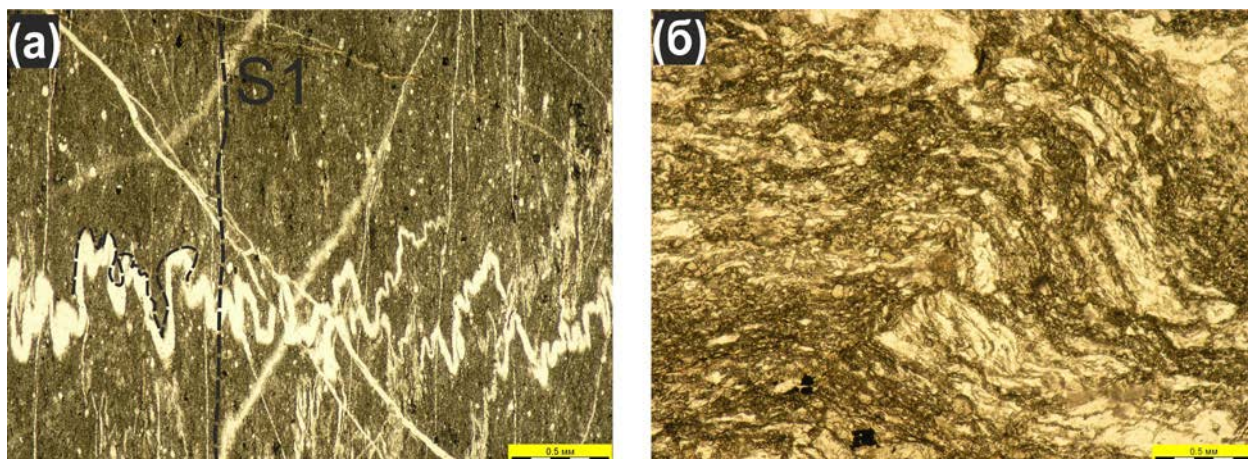


Рисунок 22. Фотографии шлифов пород условно палеозойского возраста (Толовая пластина).

*а* – глинистый сланец, бластоалевропелитовая и микролепидобластовая структура, с сланцеватой (*S1*) текстурой. Порода пересекается жилами нескольких генераций. Кварцевые жилы смяты в изоклинальные складки (отмечено пунктирной линией) кварцевыми жилами. Осевая поверхность складок параллельна кливажу; *б* – альбит-серицит-эпидотовый сланец, образованный по вулканитам и вулканогенно-осадочным породам, меланж западного склона г. Эльденыр.

В районе левобережья р. Маврина (см. рис. 5) большая часть блоков имеет габбро-гипербазитовый состав. Встречаются metabазальты, гнейсовидные мусковитовые граниты, метаморфизованные вулканогенные породы, глаукофан-эпидот-альбитовые сланцы, метаморфизованные яшмы. Из блока бордовых яшм (обр. 07-120) были выделены титонские радиолярии: *Zhamoide llumovum Dumitrica*, *Williriede llumcarpaticum Dumitrica*, *Archaeodictyomitra apiara Rust*, *A. rigida Pessagno*, *Parvicingulasp.*

На простирации описанного тела меланжа, в 20 км. юго-западнее, в западных отрогах г. Эльденыр обнажается серпентинитовый меланж. Восточный контакт протягивается вдоль границы с породами Эльденырского массива. Природа контакта неясна. С запада меланж перекрыт отложениями сенона. Блоки меланжа представлены гипербазиитами и альбит-

серицит-эпидотовым сланцами, образованными по вулканитам и вулканогенно-осадочным породам основного состава (см. рис. 22б).

### 3.2.2. U-Pb датирование обломочных цирконов

Из блока олигомиктового песчаника, встреченного в меланже бассейна р. Еонайваам были датированы 93 зерна обломочных цирконов методом LA-ICP-MS (приложение 3). Все зерна имеют допалеозойские U/Pb возраста (см. рис. 23 а, б).

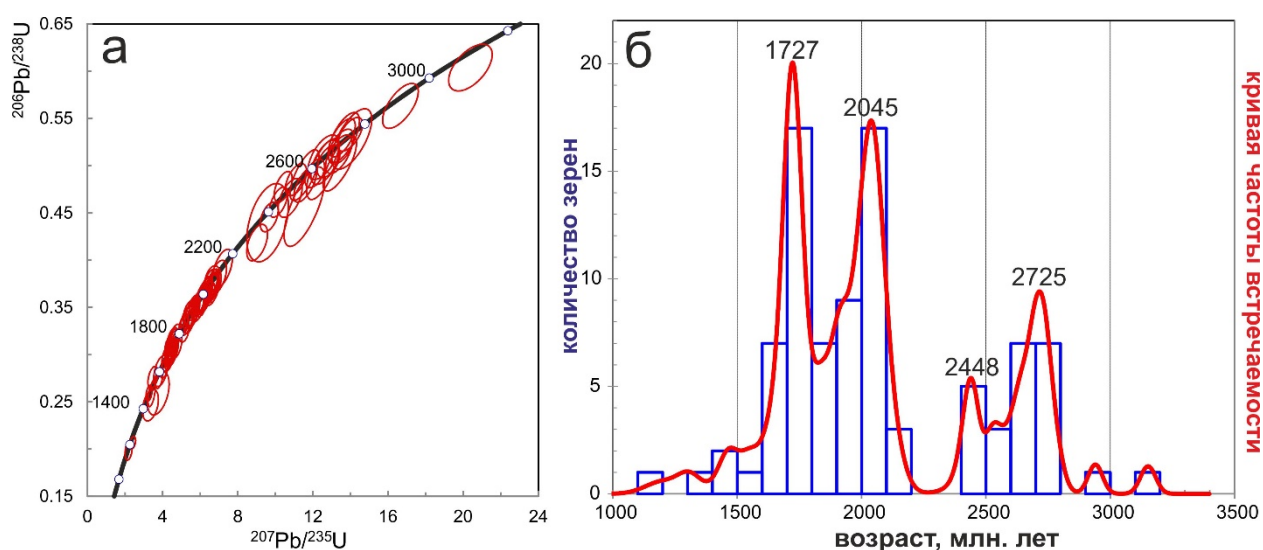


Рисунок 23. U-Pb изотопные данные для обломочных цирконов (обр. 2003/06) из блока в меланже р. Еонайваам.

*а - диаграмма с конкордией. На диаграмме эллипсы соответствуют погрешностям определений отношений для каждого зерна  $\pm 2\sigma$ ; б - гистограмма и график плотности распределения (PDF) U-Pb возрастов обломочных цирконов. Цифрами подписаны возраста отдельных популяций.*

Для определения нижнего предела возраста осадконакопления (max depositional age) была выбрана самая молодая популяция (>3 зерен) цирконов, с нормальным распределением кривой плотности вероятности (рис. 24а).

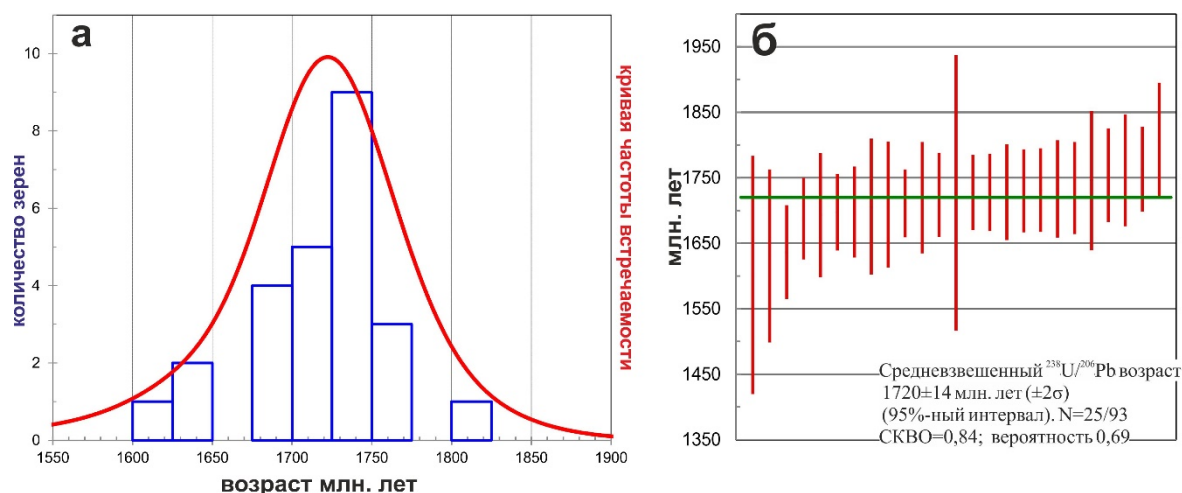


Рисунок 24. Определение нижнего предела возраста осадконакопления по обломочным цирконам (обр. 2003/06) из блока в меланже р. Еонайваам.

а - гистограмма и график плотности распределения (PDP) U-Pb возрастов для самой молодой популяции; б - расчет средневзвешенного возраста для молодой популяции. Красные линии соответствуют посчитанному  $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$  возрасту для отдельных зерен циркона, с учетом погрешности на уровне 2σ. N – количество зерен, принятых в расчет от общего числа датированных зерен.

К данной популяции отнесены 28 % (от общего числа измеренных) зерен, их возрастной интервал колеблется от 1600 до 1825 млн лет, с пиком в 1727 млн лет. Средневзвешенный возраст популяции составляет 1720±14 млн лет (рис. 24 б). В распределении цирконов выделяются интервалы 1800-2150; 2400-2520; 2580-2800 млн лет, которым соответствуют максимумы 2045 (39%), 2448 (8%), 2725 (17%) млн лет (см. рис. 23 б). Циркон древнее 2800 млн лет не образует статистически значимых пиков.

### 3.3. Терригенные отложения средней юры, верхней юры – нижнего мела (Мавринская, Удачинская пластины).

В данной главе рассмотрены туфо-терригенные породы средней юры – нижнего мела, распространённые на западе Усть-Бельских гор. Они слагают Мавринскую и Удачинскую тектонические пластины (Александров, 1978; см. рис. 4, 5).

#### 3.3.1. Геологическое строение района р. Левая Маврина (Мавринская пластина)

Мавринская пластина (Александров, 1978) сложена, главным образом, отложениями средней юры, которые были изучены вдоль бортов р. Левая Маврина и ее правого притока. Основание разреза не вскрыто (рис. 5, 6). Породы подвержены интенсивным хрупким деформациям, которые проявлены неравномерно. На большей части Мавринской пластины наблюдаются зоны (видимая мощность 0,5-1,5 км) широкого развития объемной, беспорядочной трещиноватости. В таких зонах невозможно установить первичные взаимоотношения пород, контакты между отдельными литологическими разностями сорваны. Характерны маломощные зоны трения, расчленения, дуплекс-структуры. В среднем течении р. Левая Маврина интенсивно развиты будинаж и структуры «broken formation», где более компетентные псаммитовые породы заключены в сильно тектонизированные отложения пелитовой размерности (рис. 25 а). На отдельных участках отмечается ненарушенное флишеидное чередование туфо-терригенных пород (см. рис. 25 б) видимой мощностью от 20 до 80 м. Мощность отдельных пачек колеблется от 5-80 см до 2-3м. На поверхностях наблюдаются знаки ряби. Оценить внутреннюю структуру толщи невозможно из-за недостаточной обнаженности. В верхнем течении левобережья р. Лев. Маврина автором диссертации собраны остатки *Retroceramus ex gr. porrectus* (Eichw.), свидетельствующие о среднеюрском возрасте отложений (заключение В.А. Захарова; Гульпа, 2014). Рядом, в среднем течении р. Лев. Маврина, впервые были найдены бухии *Buchia keyserlingi* Trd., *B. ex gr. crassicolis* Keys., *B. sp. indet.* (заключение В.А. Захарова), датирующие отложения валанжином - нижним готеривом. Однако установить взаимоотношения со среднеюрскими породами не удалось.

Толща сложена различными вулканогенно-осадочными породами. Преимущественно это серовато-зеленые мелкозернистые туфопесчаники и туфоалевролиты. В подчиненном количестве находятся псефитовые, грубозернистые псаммитовые туфогенные породы, туфы среднего состава, потоки андезитов. В зависимости от соотношения обломочного и пирокластического материала выделяются различные типы пород. Отмечается косая слоистость и псевдошаровая отдельность. В



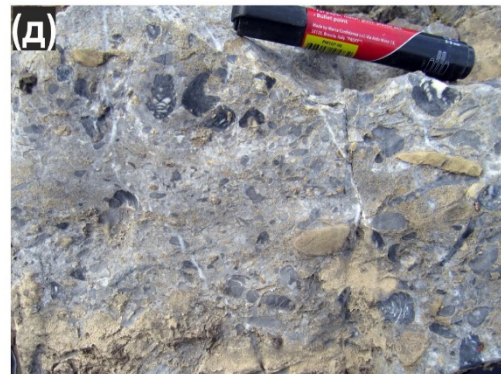


Рисунок 25. Фотографии туфотерригенных пород средней юры – раннего мела.

*а – б – обнажения вдоль левого борта р. Левая Маврина: а – будина среднезернистых туфопесчаников, заключенная в интенсивно тектонизированные туфотерригенные породы пелитовой размерности; б – переслаивание туфогенных песчаников и алевролитов; в – изометричные конкреции известковистых песчаников и алевролитов в туфотерригенных породах средней юры; г – и – обнажения вдоль среднего течения р. Коначан: г – останцы известняков, ориентированных длинной осью (отмечено стрелками) в различных направлениях (Коначанское месторождение известняков); д – темно серые органогенные обломочные известняки; е – узкие полосы зеленых сланцев и филлитов, образованных в зонах проявления динамометаморфизма; ж – мраморизованные известняки смяты в напряженные складки; з – тонкослоистые светло-желтые известковистые песчаники на поверхности глыбы мраморизованных известняков; и – тектонический микстит.*

обнажениях верхнего течения р. Левая Маврина можно встретить выдержанные горизонты мощностью до 10 см., зеленовато-желтоватых глин.

В русле ручья, расположенного восточней р. Левая Маврина, в отдельных выходах отмечаются темно-серые известняки мощностью 4 м, а также отдельные делювиальные дресвяные высыпки черного глинистого сланца и светло-желтого известковистого песчаника. Макроскопически эти породы сходны с отложениями каменноугольного возраста, описанными в вулканогенно-осадочном разрезе района г. Отрожная (пачка 4, глава 3.1). Помимо этого, тут встречен метаморфизованный кремнь с реликтовой биогенной структурой. Взаимоотношение этих пород с вмещающими туфо-терригенными отложениями неясны. Важно отметить, что юго-западнее, вдоль простирания среднеюрских пород, в бортах р. Левая Маврина также был обнаружен отдельный блок метаморфизованного сильно окварцованного кремня. Однако, известняков и глинистых сланцев обнаружено не было.

В верховьях р. Левая Маврина вскрывается серпентинитовый меланж. Он прослеживается в северном направлении до правобережья р. Маврина (см. рис. 5). Видимая мощность оценивается в 1,4 км. Его взаимоотношения со среднеюрскими отложениями не вскрыты. В работе (Александров, 1978) предполагается, что меланж перекрывает среднеюрские отложения. Доминирование СЗ падения среднеюрских пород вблизи контакта доказывает справедливость предложенных взаимоотношений. Тектонически выше тело меланжа перекрыто гипербазитами и габброидами Отрожнинской пластины. В составе блоков меланжа обнажаются гранат-содержащие амфиболиты, metabазальты, плагиограниты, гипербазиты, родингиты, по гипербазитам развиваются хлорит-антигоритовые сланцы, по габбро эпидот-хлорит-актинонолитовые сланцы.

### 3.3.2. Геологическое строение междуречья Маврина-Снежная (Удачинская пластина)

Удачинская пластина (по Александрову, 1978) сложена отложениями верхней юры и нижнего мела, которые были изучены в междуречье Толовка- Маврина (западнее г. Отрожная). Помимо этого, подобные отложения были изучены вдоль бортов р. Лев. Коначан и Снежная.

К западу от горы Отрожная отложения Удачинской пластины датированы валанжином, и по мнению В.А. Захарова (Захаров, 1974), они несогласно залегают на палеозойских образованиях. В основании развиты гравийные конгломераты и крупнозернистые туфопесчаники с включениями валунов (до 1 м) серых кремнистых сланцев и светлых известняков. Выше в песчаниках и алевролитах Г.И. Агальцовым собрана фауна валанжинского яруса (заключение К.В. Паракецова). По мнению А.А. Александрова (Александров, 1978) контакт валанжинских и палеозойских пород тектонический. Он был вскрыт в отдельных канавах и расчистках. Наши наблюдения, проведенные западнее г. Отрожная, в непосредственной близости с предполагаемым контактом, позволили отнести описываемые В.А. Захаровым конгломераты к пачке 3 вулканогенно-терригенного разреза Отрожинской пластины (глава 3.1.). Стоит отметить сходство позднемезозойских пород, распространенных в междуречье Толовка- Маврина, с недатированными породами пачки 2 вулканогенно-осадочного разреза Отрожинской пластины, которые интенсивно тектонизированы в кровле и подошве (глава 3.1.).

В междуречье Маврина-Толовка мезозойские отложения обнажены плохо (см. рис. 5, 26 разрез 1). Мощность отдельных фрагментов разреза не превышает 40-50 м. Породы представлены чередованием, часто с гравитационной слоистостью туфогенных песчаников и алевролитов, реже мергелями. Алевролиты содержат изометричные конкреции алевроитового и извесковисто-алевроитового состава (см. рис. 25 в). На данном участке породы охарактеризованы остатками *Buchia aff. volgensis* L a h ., *B. cf. terebratuloides* L a h ., *B. ex gr. lahuseni* P a v l ., *B. cf. trigonoides* L a h ., *B. cf. fischeriana* O r b . берриасского возраста (Захаров, 1974).

В пределах бассейна р. Снежная позднемезозойские породы интенсивно брекчированы. Они обнажаются в виде редких небольших скальных выходов видимой мощностью не более 15 м. (см. рис. 26 разрез 2) Породы представлены туфопесчаниками, туфоалевролитами, гравелитовыми туфами. На данном участке развиты структуры типа «broken formation».



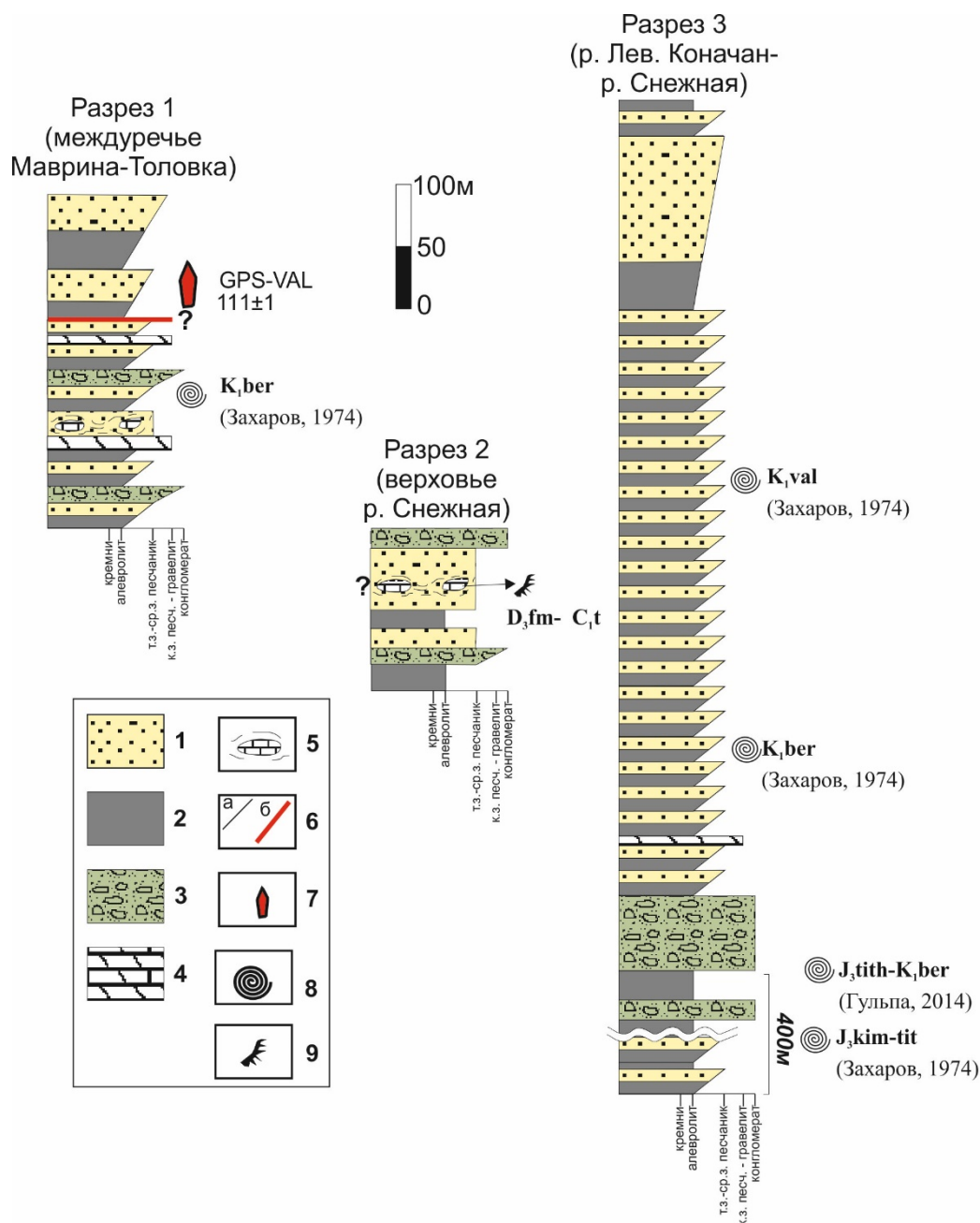


Рисунок 26. Стратиграфические колонки терригенных отложений верхней юры – нижнего мела. Разрезы 2, 3 построены с использованием материалов (Захаров, 1974).

Условные обозначения: 1 – туфо-песчаники; 2 – туфо-алевролиты; 3 – туфо-конгломераты; 4- мергели; 5 – олистостромы (?) известняков; 6 контакты: а – стратиграфические, б - тектонические; 7 – нижний предел возраста осадконакопления по возрасту обломочных цирконов, в млн лет; 8 – возраст пород по макрофауне; 9 – определения конодонтовых элементов.

В левом борту р. Лев. Коначан и верхнем течении р. Снежная вскрывается мощный разрез туфо-терригенных пород (см. рис. 26 разрез 3), датированных бухиями киммеридж-валанжином (Захаров, 1974). Собранные тут фаунистические остатки *Buchia fischeriana* Orb., *B. terebratuloides* (Lah.), *B. cf. piochii* (Gabb.), *B. ex gr. uncitoides* (Pavl.), *B. okensis* Pavl., *Euphyllloceras knoxvillensis* (Stanton, 1895) (заключение В.А. Захаров, Гульпа,



2014), охватывает диапазон от средневожского подъяруса до нижней части бореального берриаса (рязанского яруса). Породы имеют выдержанное падение на ЮВ под углом более 60°. Разрез нарушен зонами дробления, мало амплитудными взбросами и флексуообразными изгибами слоев. Породы представлены переслаиванием серых мелко и среднезернистых туфопесчаников с туфоалевролитами. Алевролиты имеют скорлуповатую, плитчатую отдельность, в них встречаются раковины и отпечатки двухстворок, аммониты и обрывки углефицированных растений (до 10 см.). Иногда горизонты туфопесчаников содержат гальку и гравий алевролитов.

В поле распространения позднемезозойских туфо-терригенных пород встречаются останцы известняков. Их выходы четко приурочены к двум условным полосам СВ-ЮЗ простирания. Первая прослеживается от верховьев р. Толовка до бассейна р. Коначан. Вторая прослеживается вдоль бассейна р. Снежная. Размеры таких останцев колеблются от первых до сотни метров. Наиболее крупные выходы описаны в верховьях р. Снежная, а также в правом борту р. Коначан, известного как «Коначанское месторождение известняков». Чаще всего это изолированные отдельные останцы известняков вытянутой формы (длина оси до 50-60 м) среди задернованного склона. Ориентированы, как правило, беспорядочно, а на р. Коначан расположены веерно (см. рис.25 г). В делювии между и вокруг останцев можно встретить зеленые алевролиты, известковистые песчаники и глинистые сланцы. Подобные породы совместно с известняками описаны в вулканогенно-осадочном разрезе г. Отрожная, а также ранее в данной главе, среди среднеюрских осадков, как породы «спутники» известняков.

В бассейне р. Снежная установлено, что зеленые алевролиты залегают ниже известняков и падают на СЗ. В остальных случаях установить элементы внутренней структуры не удастся. Один из останцов известняков содержат *Bispathodus* sp., *Icriodus* sp. (конический элемент), *Palmatolepis* sp., что указывает на их D<sub>3</sub>fm<sub>2</sub>- C<sub>1</sub>t возраст. Среди известняков выделяются два типа. Наиболее распространены светло-серые, серые органогенно-обломочные известняки. Второй тип распространен только в правом борту р. Коначан, представлен темно-серыми, почти черными известняками массивного облика, пронизанными множеством кальцитовых прожилок и содержащими отпечатки фауны (см. рис. 25 д).

Важно отметить результаты наблюдений, проведенных по простиранию выходов известняков, которые прослеживаются от р. Толовка до р. Коначан. В левом борту среднего течения р. Коначан были описаны коренные выходы сложно деформированных пород, которые содержат множество катаклазитов. В основании вскрываются мелко и среднезернистые туфопесчаники, и туфоалевролиты. Отложения интенсивно брекчированы

и пересечены множеством поверхностей зеркал скольжения, пронизаны густой сетью трещин и содержат выдержанные полосы брекчий и катаклазитов, с падением на СЗ. Общая видимая мощность пород 40 м. Локально, в виде полос мощностью в 3 м, породы превращены в зеленые сланцы и филлиты (см. рис. 25 е). Выше вскрываются смятые в напряженные складки (см. рис. 25 ж) мраморизованные известняки (мощностью не более 10 м.), перекрытые пачкой тонкого переслаивания светло-желтых песчаников (см. рис. 25 з) и черных алевролитов. Падает толща на СЗ, под углом в  $45^0$ . Общая видимая мощность пачки не более 20 м. По простирацию пачка песчанистого состава переходит в тектонический микстит (см. рис. 25 и). Структурно выше вскрываются светло-серые, массивные известняки, единичные выходы которых прослеживаются ниже по течению вдоль левого борта р. Коначан на расстоянии 200 м.

### 3.3.3. U-Pb датирование обломочных цирконов

Для датирования обломочных цирконов был отобран образец (обр. GPS-VAL) в левом борту верхнего течения р. Толовка (см. приложение 3, рис. 5, 26 разрез 1). Порода представлена грубозернистым туфо-песчаником. Были определены 119 зерен цирконов, методом LA-ICP-MS. Для расчетов принимались конкордантные значения по взаимоотношениям  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  к  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  (рис. 27).

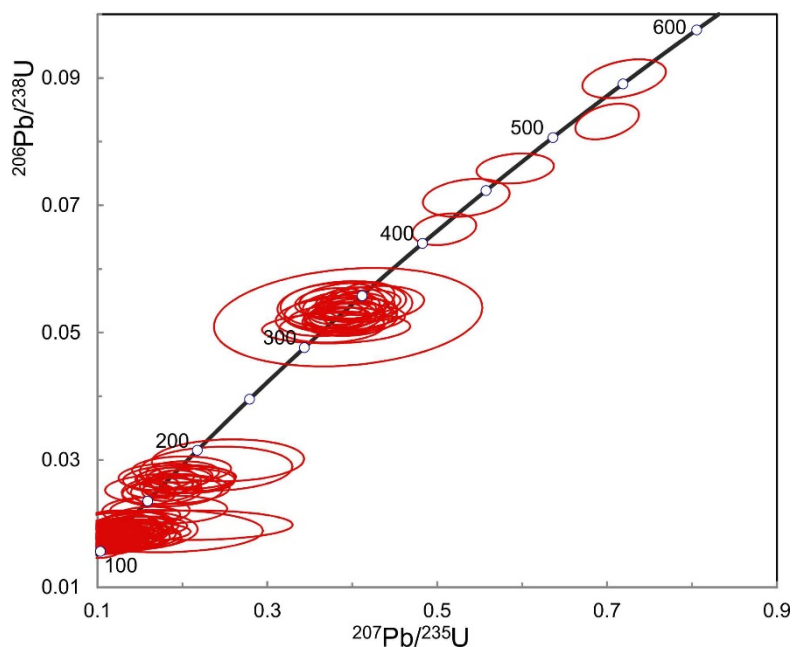


Рисунок 27. Диаграмма с конкордией для обломочных цирконов (обр. GPS-VAL) из туфопесчаника р. Толовка (Удачинская пластина).

На диаграмме эллипсы соответствуют погрешностям определений отношений для каждого зерна  $\pm 2\sigma$ .

Прошедшие проверку 111 замеров (см. табл. 3), вынесены на гистограмму (рис. 28 а). Цирконы древнее 400 млн лет представлены единичными зернами (см. рис. 28 а). Однако их присутствие в породе очень важно, и указывает на размыв палеозойских пород г. Отрожная (глава 3.1.) и докембрийских пород р. Еонайваам (глава 3.1.3). В первом случае

зерна представлены двумя интервалами 410-470 млн лет (3 зерна) и 510-560 млн лет (2 зерна) (см. рис. 28 б), во втором интервалы 1400-1950 млн лет (3 зерна), и одно зерна  $3477 \pm 47$  млн лет (см. рис. 28 а).

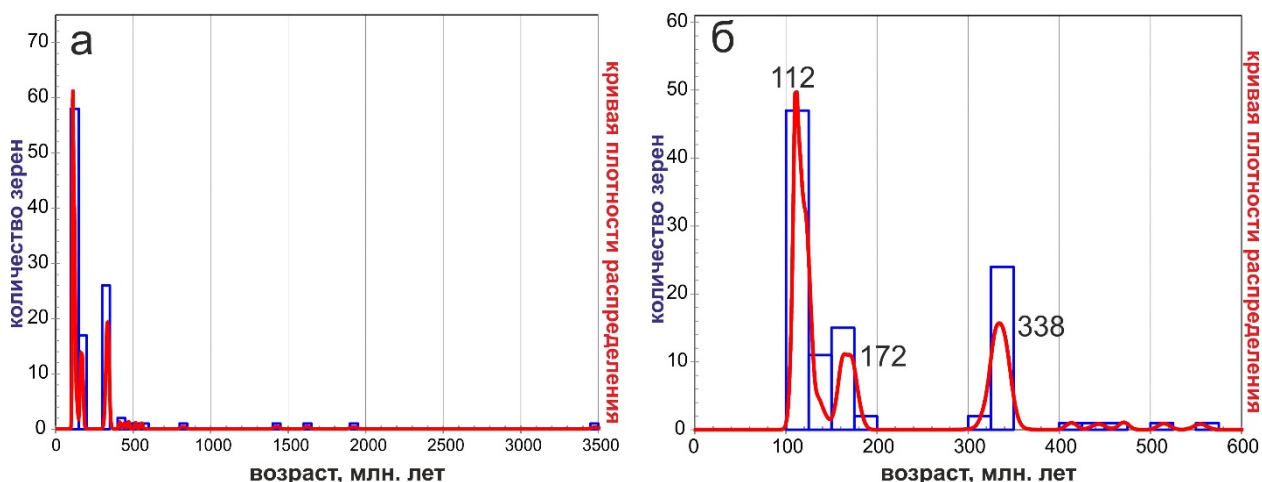


Рисунок 28. Гистограмма и график плотности распределения (PDP) для обломочных цирконов из туфо-песчаника (обр. GPS-VAL) верхнего течения р. Толовка (Удачинская пластина) в координатах: а – 0-3500 млн лет; б – 0-600 млн лет.

*Цифрами подписаны возраста отдельных популяций.*

Помимо этого, присутствует одно зерно с конкордантным возрастом  $823 \pm 37$  млн., что близко к оценкам возраста кристаллизации габбро в районе р. Толовка (Леднева и др., 2012). Четко выделяются пики 172 (15%), 338 (23 %) млн лет. Отдельно стоит отметить полное отсутствие зерен в интервале 200-300 млн лет. Самый молодой пик образуют зерна доля которых 52% от общего числа принятых в расчет.

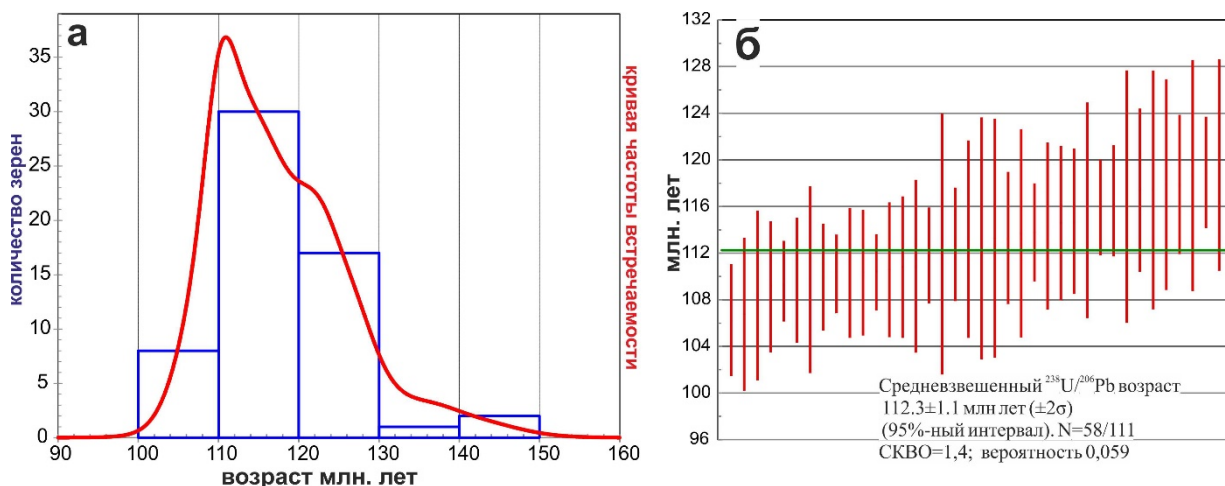


Рисунок 29. Определение нижнего предела возраста осадконакопления по обломочным цирконам (обр. GPS-VAL) верхнего течения р. Толовка (Удачинская пластина).

*а - гистограмма и график плотности распределения (PDP) U-Pb возрастов для самой молодой популяции; б - расчет средневзвешенного возраста для молодой популяции.*

*Красные линии соответствуют посчитанному  $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$  возрасту для отдельных зерен циркона, с учетом погрешности на уровне  $2\sigma$ . N – количество зерен, принятых в расчет от общего числа отобранных зерен.*

Учитывая не зрелый и туфогенный состав породы, возраст популяции, вероятнее всего, соответствует возрасту осадконакопления. Его средневзвешенный возраст  $112.3 \pm 1.1$  млн лет (см. рис. 29 а, б). U/Th соотношения для цирконов попадают в поля магматических значений, колеблются от 0,8 до 9,2 (см. приложение 3).

#### *3.3.4. Строение и состав туфо-терригенных пород*

Микроскопически были изучены породы из различных обнажений и частей разрезов средней, поздней юры и раннего мела. Все изученные породы сходны между собой по строению и составу. Они представлены туфогенно-обломочными разномерными породами. Размер обломочной части колеблется от пелитовой до псефитовой, преобладают алевролиты и мелкозернистые песчаники. Большинство пород имеют массивный облик, однако отмечаются слои с градиционной слоистостью. Обломочный материал сортирован хорошо, окатан средне-плохо. Сочленены зерна в большинстве случаев бесцементно, редкий цемент (10-15%) развит неравномерно и представлен вторичными минералами: гидрослюдами, карбонатом, эпидотом, хлоритом, глинисто-хлоритовым агрегатом. Также встречаются разности, где доля карбонатного цемента доходит до 30-40 %. Вулканогенно-обломочный материал плотно соприкасается друг с другом, образуя структуры спекания. Большое количество пирокластического материала (20-70%) определяют литокластическую, кристаллокластическую и витрокластическую структуры (рис. 30 а, б). Все породы отличаются своим слабодеформированным обликом. Среди вторичных минералов наиболее развиты хлорит и гидрослюды.

По составу обломков породы очень разнообразны. Наибольшим распространением пользуются литокластические и полевошпатовые граувакки, в случае высокой доли обломков осадочных пород – полимиктовые граувакки. Породы содержат обломки взрывно-обломочного и осадочного материала: фрагменты вулканических пород и вулканических стекол (30-70%); кристаллы полевых шпатов (10-50%); кварца (20%); фрагменты алевропелитов и туфо-аргиллитов (5-30%); пироксена (5-10%); кварц-полевошпатовых сростков (5-10%); кварцита (5%); рудного минерала (5%). Характерной чертой является наличие обломков (до 5%) сланцев кварц-хлоритового состава (см. рис. 30 в). Акцессорные минералы: апатит, рутил, циркон, сфен, биотит, амфибол. Встречаются реликты раковин, размером до 0,2-1 мм.



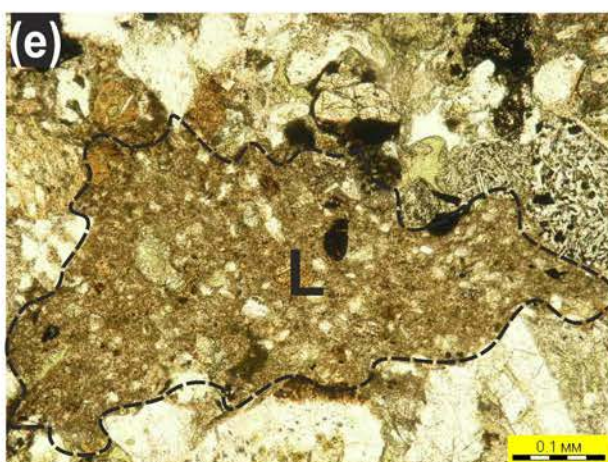
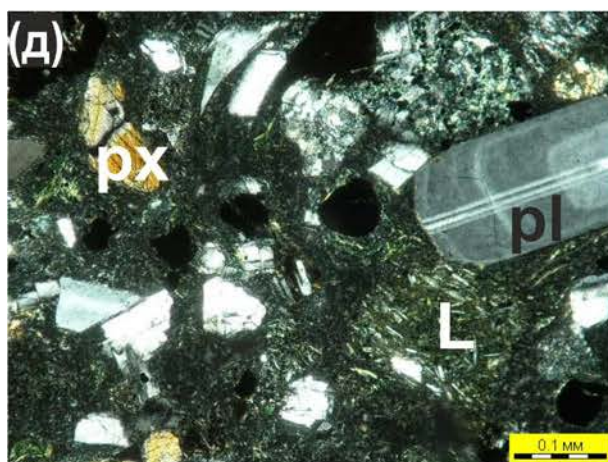
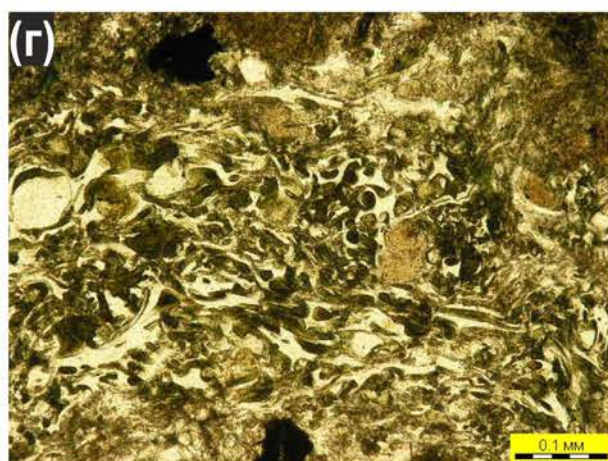
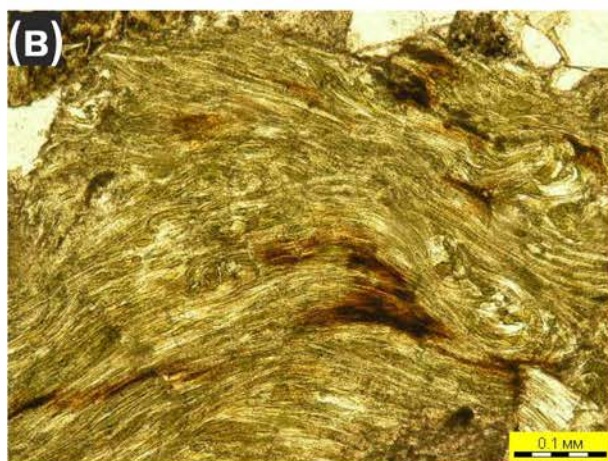
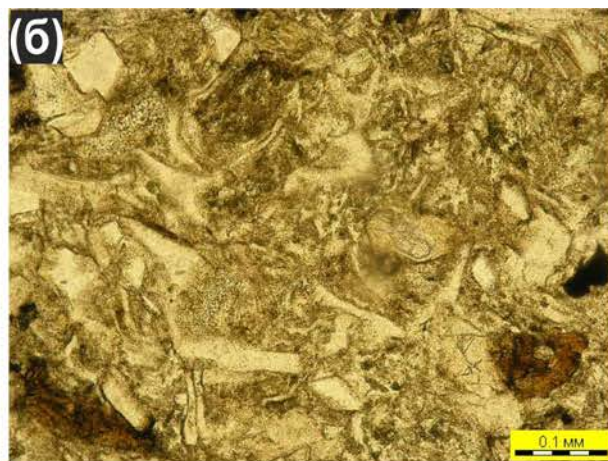


Рисунок 30. Фотографии шлифов туфотерригенных пород средней юры – раннего мела.

*а – спекшийся пирокластический материал представлен литокластами вулканических обломков и кристаллокластами пироксена и плагиоклаза; б – витрокластическая структура в туфонесчанике; в – обломок зеленых сланцев в туфонесчанике; г – пузыристая структура литокластов; д – туфо-песчаник содержит большое количество кристаллокластов плагиоклазов; е – обломки туфо-алевролитов неправильной формы; ж – в центре изображения обломки кварца средней окатанности.*

Обломки вулканических пород по составу представлены от средних до кислых. Преобладают обломки средних пород. Фрагменты вулканитов обладают миндалекаменной, интерсертальной, гиалопелитовой, пилотакситовой, микрофельзитовой, порфировой, микролитовой, фельзитовой, лейстовой структурами основной массы. Порфиры сложены пироксеном, плагиоклазом (андезин №35-40) и в редких случаях кварцем. Основная масса замещена, иногда до полных псевдоморфоз, скрытокристаллическим глинистым изотропным веществом, хлоритом, гидрослюдами, серицитом. Обломки фрагментов вулканического стекла (до 50%), замещаются мелкочешуйчатым агрегатом серецита, хлорита и гидрослюд. При замещении отчетливо проявляются крупно, мелко пузыристые и флюидальные текстуры вулканического стекла, а также характерный для породы рыжевато-зеленоватый цвет (см. рис. 30 г).

Полевые шпаты в большинстве представлены кристаллокластами кайнотипных, хорошо огранённых кристаллов плагиоклаза. Кристаллы имеют таблитчатый облик, с оплавленными гранями (см. рис. 30 д). По составу отвечают андезину № 40-50. В других случаях представлены калиевыми разностями, с характерными структурами распада. Фрагменты алевропелитов и туфо-аргиллитов встречаются в виде вытянутых обломков неправильной формы, размером до 2 мм. Подчиняются форме вмещающих их обломков, с различными языками и ответвлениями (см. рис. 30 е). Размер кварц-полевошпатовых сростков до 0,05мм. Иногда в межзерновом пространстве развиваются эпидот и мелкие чешуйки серицита. Редкие зерна пироксена имеют изометричные, оплавленные очертания. Отмечаются две генерации кварца. Первая представлена ограненными зернами. Для такого кварца крайне характерно огромное количество вростков ограненных кристаллов апатита, что указывает на его магматическое происхождение. Ко второй генерации отнесен сероватый, средне окатанный монокварц (см. рис. 30 ж). Обломки сланцев имеют кварц-хлоритовый состав. Размер обломков не более 0,3 мм.



## ГЛАВА 4. СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛГАНСКОГО ТЕРРЕЙНА

В диссертации, в состав Алганского террейна, включены породы, обнажающиеся в междуречье Анадырь - Лев. Маврина (см. рис. 5). Это противоречит опубликованной схеме террейнов Корякского нагорья (Парфенов и др., 1993; Nokleberg et al, 1992; Соколов, Бялобжеский, 1996), тем что дополнительно включает породы от р. Утесики до р. Лев. Маврина (Утесинская пластина, по (Александров, 1978)). Обусловлено это широким распространением по всей рассматриваемой площади сходных между собой вулканогенно-кремнисто-туфотерригенных пород средней юры – раннего мела (Захаров, 1974; Гульпа, 2014), которые являются типичными породами юго-восточного продолжения Алганского террейна (Шмаков, 1988; Зинкевич, 1981; Вишневская и др., 1996; Соколов, Бялобжеский, 1996; Легенда..., 1999).

На большей части рассматриваемой территории породы обнажены плохо. Для водоразделов характерны обнажения небольшой протяженности, которые не несут информацию о взаимоотношениях пород. Большая часть данных о строении была получена из обнажений вдоль русел отдельных рек и водотоков. С востока на запад такими объектами были (см. рис. 5): правобережье среднего течения р. Анадырь, левобережье р. Перевальная, междуречье р. Луковая – р. Перевальная, р. Правый Коначан, р. Борозда, р. Утесики, ручей Пахучий. Наиболее характерны тонко и среднезернистые туфо-осадочные породы (туфо-алевролиты, туфо-аргиллиты, туффиты и туфо-песчаники), в подчиненном количестве встречаются отдельные коренные выходы и небольшие высыпки бордовых кремней и базальтов.

На основании изучения и состава различных комплексов пород были выделены две крупные тектонические пластины. С юго-запада на северо-восток выделяются «Нижняя» и «Верхняя» соответственно. На данный момент, такое деление носит условных характер, во много отражая мнение предшественников, которые относили породы водораздела Утесики-Лев. Маврина к отдельной пластине (Александров, 1978; Паланджян, 2000; Паланджян и др., 2011; Palandzhyan, Dmitrienko, 1996). Внутреннее строение пластин неоднородно, разрезы разбиты множеством поверхностей надвигов. В пределах пластин выделяются вулканогенно-кремнистый, вулканогенно-кремнисто-туфотерригенный, вулканогенно-терригенный и туфотерригенный комплексы.

### 4.1. Пластина «Нижняя»

#### 4.1.1. Геологическое строение

Породы «Нижней» пластины была изучены вдоль бортов рек Правый Коначан, Борозда, правого притока и долины ручья Пахучий, междуречья Луковая и Засыпной, Пахучий и

Борозда. Пластина сложена породами *вулканогенно-туфотерригенного* комплекса, породы которого смяты в выдержанные складки СВ простирания. Основание пластины нигде не вскрыто. Туфо-осадочные породы на р. Правый Коначан содержат средне - поздневаланжинские *Buchia* cf. *piriformis* L a h ., *B. cf. bulloides* L a h ., *B. cf. inflata* T o u l a , *B. keyserlingi* L a h ., *B. sp. indet.*, а также остатки *Dentalium* sp. indet., датирующие отложения поздней юрой - валанжином (Захаров, 1974; Кальянов, Силкин, 1961). Осадки с несогласием перекрываются туфо-терригенными породами сеноман-турона (перекатнинская свита) и конгломератами кампан-маастрихта (мамолинская толща) (Захаров, 1974). На западе структурно выше расположена «Верхняя» пластина, которая представляет собой серпентинитовый полимиктовый меланж. Контакт нигде не обнажен. В плане, контакт пластин имеет извилистые очертания и ориентирован выпуклой стороной на СЗ. Он протягивается от правобережья нижнего течения р. Утесики вдоль её левого борта до верховьев р. Правый Коначан. В рельефе надвиг отчетливо проявлен вдоль бассейна р. Утесики. В области распространения «Верхней» пластины (западная и центральная части междуречья Левая Маврина-Утесики) для речной системы характерны широкие и пологие долины, останцовый рельеф. В восточной части междуречья все притоки имеют крутые борта. В некоторых из них (р. Борозда, р. Правый Коначан) в непосредственной близости обнажаются породы обеих пластин. Левый борт р. Утесики имеет обрывистый вид и бронируется породами «Нижней» пластины.

Для большинства изученных частных разрезов *вулканогенно-туфотерригенного* комплекса были построены тектоно-стратиграфические колонки. Несмотря на то что разрезы составлены вдоль простирания основной структуры отмечается фациальная изменчивость. (рис. 31, разрезы 1-5). На рисунке разрезы расположены с юго-запада на северо-восток (см. рис. 5). Наличие большого количества деформированных участков и слабая обнаженность, не всегда позволяют однозначно устанавливать природу контакта между отдельными литологическими разностями пород. Так, например, для разреза р. Борозда, ранее описываемый как единый разрез (Захаров, 1974; Арчаков, 1970), можно предположить наличие множество поверхностей надвигов, по которым совмещены различные породы. Сложнее всего дело обстоит с яшмами и кремнистыми породами, которые описаны во всех приведенных разрезах. Их положение в разрезах остается до конца не выясненным.

Магматиты *вулканогенно-туфотерригенного* комплекса «Нижней» пластины обычно образуют самостоятельные лавовые горизонты мощностью не более 100, чаще всего около 20-40 м. В основном вулканиты обладают массивным обликом, в некоторых случаях подушечной отдельностью. Представлены порфировыми, миндалекаменными и



афиновыми разностями. Редко содержат межподушечные красные кремнистые аргиллиты. В других случаях базальты образуют вытянутые будины (см. рис. 33 д) размером до 40 см., которые тектонически включены вдоль поверхностей сланцеватости кливажированных алевролитов, глинистых сланцев, туфопесчаников.

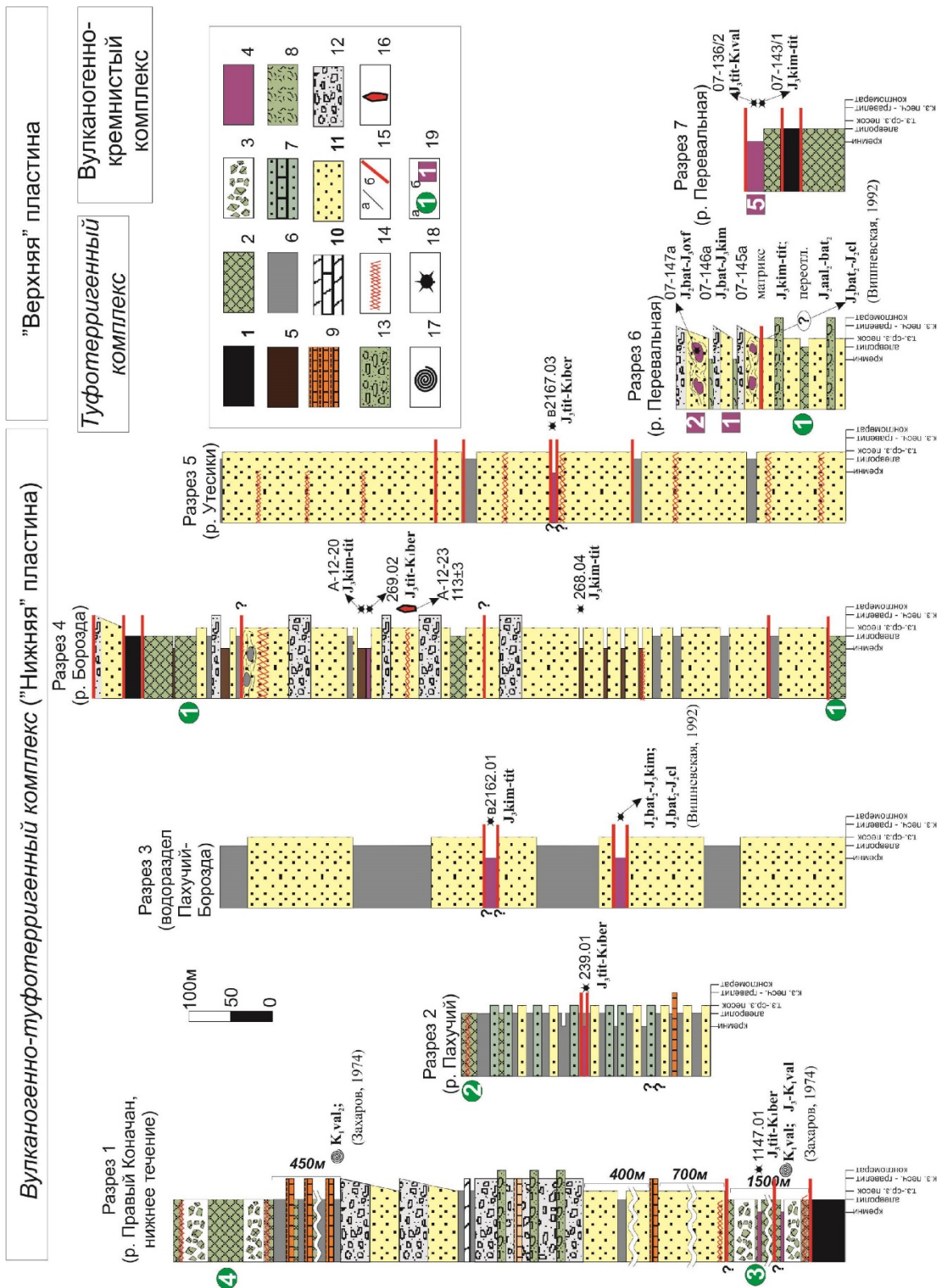


Рисунок 31. Тектоно-стратиграфические колонки вулканогенно-кремнисто-туфотерригенных комплексов пород Алганского террейна. Разрез 2 составлен по материалам Игоря Гульпы, разрезы 4, 5 – Ивана Войцика.

Условные обозначения: 1 – меланж; 2 – горизонты базальтов и андезитов; 3 – кластолавы базальтов; 4 – бордовые яшмы; 5 – коричневые, зеленые и серые кремнистые породы; 6 – алевролиты; 7 – карбонатные песчаники; 8 – туфо-силициты; 9 – голубые, зеленые и коричневые карбонатно-кремнистые алевро-аргиллиты; 10 – мергели; 11 – туфо-песчаники; 12 – туфо-гравелиты; 13 – туфо-конгломераты; 14 – зоны дробления; 15 – контакты: а – стратиграфические, б – тектонические (надвиги); 16 – нижний предел возраста осадконакопления по возрасту обломочных цирконов, в млн лет; 17 – возраст пород по макрофауне; 18 – определения радиоляриевых форм; 19 – опробование пород на химический анализ, и количество проб: а – вулкаников; б – кремней.

Вдоль левого борта р. Правый Коначан (рис. 31 разрез 1; 32) вскрывается мощный (около 1500 м) горизонт, представленный темноокрашенными базальтами, их брекчиями и кластолавами. Магматические породы неравномерно тектонизированы, не исключено что мощность тектоническая. Интенсивно тектонизированы вдоль контакта с «Верхней» пластиной, при этом большая часть пород имеет кайнотипный облик. Брекчии сцементированы карбонатным веществом (см. рис. 33 а). Часто устанавливается подушечная отдельность (см. рис. 33 б). Встречаются тела долеритового состава, мощностью до 10 м.

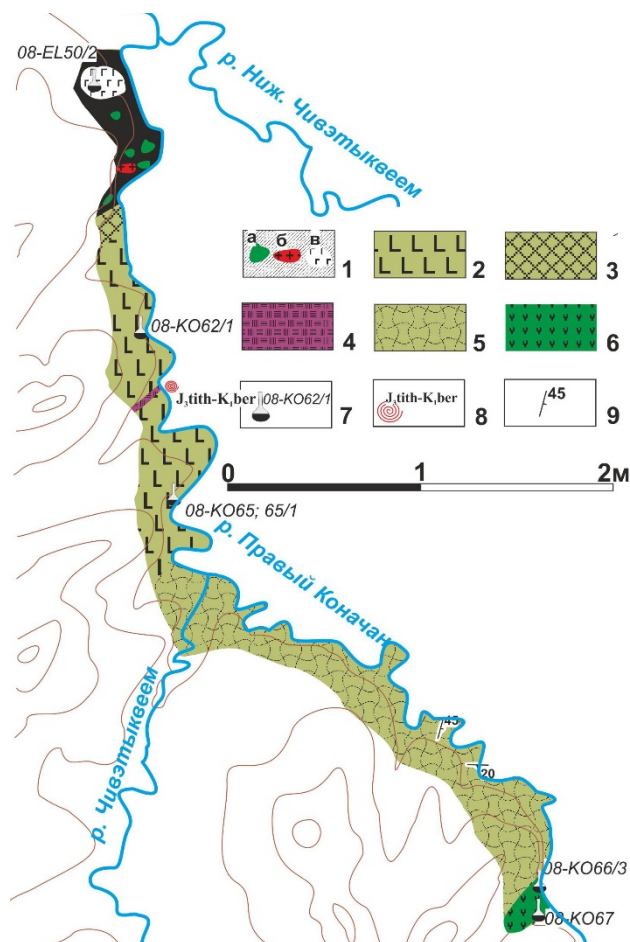


Рисунок 32. Схема геологического строения долины нижнего течения р. Правый Коначан.

Условные обозначения: 1 – серпентинитовый меланж «Верхней» пластины Алганского террейна, включает блоки: а – габбро; б – плагиогранитов; в – спилитов; 2-6 – породы «Нижней» пластины Алганского террейна: 2 – 4 – вулканогенная часть: 2 – базальты и их брекчии; 3 – интенсивно тектонизированные вулканики; 4 – горизонты кремнистых пород; 5 – 6 – туфотерригенная часть: 5 – туфогенно-осадочные породы, известковистые алевролиты и аргиллиты, гравелиты, конгломераты, глинистые сланцы; 6 – мощные лавовые горизонты базальтов; 7 – 8 – места опробования: 7 – вещественного состава пород, и их номер; 8 – радиолярий и их возраст; 9 – залегание слоистости.

Среди вулканитов встречаются изолированные обнажения метарадиоляритов в ассоциации с апобазальтовыми сланцами (альбит-эпидот-актинолитового, эпидот-хлоритового, актинолит-хлоритового, актинолит-цоизитового состава). Скорее всего разрез тектонически не однороден, и его видимая мощность преувеличена. Из прослоя метакремня на р. Правый Коначан были выделены **титон-берриасские** (обр. 1147.01) радиолярии: *Pantanellium fischeri* (Pessagno), *P. quintachillaence* Pessagno et McLeod, *Archaeodictyomitra apiara* Rust, *A. rigida* Pessagno, *A. exigua* Blome, *Parvicingula khabakovi* (Zhamoida), *P. boesii* (Parona), *Parvicingula usotanensis* Tumanda, *Williriedellum carpaticum* Dumitrica, *Cryptamphorella macropora* Dumitrica, *Obesacapsula* cf. *ruscoensis* Baumgartner, *Zhamoidellum ventricosum* Dumitrica, *Sethocapsa cometa* (Pantanelli), *Hiscocapsa kaminogoensis* (Aita), *Ristola* sp., *Gongylothorax* cf. *favosus* Dumitrica, *Cyrtocapsa* sp., *Crolanium puga* (Schaaf), *Pseudodictyomitra depressa* (Baumgartner), *Thanarla brouweri* (Tan), *Amphipyndax* (?) sp. (см. рис. 5, 31 разрез 1, 32). Контакт вулканогенных пород с туфотерригенными вдоль р. Правый Коначан не обнажается. По мнению В.А. Захарова (Захаров, 1974) он является согласным. В левом борту р. Борозда вскрыт тектонический контакт осадков и вулканитов (см. рис. 31 разрез 4; 33 в).

Наибольшие мощности грубообломочных пород характерны для разрезов р. Правый Коначан (см. рис. 31 разрез 1) Тут обнажаются переслаивание редкогалечных гравелитов и пестроцветных конгломератов (см. рис. 33 г), мощностью слоев от 5 до 25 м. Матрикс в таких грубообломочных породах псаммитовой размерности по составу вулканогенно-осадочный. Гравий и галька хорошо окатаны и составляют до 15-20 % от общего объема породы. Представлены вулканитами от основных до кислых, зелеными кремнистыми алевролитами, монокварцем, полевошпатовыми гранитами, серыми массивными известняками. Помимо этого, в том же разрезе встречены известковистые породы, представленные горизонтами зеленых и голубоватых микрослоистых и массивных кремнисто-известковистых алевролитов и аргиллитов, мощностью от 10 до 30м. Помимо этого много высоко известковистых пород представлено в разрезе руч. Пахучий (см. рис. 31, разрез 2), однако размерность терригенных пород не превышает тонкой псаммитовой фракции.

Наиболее существенные колебания гранулометрического состава осадочных пород отмечается в породах разреза р. Борозда (см. рис. 31, разрез 4), где помимо туфогравелитов, большого распространения имеют коричневые, зеленые, серые кремнистые породы (алевролиты и аргиллиты) которые образуют горизонты до 25 м. Такие слои обладают тонкоплитчатой слоистостью.







продолжение



Рисунок 33. Фотографии, отражающие особенности состава и взаимоотношений выделенных породных ассоциаций Алганского террейна.

Породы вулканогенно-туфотерригенного комплекса (а – д): а – брекчии базальтов, сцементированных кальцитом, б – подушечная отдельность базальтов, в – тектонический контакт шаровых базальтов (справа) и туфотерригенных пород; г – горизонты пестроцветных конгломератов; д – будины базальтов ориентированы вдоль кливажа (S1) туфо-алевролитов; породы «верхней» пластины (е-и): е – породы «верхней» пластины интенсивно пронизаны нитевидной, беспорядочной сетью трещин, выполненных цеолитом, кальцитом, пренитом, кварцем; породы вулканогенно-кремнистого комплекса (ж-п): ж – тектонические включения кремнистых пород (пунктирная линия) в базальтовом матриксе имеют сложные очертания; з – кремни образуют не выдержанные по мощности прослои среди базальтов; и – микродуплексы среди кремнистых пород, заключенных в базальтовом материале; к – стратиграфический контакт между базальтами (справа) и тонкоплитчатыми кремнями, смятыми в складки; л – стратиграфический «карман» вдоль согласного контакта базальтов (слева) и плитчатых кремнистых пород (справа); м – псевдоконгломераты образованы по магматическим породам разной компетентности, «галька» представлены долеритами, матрикс представлен аповулканическими породами; н – интенсивно катаклазиваронные и изменённые породы, включающие растащенные блоки силлов/даек; о – реликты подушечной отдельности; п – тектонические блоки даек среди апобазальтов; породы вулканогенно-кремнисто-туфо-терригенного комплекса (р-и): р – кремнисто-базальтовые включения (пунктирная линия) в туфотерригенной раме; с, т – блоки неясного генезиса туфотерригенных пород в базальт-кремнистом матриксе, к – зоны закалок между растащенными на отдельные блоки поздненеопротерозойскими плагиогранитами и метавулканиками.

Из различных горизонтов яшм и кремнистых пород были выделены радиоляриевые формы удовлетворительной сохранности. Из слоистых кремнистых алевролитов в бортах р. Борозда (см. рис. 31, разрез 4) были выделены **кимеридж-титонские** (268.04; А-12-20) радиолярии: *Parvicingula vera* (Pessagno et Whalen), *Parvicingula cf. jonesi* Pessagno, *P. elegans* Pessagno et Whalen, *P. boesii* (Parona), *Praeparvicingula cosmoconica* (Foreman), *Zhamoidellum frequensis* (Tan Sin Hok), *Z. ovum* Dumitrica, *Williriedellum cf. carpaticum* Dumitrica, *Archaeodictyomitra rigida* Pessagno, *A. apiara* Rust, *Xitus alievi* (Foreman), *Windalia* (?) *tethyensis* Dumitrica, *Windalia* sp., *Orbiculiforma* sp., *Hsuum cf. mclaughlini* Pessagno et Blome, *Gongylothorax favosus* Dumitrica, *Gongylothorax favosus* Dumitrica, *Archaeodictyomitra rigida* Pessagno, *A. apiara* (Rust). **Титон-берриасские** формы (269.02.) *Zhamoidellum ventricosum* Dumitrica, *Z. ovum* Dumitrica, *Williriedellum carpaticum* Dumitrica, *Parvicingula boesii* (Parona), *Archaeodictyomitra apiara* (Rust), *A. rigida* Pessagno, *Crolanium cf. puga* (Schaaf), *Thanarla cf. pulchra* (Squinabol), *Eucyrtidiellum* sp., *Windalia* ? sp., *Pseudodictyomitra* sp. По простиранию, 1 км в Ю направлении (см. рис. 31, разрез 3) из бордовых яшм были выделены **кимеридж-титонские** (обр. В2162.01.) радиолярии *Parvicingula cf. elegans*



*Pessagno et Whalen, P. cf. khabakovi (Zhamoida), Archaeodictyomitra apiara Rust, A. rigida Pessagno, Hsuum mclaughlini Pessagno et Blome, Praeparvicingula ex gr. cappa (Cortese), Windalia (?) cf. tethyensis Dumitrica, Orbiculiforma sp.* Радиоляриевые формы **титон-берриасского** интервала были выделены из кремнистых пород, обнаженных вдоль русла руч. Пахучий (см. рис. 31, разрез 2; обр. 239.01.) *Parvicingula khabakovi (Zhamoida), Crolanium cf. puga (Schaaf), Pseudodictyomitra sp., Thanarla brouweri (Tan Sin Hok), T. elegantissima (Cita), Zhamoidellum frequens (Tan Sin Hok), Z. ovum Dumitrica, Williriedellum carpaticum Dumitrica, Archaeodictyomitra vulgaris Pessagno, Xitus alievi (Foreman), Paronaella sp.* и среднего течения р. Утесики (см. рис. 31, разрез 5; обр. в 2167.03.) *Zhamoidellum ovum Dumitrica, Williriedellum carpaticum Dumitrica, Archaeodictyomitra rigida Pessagno, A. apiara (Rust), Crolanium cf. puga (Schaaf), Parvicingula boesii (Parona), Pseudodictyomitra sp., Windalia sp.*

#### 4.1.2. U-Pb датирование обломочных цирконов

В левом борту р. Борозда (см. рис. 30 А, разрез 4) были опробованы слоистые туфо-песчаники (А-12-23). Всего было продатировано 88 обломочных зерен цирконов (см. прил. 3). Конкордантные значения (80 замеров; рис. 34 а, б) вынесены на гистограмму (рис. 35 а, б). Средневзвешенный возраст молодой популяции цирконов, составляет  $112.9 \pm 2.8$  млн лет (см. рис. 36). Что указывает на их синхронное осадконакопление с туфо-песчаниками Удачинской пластины (обр. GPS-VAL; глава 3.2.).

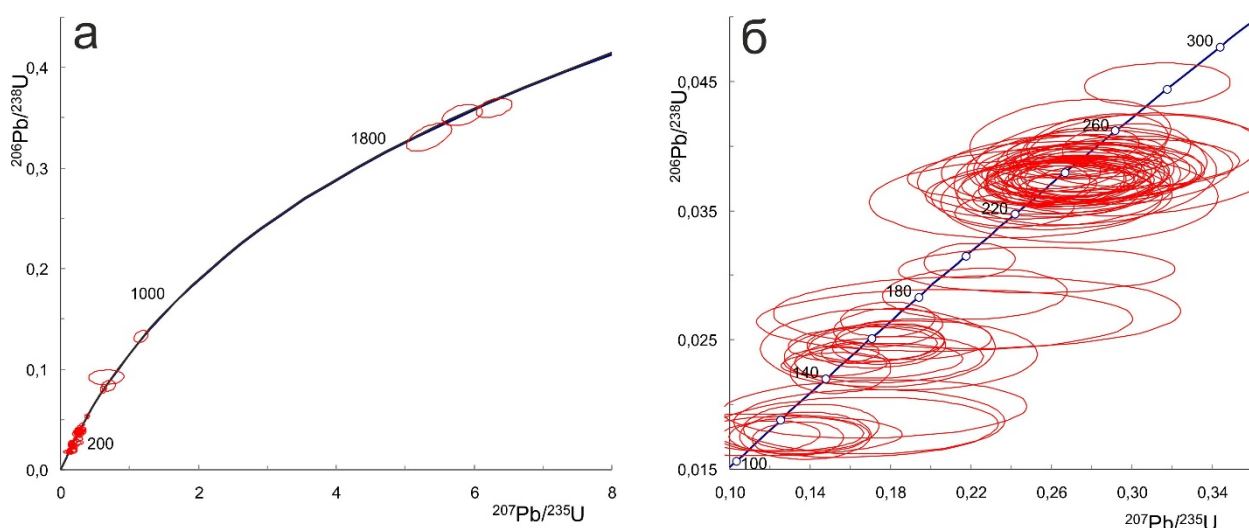


Рисунок 34. Диаграмма с конкордией для обломочных цирконов из туфопесчаника (обр. А-12-23) «Нижней» пластины Алганского террейна (р. Борозда).

а – конкордия построена от 0 до 3500 млн лет; б – конкордия построения от 100 до 300 млн лет. На диаграмме эллипсы соответствуют погрешностям определений отношений для каждого зерна  $\pm 2\sigma$ .

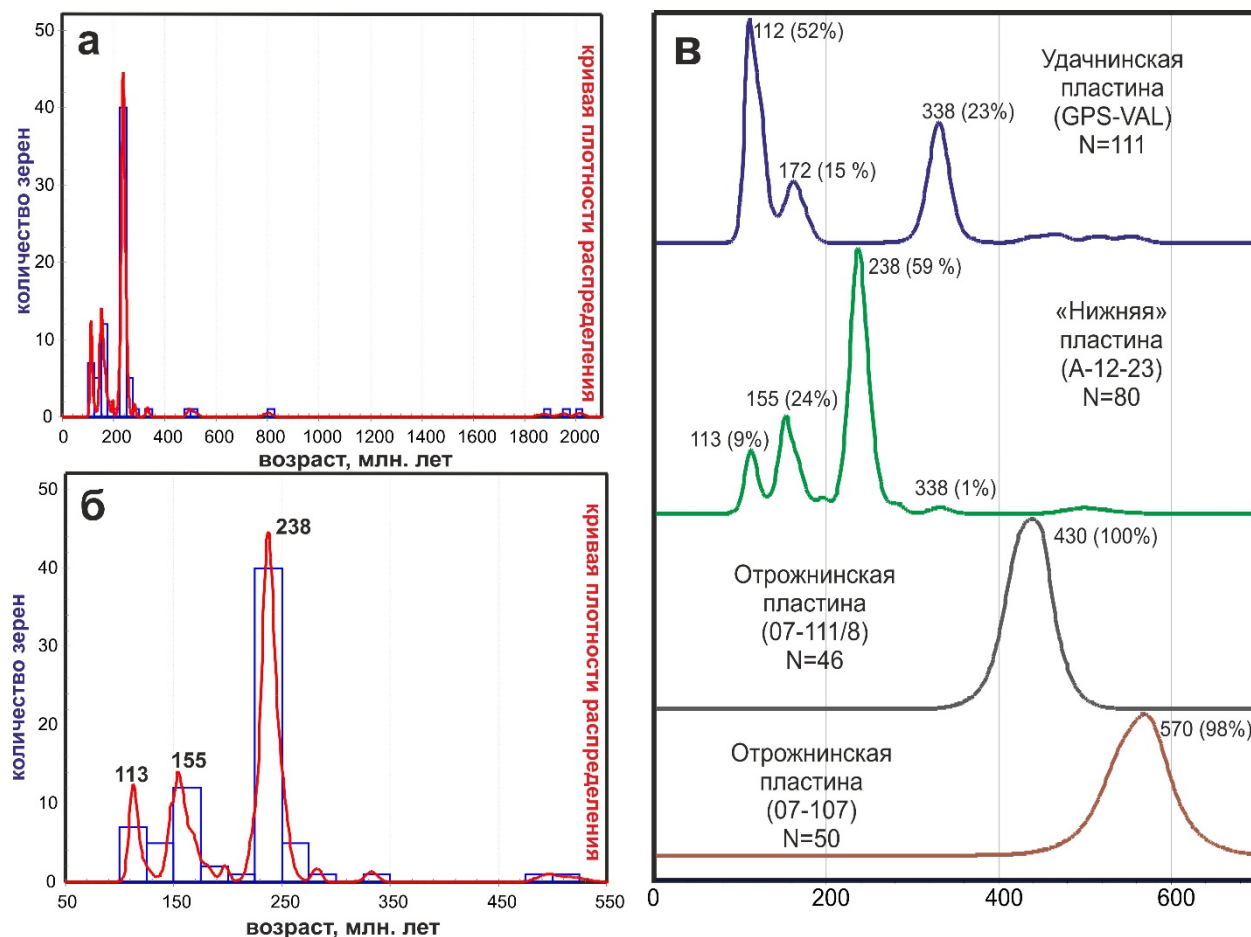


Рисунок 35. U-Pb изотопные данные для обломочных цирконов из туфо-песчаника (обр. А-12-23) «Нижней» пластины Алганского террейна (р. Борозда).

а - б - гистограмма и график плотности распределения (PDP) возрастов обломочных цирконов в координатах: а – 0-2200 млн лет; б – 50-550 млн лет. Цифрами подписаны возраста отдельных популяций; в – нормализованные графики плотности распределения обломочного циркона из образцов Отрожинской, Удачинской и «Нижней» пластин. N- количество зерен принятых в расчет. Напротив, каждого пика указан его возраст и процент зерен цирконов из общего числа замеренных.

В изучаемом образце, также, как и туфопесчанике Удачинской пластины цирконы древнее 400 млн лет представлены единичными зернами (см. рис. 28 а; 35 а), и указывают на разрыв палеозойских пород г. Отрожная и докембрийских пород р. Еонайваам. Данные цирконы представлены интервалами 480-530 млн лет (2 зерна), и интервалом 1875-2025 (3 зерна). Помимо этого, присутствует одно зерно с возрастом  $802.3 \pm 28$  млн лет (см. рис. 35 а, табл. 3), что, вероятно, указывает на разрыв габбро датированных в районе р. Толовка (Леднева и др., 2012а).

В интервале от 100 до 175 млн лет в образце А-12-23 цирконы образуют пики 113 (9 %) и 155 (54 %) млн. лет. В образце GPS-VAL наблюдаются сходные популяции, но с другой интенсивностью (частотой встречаемости): 112 (52%), 172 (15%) млн лет (см. рис. 35 в).



Кардинально, для образцов А-12-23 и GPS-VAL отличается распределение цирконов в интервале от 200 до 400 млн лет. Подавляющее большинство (59%) цирконов из туфо-песчаника А-12-23 соответствуют интервалу 200-300 млн лет, и образуют пик в 238 млн лет, тогда в образце GPS-VAL полностью отсутствуют цирконы подобного возрастного интервала (см. рис. 35 в). Обратная картина наблюдается для интервала 300-400 млн лет, на долю которого приходится 23 % всех цирконов образца GPS-VAL, тогда как в образце А-12-23 датировано лишь одно зерно ( $332.8 \pm 11$  млн лет) из этого интервала (см. рис. 35 в).

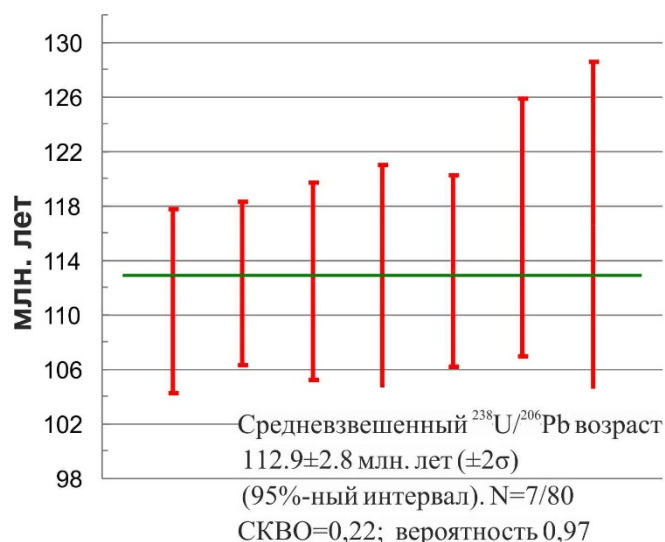


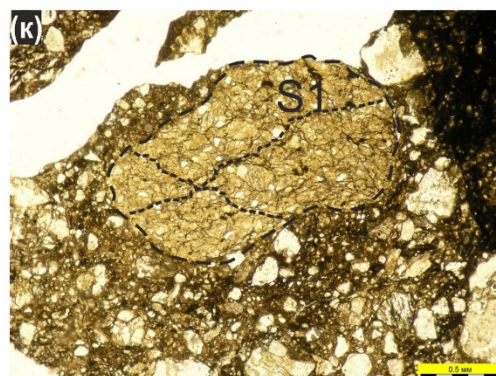
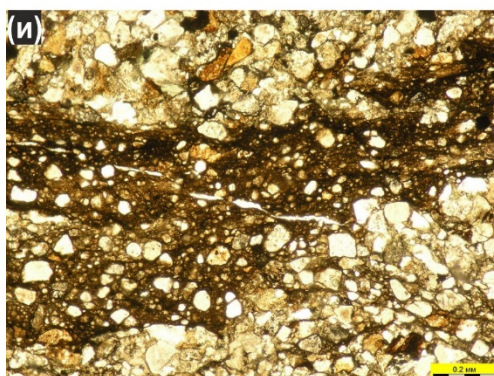
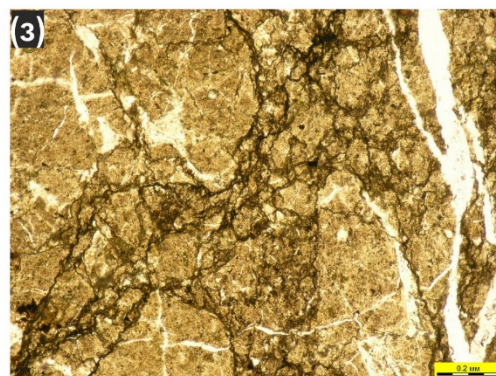
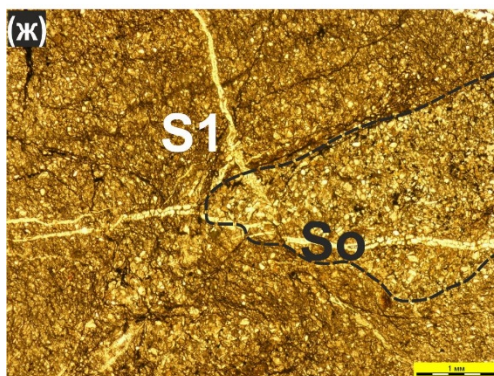
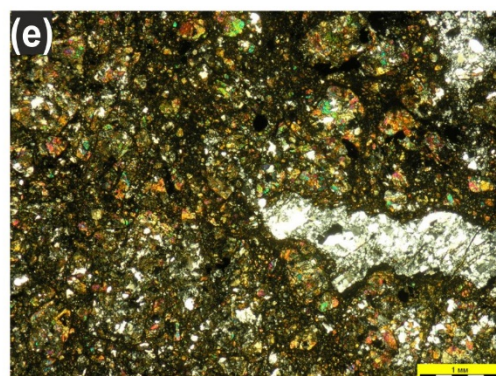
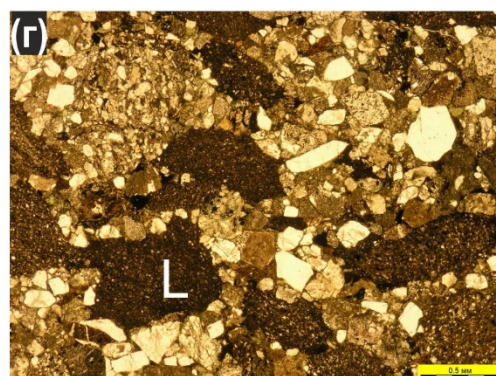
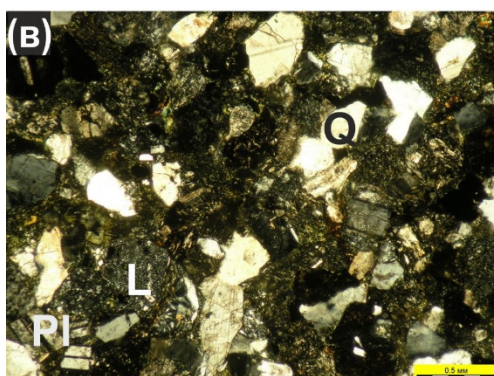
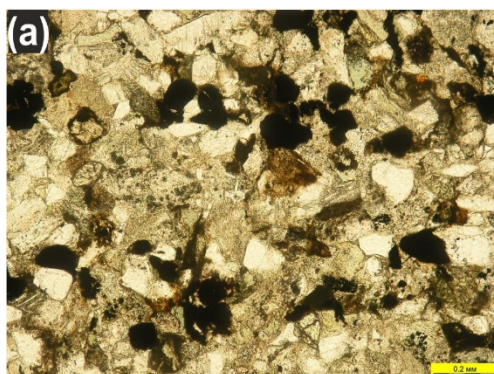
Рисунок 36. Расчет средневзвешенного возраста нижнего предела возраста осадконакопления по обломочным цирконам (обр. А-12-23) «Нижней» пластины Алганского террейна (р. Борозда).

Красные линии соответствуют посчитанному  $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$  возрасту для отдельных зерен циркона, с учетом погрешности на уровне  $2\sigma$ . N – количество зерен, принятых в расчет от общего числа датированных зерен.

#### 4.1.3. Состав обломочных пород

Обломочные породы вулканогенно-туфотерригенного комплекса «Нижней» пластины представлены преимущественно граувакками псаммитовой размерности (от 0,1 до 2,5 мм). Реже встречаются породы пелитовой и псефитовой (более 5 мм) размерности. Более тонкие разности часто оказываются брекчированными, представлены алевролитами содержащими обломки пирокластической примеси с характерными спекшимися структурами. В породах развивается кливаж агрегатного типа, который по частоте проявления относится к редкому, по морфологии к грубому. Обломочный материал сортирован и окатан плохо, отсутствуют ориентированные текстуры. Исключение составляют породы, обнаженные вдоль правого притока и бортов руч. Пахучий, р. Борозда и водораздела Пахучий-Борозда (см. рис. 31), где отмечаются скопления рудного минерала (до 10%) и аксессуарных тяжелых минералов (сфен, циркон) в виде вытянутых, выклинивающихся линейных полос (рис. 37 а, б), мощностью до 0,6 мм. Наличие таких текстур можно объяснить процессами перемыва и «шлихования» материала.







продолжение

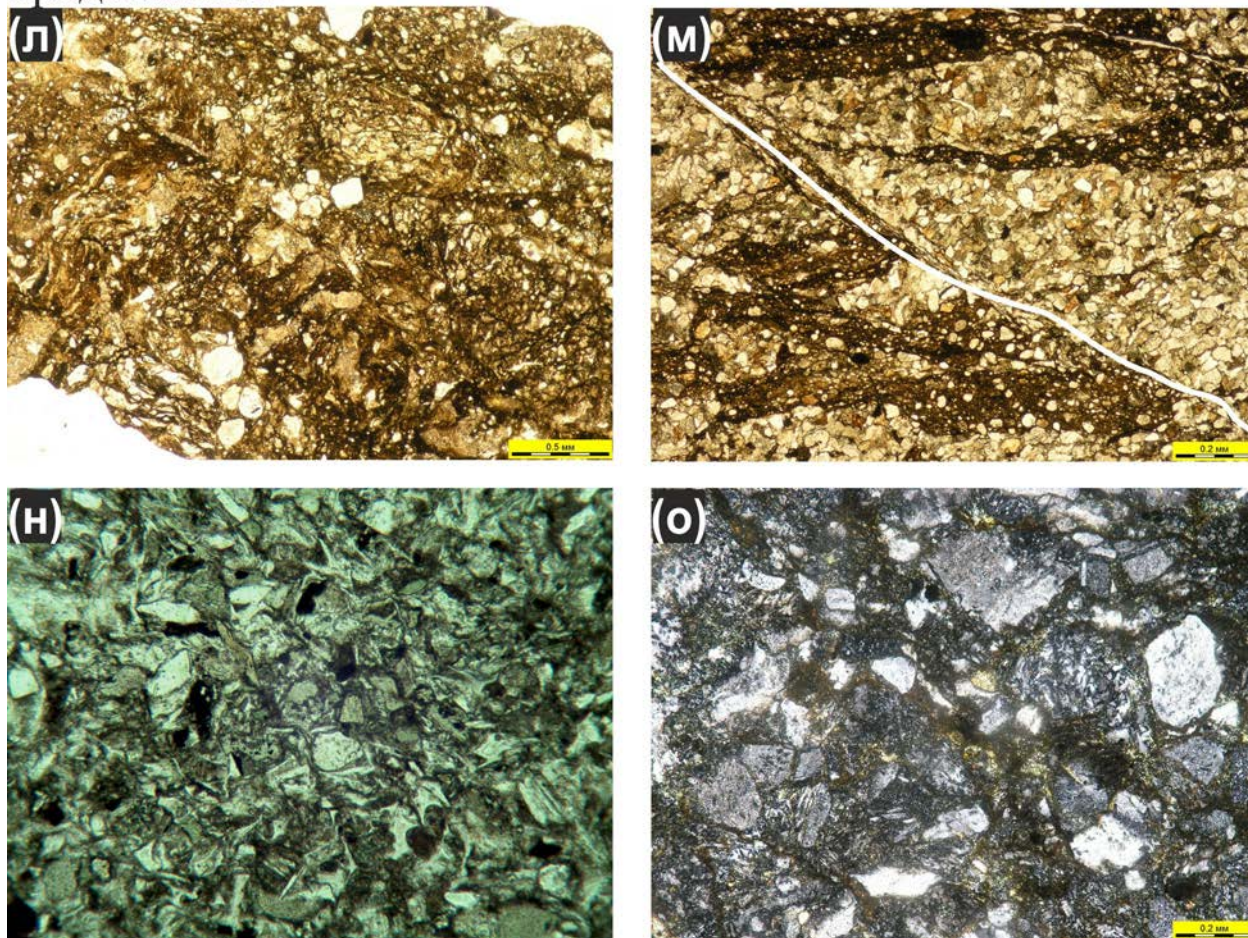


Рисунок 37. Шлифы обломочных пород «Нижней» (а-д) и «Верхней» (е-о) пластин северной части Алганского террейна.

*а, б - тонкие линзовидные прослои обогащены тяжелыми и рудными минералами; в – типичный вид туфогенно-обломочной породы «нижней» пластины Алганского террейна; г – литокласты (Л) имеют неправильные вытянутые формы и занимают до 30 % от породы; д – обломки туфоалевролитов имеют кляксообразные очертания, форма которых подчинена межзерновому пространству; е - типичный облик большинства породных комплексов «Верхней» пластины; ж – нарушенный первичный контакт (So) алевролита с алевропесчаником подчеркнут системой изогнутого редкого кливажа; з – брекчированный метакремень; и – зона катаклаза (центральная часть снимка) в туфопесчанике сложена изотропным глинистым материалом, в которой погружены в фрагменты окружающих пород; к – реликты обломка кливажированного (SI) алевропесчаника, погруженного в катаклазит; л – отдельные обломки и их фрагменты испытали значительные тектонические перемещения относительно друг друга; м – зоны катаклаза смещены относительно друг друга поздними сдвиговыми деформациями (белая линия); н – витрокластический туф; о – туфо-граувакк сложена преимущественно обломками вулканитов кислого состава*

В кластической части преобладают фрагменты вулканических пород до 60% (см. рис. 37 в), к ним же можно отнести обломки магматитов гипабиссального облика. Участки с наиболее интенсивными вторичными изменениями представляют собой темно-зеленую

изотропную массу, сложенную эпидотом, серицитом и хлоритом. В обломочных породах кайнотипного облика обломки вулканитов основного и среднего составов (около 30-40%), с сохранившимися магматическими структурами, и представлены порфировыми, лейстовыми, трахитовыми и микролитовыми разностями, в которых основная масса также замещена вторичными минералами. Обломки кислых вулканитов (60-70%) представлены породами с микрофельзитовой, порфировой и флюидальными текстурами. В меньшем количестве присутствуют обломки кварцита, биотита, пироксена, альбита, калиевого полевого шпата. Акцессорные минералы представлены цирконом, сфеном, рудным минералом, эпидотом.

Доля обломков осадочных пород достигает 30%, их размеры до 6 мм. (см. рис. 37 г). Они несут следы пластических деформаций, имеют не правильные, вытянутые ( $K_{удл.}$  более 10), изогнутые, кляксообразные очертания. Их конфигурация подчинена форме межзернового пространства, часто образуя языки (см. рис. 37 д). Литокласты представлены алевроаргиллитами и аргиллитами, с неясно слоистыми текстурами. Количество обломков пород plutonic облика кислого состава, доходит до 15 %, размером до 0,7 мм, представлены биотитовыми (?) плагиогранитами, гранит-порфирами, кварц-полевошпатовыми сростками. При этом окатанность данных обломков выше всех остальных, встречаются средне- и даже хорошо окатанные. В одном из образцов отмечены обломки кварц-мусковитового сланца.

#### *4.1.4. Состав магматических пород*

Вулканические породы были опробованы на различных уровнях из частных разрезов 1, 2, 4 (см. рис. 31). Из основания разреза 1 были опробованы (приложение 4; см. рис 30): подушечные базальты (обр. 08-КО-62/1); брекчии базальтов, сцементированных карбонатным веществом (обр. 08-КО-65; 08-КО-65/1). Из верхних горизонтов разреза 1, 2, 4 были опробованы мощные потоки вулканитов (обр. 08-КО-66/3; 08-КО-67; 08-КО-67/1; 08-КО-67/2; А-1192.07; А-12-14). Из разрезов р. Борозда и Пахучий были изучены базальты, встречающиеся в виде будин (обр. А-1192.05; А-12-26), вытянутых вдоль сланцеватости и поверхности напластования терригенных пород (см. рис. 33 д).

Все породы имеют сходное строение и представлены базальтами с интерсертальной, микропорфировой, миндалекаменной, микролитовой структурами (рис. 38 а, б). Встречаются гиалокластиты (обр. А-12-14) и мелкозернистые долериты (обр. А-1192.07; 08-КО-67/1) с пойкилоофитовой структурой (см. рис. 38 в).



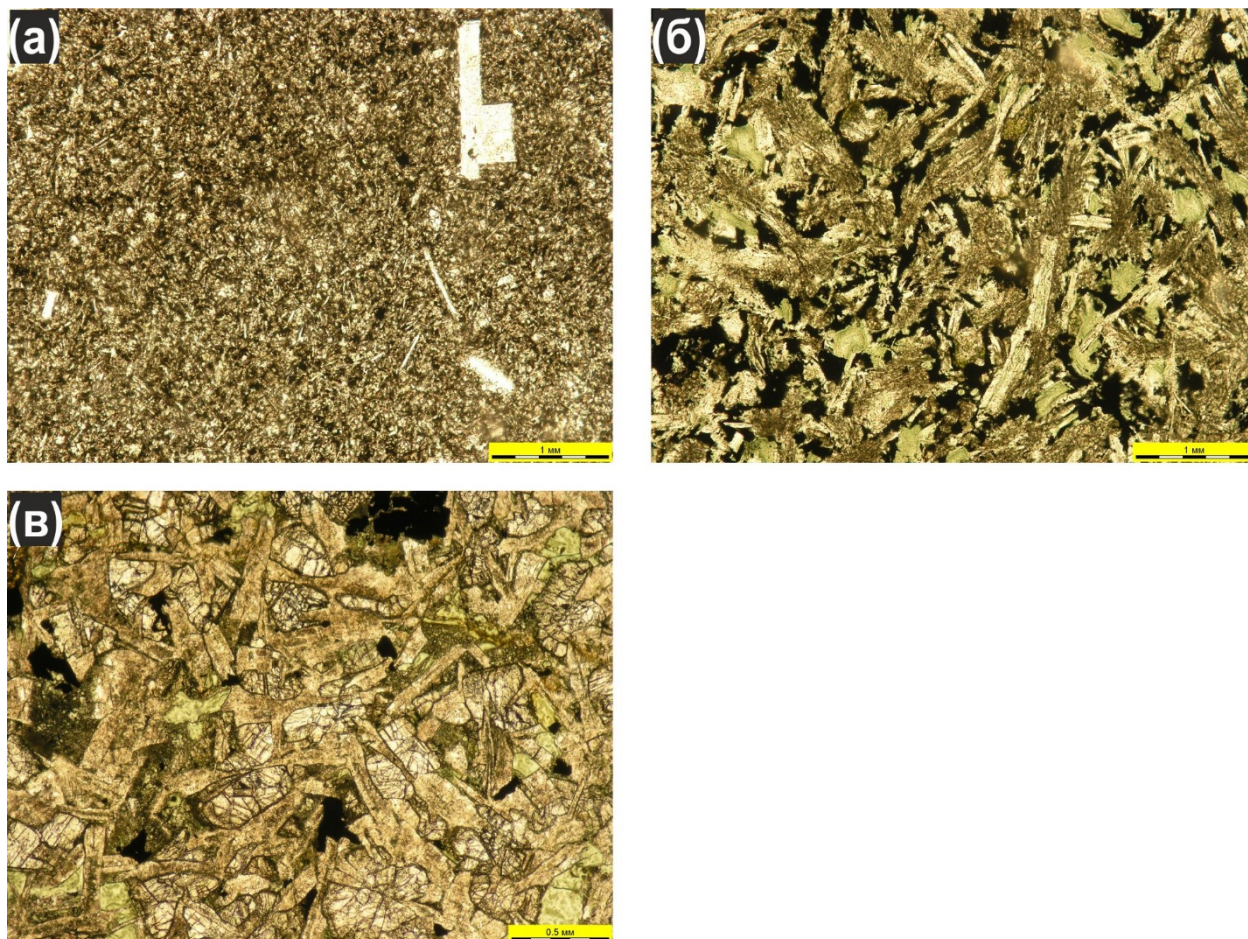


Рисунок 38. Фото шлифов вулканических пород «Нижней» пластины северной части Алганского террейна.

*а – микропорфировый базальт; б – вариолитовая структура в базальтах; в – мелкозернистый долерит с пойкилоофитовой структурой.*

Содержания петрогенных элементов вариативны и не обнаруживают связей с положением в разрезе. При близких значениях  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  от 2,43 до 4,74, для одних пород отмечается явная натриевая специализация, где  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 8,91\text{--}27,18$ , для других ярко выражена калиевая специализация, где  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 0,02\text{--}0,49$ .

На диаграмме зависимости кремнекислоты от суммы щелочей породы (рис. 39 а) соответствуют составам серии нормальной щелочности, попадая в поля базальтов. Два образца (обр. 08-КО-66/3; 08-КО-67) попадают в поле андезибазальтов, один (А-12-26) соответствует по составу андезиту. Величина магнезиальности ( $\text{Mg\#} = 100\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ ) низкая, колеблется в пределах 34,59– 55,25. Характерны высокие отношения  $\text{FeOt}/\text{MgO}$  от 1.51 до 3.20, что указывает на высокую степень фракционирования составов пород (рис. 39 б). При этом в породах отмечаются низкие содержания глинозема ( $\text{Al}_2\text{O}_3 = 11,66 - 17,15$  масс. %), близкие к таковым в базальтах Восточно-Тихоокеанского поднятия (рис. 40).

Содержания кальция низкие, ( $\text{CaO} = 4,85\text{-}16,32$  масс. %). Составы пород близки к полям составов островодужных базальтов Марианской дуги (см. рис 33).

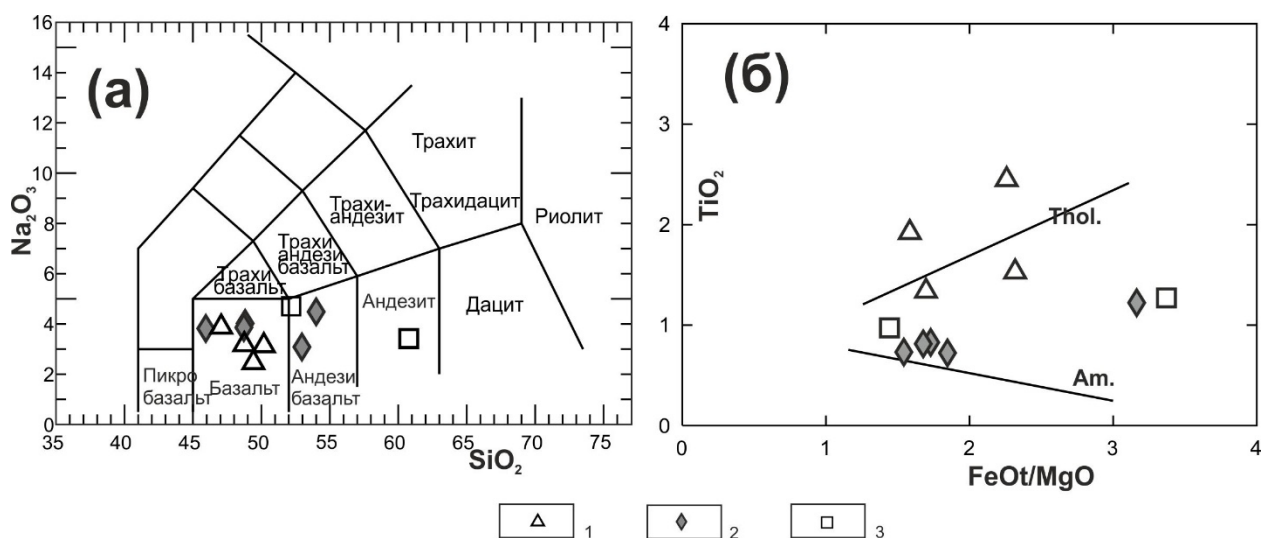


Рисунок 39. Классификационные диаграммы для вулканических пород «Нижней» пластины северной части Алганского террейна.

*а* - зависимости  $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ; *б* - зависимости  $\text{TiO}_2 - \text{FeO}^*/\text{MgO}$  (Miyashiro, 1974). Тренды: Thol. – толеиты; Am - Амаги.

Условные обозначения: 1-3 – выделенные в работе геохимические типы вулканических пород «Нижней» пластины: 1 – первый; 2 – второй; 3 – третий.

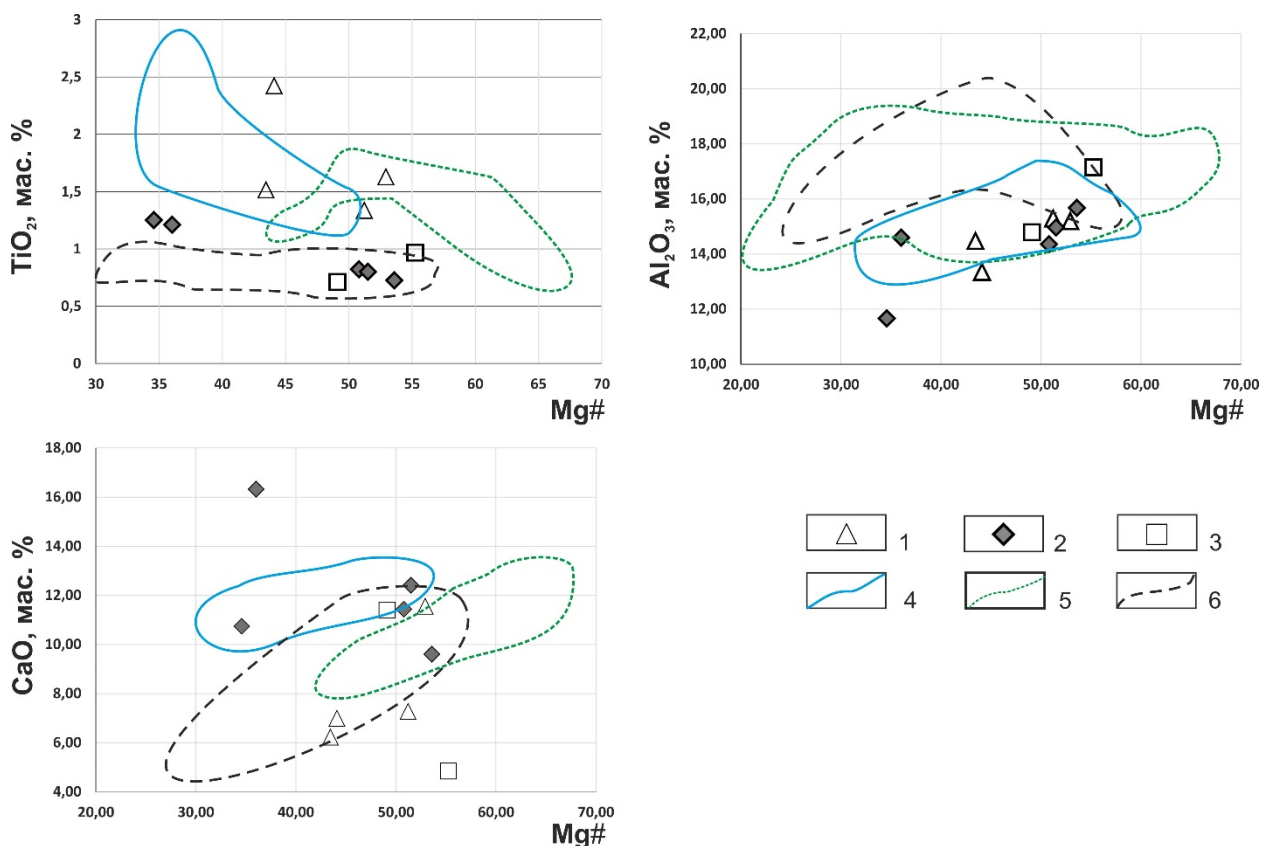


Рисунок 40. Графики зависимости  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  (масс. %) от магнезиальности для вулканических пород «Нижней» пластины северной части Алганского террейна.

*Условные обозначения: 1-3 – выделенные в работе геохимические типы вулканических пород «Нижней» пластины: 1 – первый, 2 – второй, 3 – третий; 4 – поле базальтов Восточно-Тихоокеанского поднятия (Dmitriev, 1980); 5 – поле составов базальтов Марианского трога (Gribble et. al., 1996; Gribble et. al., 1998); 6 – поле вулканитов Марианской дуги (Woodhead, 1989).*

По содержанию  $\text{TiO}_2$  породы четко разбиваются на две группы. Первая отличается низкими содержаниями титана (обр. 08-КО-65; 08-КО-66/3; 08-КО-67/1; 08-КО-67/2; А-12-26)  $\text{TiO}_2=0,73-0,97$  масс. %. К этой же группе относятся образцы 08-КО-65/1; 08-КО-67 где  $\text{TiO}_2$  колеблется от 1,21 до 1,25 масс. %, при этом данные образцы наименее магнезиальные из всех изучаемых ( $\text{Mg\#} = 34,59-36,04$ ). На диаграмме зависимости  $\text{Mg\#}$  от  $\text{TiO}_2$  эти породы попадают в поля островодужных пород Марианской дуги (см. рис. 40). К группе богатой  $\text{TiO}_2$  отнесены все оставшиеся образцы с содержанием от 1,34 до 2,42 масс. %. Породы тяготеют к полям океанических базальтов (см. рис. 40). Причем группы с разным содержанием титана образуют разные тренды на диаграмме зависимости  $\text{FeOt/MgO}$  к  $\text{TiO}_2$ . Породы с низким содержанием титана образуют тренд почти без его накопления по мере дифференциации и увеличения отношения  $\text{FeOt/MgO}$ , который занимает промежуточное положение между трендами толеитовой и известково-щелочных серий пород, тогда как тренд пород с высоким содержанием титана соответствует толеитовому, с резким его обогащением по мере дифференциации (см. рис. 39 б).

По особенностям распределения РЗЭ можно выделить три основных типа (рис. 41). К первой группе относятся образцы, описанные выше как высокотитанистые, их спектры имеют положительный наклон:  $((\text{La/Yb})_{\text{cn}} = 0,71 - 1,52; (\text{La/Sm})_{\text{cn}} = 0,65-0,88)$ . Суммарная концентрация РЗЭ в данных породах составляет  $(\text{La}+\text{Sm}+\text{Yb})_{\text{cn}}=43,58 - 104,81$ . Ко второму типу отнесены низко титанистые породы. В их составах, помимо резкого обеднения легкими редкими землями, также отмечается деплетированность средними редкими землями относительно тяжелых:  $((\text{La/Yb})_{\text{cn}} = 0,33-0,63; (\text{Sm/Yb})_{\text{cn}} = 0,51-0,83)$ . При этом концентрация РЗЭ значительно ниже, чем в породах первой группы -  $(\text{La}+\text{Sm}+\text{Yb})_{\text{cn}}=33,30-38,20$  (см. рис. 41).

Третий тип спектров отличается обогащением ЛРЗЭ относительно средних и тяжелых. Значения  $(\text{La/Yb})_{\text{cn}}$  изменяются от 1,52 до 3,7, значения  $(\text{La/Sm})_{\text{cn}}$  от 0,88 до 1,9. При этом суммарное содержание РЗЭ близко к содержаниям в первой группе  $(\text{La}+\text{Sm}+\text{Yb})_{\text{cn}} = 60,57 - 76,12$ .

Особенности распределения элементов-примесей, нормированных к базальтам типа N-MORB, отражены на спайдер-диаграммах. Графики были построены для групп пород, выделенных на основании характера распределения редкоземельных элементов.



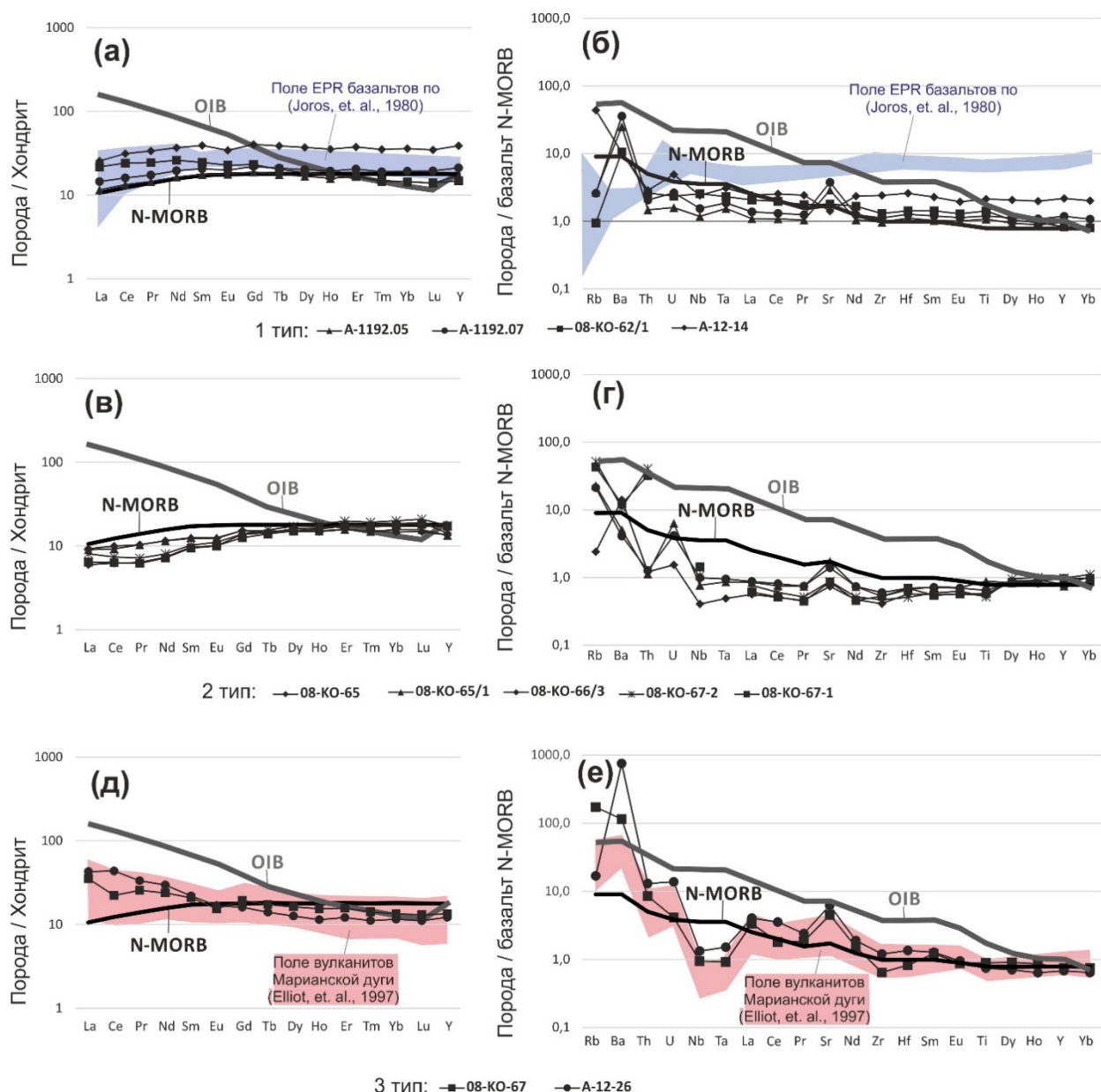


Рисунок 41. Графики распределения редких элементов для вулканитов «Нижней» пластины северной части Алганского террейна. Состав N-MORB, OIB и хондрита по (Sun, McDonough, 1989).

а, б – спектры распределения рассеянных элементов для базальтов первого геохимического типа; в, г – спектры распределения рассеянных элементов для базальтов второго геохимического типа; д, е – спектры распределения рассеянных элементов для базальтов третьего геохимического типа.

Спектры пород первого типа образуют плоские кривые, субпараллельные значениям подобных элементов базальтов N-MORB. Небольшие колебания отмечаются в распределении крупноионных элементов (Rb и Ba), что возможно связано со вторичным изменением пород. Спектры пород второго типа характеризуются низкими абсолютными концентрациями почти всех высокочargedных и редких элементов. При этом выделяются



колебания концентраций Th (от 0,14 до 4,92 г/т). В данных породах отмечаются минимумы Nb и Ta:  $Nb/Nb^*=0,33-0,52$ ;  $Ta/Ta^*=0,37-0,52$ .

Спектры пород, отнесенных к третьему, типу имеют ряд существенных отличий и в целом демонстрируют характеристики, типичные для островодужных магм. Отмечаются низкие концентрации TPЗЭ и ВЗЭ, ярко выраженные Nb-Ta минимумы ( $Nb/Nb^*=0,17-0,25$ ;  $Ta/Ta^*=0,20-0,24$ ), а также высокие концентрации крупноионных литофилов ( $Rb=9.4-96.6$  г/т;  $Ba=720-4749$  г/т).

Спектр концентраций редких элементов образца 08-КО-62/1 имеет отличия от всех приведенных выше составов пород. Он характеризуется отрицательным наклоном и имеет недифференцированный облик, отмечается сходство с обогащенными базальтами типа E-MORB.

Содержания таких когерентных элементов, как Ni (36,3-118 г/т), Cr (19,1-331 г/т), Co (24,5-50,4 г/т), V (96,3-498 г/т) крайне вариативны. Средние значения занимают промежуточное положение между концентрациями данных элементов в расплавах типа N-MORB и островодужных. При этом закономерностей изменения концентраций этих элементов в породах выявить не удалось.

Дискриминантные диаграммы были выбраны по тем элементам, на основании которых породы были разбиты на разные типы (рис. 42). Составы вулканитов первого типа на всех приведенных диаграммах попадают в поля составов базальтов N-MORB. Составы пород 2 и 3 типа на разных диаграммах попадают в различные поля. Так, составы пород 2 группы на диаграммах зависимости  $Zr/Y-Zr$ ,  $V-Ti/1000$  тяготеют к полям островодужных пород и занимают промежуточные положения, на диаграмме зависимости  $Zr/117-Th-Nb/16$  точки составов разбросаны вдоль левой стороны треугольника, концентрируясь в полях базальтов N-MORB, так и островодужных, отражая вариации содержания Th в их составе. На диаграмме зависимости  $La/10-Y/15-Nb/8$  все породы второй группы попадают в поле базальтов N-MORB.

Породы, отнесенные к третьей группе почти, на всех диаграммах попадают в поля островодужных базальтов, за исключением диаграммы  $V-Ti/1000$ , где породы определяются полями базальтов океанического дна и задуговых бассейнов, а также в поле щелочных базальтов и базальтов океанических островов. Образец 08-КО-62/1 на всех диаграммах тяготеет к полям внутриплитных базальтов, либо обогащенных базальтов типа E-MORB. Сходство с последними отмечено на графиках распределения редких и рассеянных элементов.

Приведенные составы вулканических пород «Нижней» пластины показывают их гетерогенность, было выделено три типа. К первому типу отнесены: А-1192.07; А-12-14; А-

1192.05. По составу они сходны с океаническими базальтами типа N-MORB, видимо к ним же можно отнести базальт 08-КО-62/1, который является более обогащенным по составу.

К третьей группе относятся базальт и андезит (обр. 08-КО-67/1; А-12-26), которые обладают ярко выраженными характеристиками надсубдукционного магматизма.

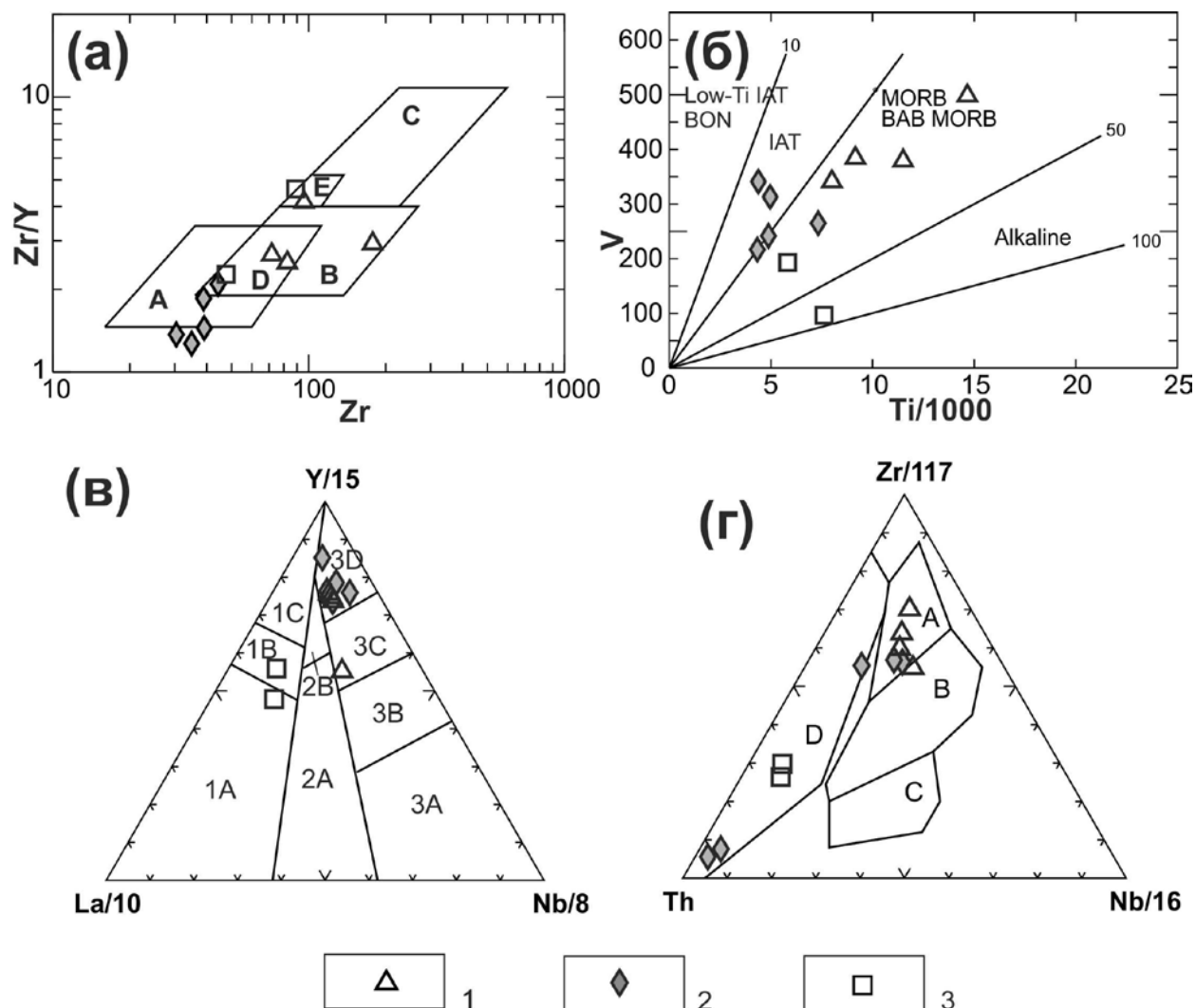


Рисунок 42. Дискриминантные диаграммы для вулканитов «Нижней» пластины северной части Алганского террейна.

Выделенные геохимические типы: 1 – первый тип; 2 – второй тип; 3 – третий тип.

а. диаграмма зависимости Zr/Y-Zr (Pearce et al., 1979). Поля на диаграмме: А – островодужные базальты; В – базальты срединно-океанических хребтов (MORB); С – внутриплитные базальты; D – островодужные базальты и MORB; E – внутриплитные базальты и MORB.

б. диаграмма зависимости Ti/1000-V (Shervais, 1982). Поля на диаграмме: IAT – островодужные толеиты; BON – бониниты; MORB – базальты срединно-океанических хребтов; BABB – базальты задуговых бассейнов; Alkaline – базальты океанических островов и щелочные базальты.

в. диаграмма зависимости La-Y-Nb (Cabanis et. Al., 1989). Поля на диаграмме: 1 – базальты вулканических дуг (1А известково-щелочные базальты; 1С – островодужные

толеиты; 1В – известково-щелочные базальты и островодужные толеиты); 2 – континентальные базальты (2А – континентальные базальты; 2В – базальты задуговых бассейнов); 3 – океанические базальты (3А – щелочные базальты внутриплитных континентальных рифтов; 3В, 3С

г. диаграмма зависимости Th-Zr/117-Nb/16 (Wood, 1980). Поля на диаграмме: А – N-тип MORB; В – E-тип MORB и внутриплитные толеиты; С – внутриплитные щелочные базальты; D – базальты вулканических дуг.

по составу с островодужными базальтами. Развиты такие породы в наиболее верхних горизонтах разрезов.

Самая многочисленная, вторая группа, к которой отнесены базальты и мелкозернистые долериты (обр. 08-КО-65; 08-КО-65/1; 08-КО-66/3; 08-КО-67/1; 08-КО-67/2), обладает промежуточными характеристиками. Обладая низкими концентрациями редких и большинства рассеянных элементов, они сходны с островодужными толеитами. Так же с породами островодужного генезиса их сближают низкие концентрации  $TiO_2$ , небольшие Nb-Ta минимумы, высокие содержание крупноионных элементов. Концентрации остальных петрогенных окислов и малых элементов близки к океаническим базальтам. Разделение вулканитов на группы носит во многом условный характер. Так, например, низкая глиноземистость отмечается для всех изучаемых пород, что не свойственно островодужным вулканитам. Стоит также отметить значительные вариации концентраций многих когерентных элементов Ni, Cr, Co, V, низкие концентрации CaO.

Такие вариации в составах, промежуточные между толеитами типа N-MORB и островодужными, позволяет предположить, что вулканиты «Нижней» пластины Алганского террейна были образованы в пределах окраинного моря, либо вблизи не зрелой островной дуги.

## **4.2. Пластина «Верхняя»**

### **4.2.1. Геологическое строение**

Породы пластины обнажаются вдоль правого борта р. Анадырь (рис. 43), на р. Перевальная (рис. 43), в верховьях р. Правый Коначан (см. рис. 31), в левых приток р. Утесики (см. рис. 5). В серпентинитовый матрикс меланжа включены блоки: габбро, амфиболизированных габбро, катаклазированных плагиогранитов, дунитов, амфиболизированных кварцевых диоритов, родингитов, амфиболитов, верлитов и диоритов, а также крупные блоки позднемезозойских и докембрийских пород вулканогенно-кремнисто-базальтового состава. Размер отдельных блоков колеблется от 5 до 1000 метров.

Из блока амфиболового габбро (обр. 07-169/3) был получен  $^{39}Ar/^{40}Ar$  возраст плато по монофракции амфибола -  $474.4 \pm 10.5$  млн лет (г. Фэрбенкс, США, аналитик Пол Лэйер).

Стоит отметить большое количество катаклазированных плагиогранитов и кварцевых диоритов (размер блоков от 5 м до 100-300м.) которые распространены по всему телу меланжа. Особенно отчетливо прослеживаются в виде крупных останцев на водоразделах левых притоков р. Утесики (междуречья рек Перемычная-Засыпной, Луковая-Пахучий, Борозда-Перевальная; см. рис. 5). Для блока плагиогранитов (р. Анадырь), были получены возрасты цирконов (LA-ICP-MS) (университет г. Киото, аналитики Т. Хирато и Т. Якоямо). Конкордатные U-Pb датировки, рассчитанные по 10 точкам, составляют  $226 \pm 11$  млн. лет (обр. 07-168) и  $542 \pm 29$  млн. лет. (обр. 07-192). Из того же места, в работе (Паланджян, 2014) приводятся сходные  $562 \pm 8$  млн. лет. U-Pb датировки цирконов гранитов (см. рис. 41). Идентичные возраста получены для плагиогранитов р. Перевальной -  $542 \pm 14$  млн. лет (обр. 07-142) (см. рис. 5, 44, 45).

Мощность блоков вулканогенно-кремнисто-базальтового состава колеблется от 50 до 1000 м. В пределах блоков обнажаются фрагменты различных комплексов пород. Всего было выделено три комплекса: *вулканогенно-кремнистый*, *вулканогенно-кремнисто-туфотерригенный* и *туфотерригенный*. Породы всех комплексов интенсивно катаклазированы, изменены и пронизаны густой (до 90%) сетью трещин (см. рис. 33 е). Породы представляют собой брекчии, цементом в котором служит гидротермально-метасоматический агрегат кальцита, пренита, цеолита, кварца (см. рис. 37 е). При ударе молотка порода рассыпается и практически невозможно отобрать кондиционный образец. Породы трудно диагностируются и часто внешне не отличимы друг от друга, что затрудняет расшифровку их строения. Микроскопическое изучение породы возможно лишь по реликтовым частям сохранившихся отдельных обломков, отражающих первичные составы и взаимоотношения слагающих ее компонентов. Информация о внутреннем строении блоков получена по сохранившимся контактам между вулканитами и кремнистыми породами, а также по фрагментам слоистых пачек кремнистых и глинисто-кремнистых пород, которые смяты в разномасштабные изоклинальные складки.

Большое количество (8 проб) поздненеопротерозойских датировок было получено для тоналит-плагиогранитов по результатам съемочных работ (Гульпа, 2014), в которых автор диссертации принимал участие. Это позволило составителям листов выделить отдельный левомавринский плутонических комплекс. Породы были опробованы в междуречье Утесики-Левая Маврина (рис. 5). Все датировки ложатся в узкий интервал от  $564.4 \pm 4.9$  до  $547.7 \pm 3.4$  млн. лет. Обычно породы обнажены в виде отдельных останцев в меланже, в редких случаях наблюдаются секущие взаимоотношения с гипербазитами в пределах отдельных блоков.



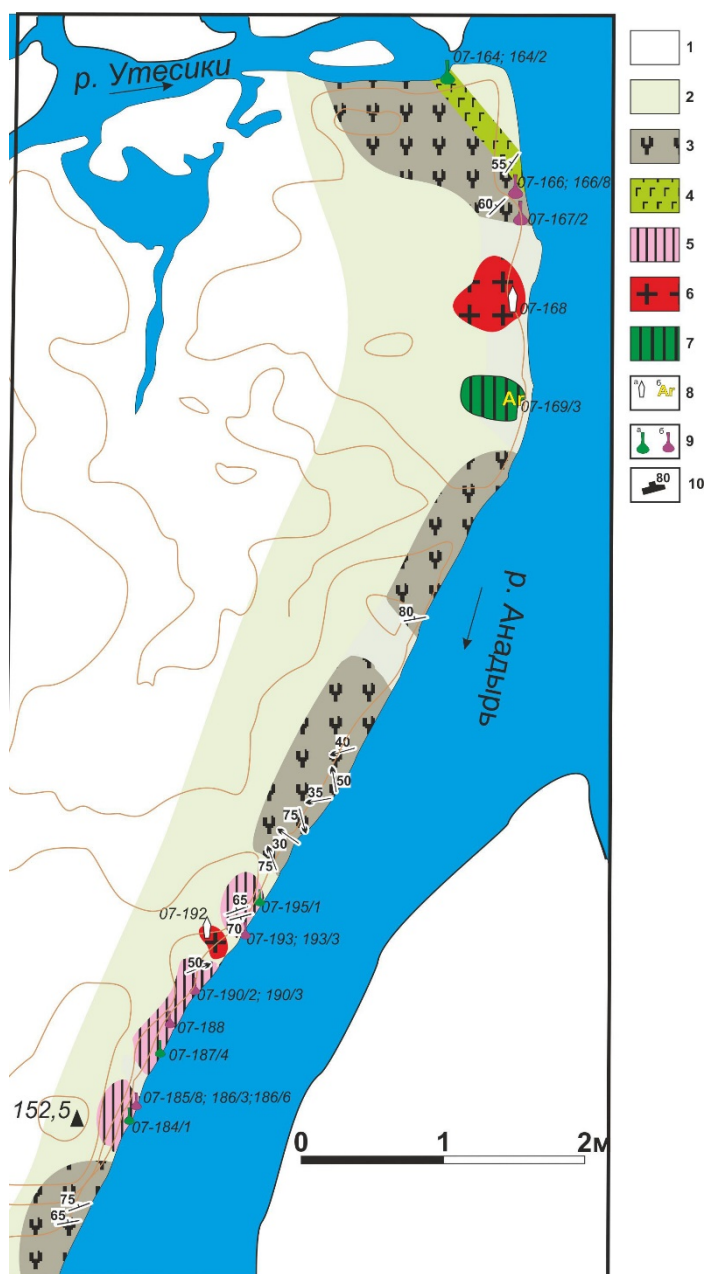


Рисунок 43. Схема геологического строения правобережья р. Анадырь в районе устья р. Утеси́ки.

Условные обозначения: 1 – четвертичная система; 2-7 – породы «Верхней» пластины Алганского террейна: 2 – серпентинитовый меланж полимиктового состава; 3 – 5 – блоки в меланже, в пределах которых обнажены породы отнесенные к различным комплексам: 3 – вулканогенно-кремнисто-туфотерригенный комплекс; 4 – мощные тела спиллитового состава вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного комплекса; 5 – вулканогенно-кремнистый комплекс; 6 – крупные блоки плагиогранитов; 7 – крупные блоки, амфиболитизированных габбро; 8-9 – точки отбора проб для различного вида анализов, и ее номер: 8 – геохронологическое датирование: а – U-Pb датирование зерен циркона; б – результаты Ar-Ar датирования монофракции амфиболов, в млн. лет; 9 – вещественного состава различных пород: а – вулканиты; б – кремнистые породы; 10 – залегание слоистости.

В бассейне р. Перевальной отдельные блоки имеют выдержанное юго-западное погружение, что хорошо согласуется с плоскостными и структурными элементами внутри блоков (см. рис. 44). В обнажениях по р. Анадырь в пределах различных блоков ориентировка азимутов падения осей складок и дуплекс структур имеет большой разброс, что указывает на вращение блоков относительно друг друга (см. рис. 43). Скорее всего, отдельные блоки были разбиты на ряд пластин и разделены полосами серпентинитовых меланжей еще до вхождения в состав «Верхней» пластины. На это указывают ряд фактов: 1) выдержанное падение отдельных блоков и их внутренних структур, включающие различные породные комплексы; 2) наличие множества маломощных серпентинитовых просечек и мономиктовых меланжей среди пород вулканогенно-кремнистого и

вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного комплексов. Таким образом, возможно нахождение более древних меланжей в составе пластины.

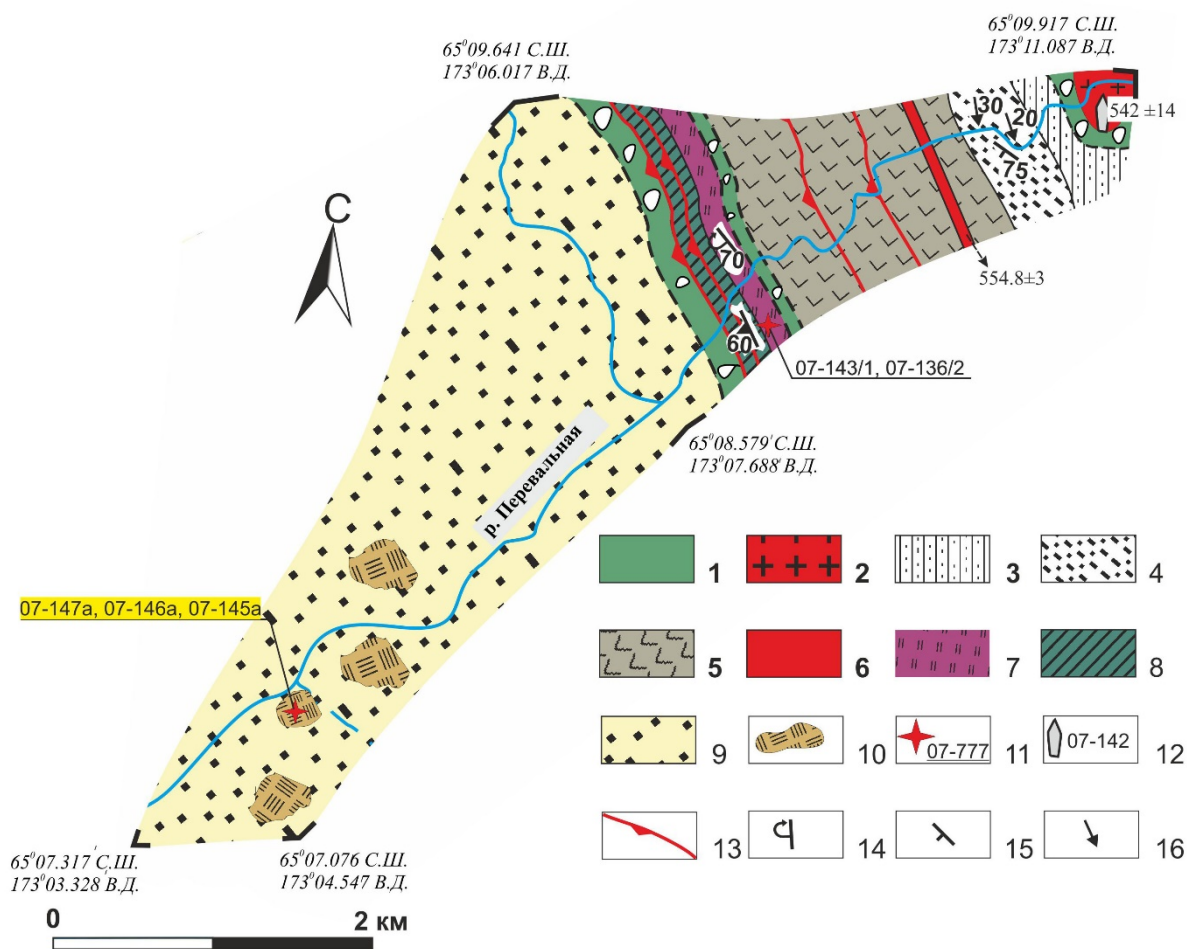


Рисунок. 44. Схема геологического строения района р. Перевальная.

Условные обозначения: 1 – тела меланжей; 2 – плагиограниты и их возраст в млн лет; 3 - 10 – блоки, погруженные в серпентинитовый меланж, в пределах которых обнажаются породы различных комплексов (границы блоков проведены по результатам наблюдения вдоль бортов р. Перевальная): 3 - 6 – докембрийские вулканогенно-осадочные породы: 3 – туфотерригенные породы и микститы; 4 – фтанит-глинистые сланцы; 5 - спилиты, андезиты, дациты и кварцевые диориты; 6 – дайки плагиогранитов с подписанным возрастом, в млн лет; 7 – 8 - вулканогенно-кремнистый комплекс: 7 – кремни и кремнистые породы; 8 – подушечные базальты; 9-10 – туфотерригенный комплекс: 9 – туфотерригенные породы, кремни, конгломераты; 10 – олистостромы кремней; 11-12 – точки отбора проб для различного вида анализов, и их номера: 11 – радиоляриевый анализ; 12 - U-Pb датирование зерен циркона; 13 – надвиги; 14 – 15 – элементы залегания: 14 – перевернутое; 15 – слоистости; 16 – простираие осей складок.

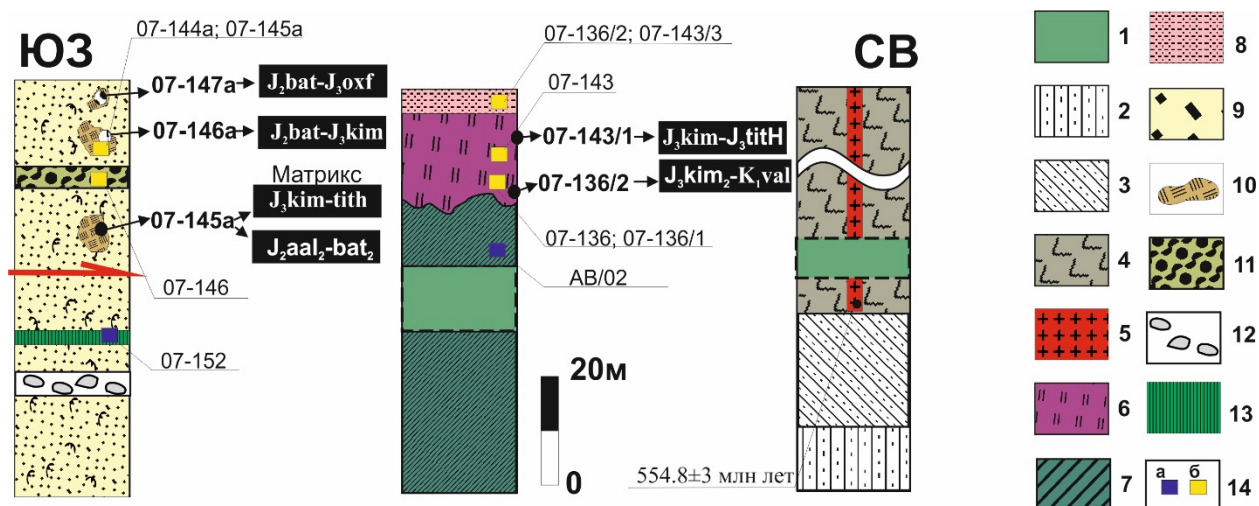


Рисунок 45. Схема структурно-вещественных комплексов, выделенных в пределах блоков меланжа с результатами радиоляриевоего анализа (бассейн р. Перевальная).

Условные обозначения: 1 – тела меланжей; 2 – 5 – вулканогенно-кремнисто-туфотерригенный комплекс: 2 – туфотерригенные породы; 3 – глинистые сланцы; 4 – спилиты, андезиты, дациты и кварцевые диориты; 5 – дайки неопротерозойских плагиогранитов; 6 – 8 – вулканогенно-кремнистый комплекс: 6 – кремни и кремнистые породы; 7 – подушечные базальты; 8 – кремнистые алевролиты; 9-13 – туфотерригенный комплекс: 9 – туфотерригенные породы; 10 – олистолиты кремней; 11 – зеленые кремни, туфосилициты; 12 – конгломераты; 13 – долериты; 14 – уровень отбора проб для геохимического анализа: а – вулканогенных пород; б – кремнистых пород.

**Вулканогенно-кремнистый комплекс пород.** Вулканыты представлены темно-коричневыми и зеленоватыми трещиноватыми базальтами с реликтами подушечной отдельности, с редкими прослоями гиалокластитов и кремнистых туфоаргиллитов. В подчиненном количестве встречаются жильные тела долеритов. Базальты содержат изометричные будины вулканитов кислого состава (дациты, риолиты), размером до 20 см. и до 6 метров в длину. Будины занимают до 20 % от общего объема пород, отличаются массивным обликом, относительно вмещающих их базальтов. Кремнистые породы представлены метаморфизованными бордовыми яшмами и радиоляритами.

Внутри комплексов взаимоотношения вулканитов с телами кремнистых пород разные. Чаще всего породы данной оказываются сильно тектонизированы, кремнистые породы образуют вытянутые будины (длиной от 20 см до 80 см.) и фрагменты «слоев» в базальтовом матриксе. Контакты таких "слоев" обычно неровные, имеют сложные очертания (см. рис. 33 ж). Сами "слои" деформированы (см. рис. 33 з) и образуют систему микроуплексов (см. рис. 33 и). Подобный тип разреза широко развит в центральной части обнажений по р. Анадырь видимой мощностью около 2 км, который разбит на серию повторяющихся, маломощных (до 100 м.) чешуй (см. рис. 43).

В другом случае наблюдаются четкие стратиграфические контакты тонкослоистых, смятых в изоклинальные складки кремней с базальтами (см. рис. 33 к). На р. Перевальная на контакте базальтов с кремнями отмечены эрозионные «карманы» (см. рис. 31 разрез 7; 33 л; 45). Вблизи контакта кремни образуют слои мощностью около 3-4 см. Разрез имеет перевернутое залегание, с падением на юго-запад. Стратиграфически вверх увеличивается количество глинистого материала, при этом кремни сменяются небольшими по мощности телами кремнистых алевролитов. Из различных прослоев кремней были выделены **кимеридж-титонские** (обр. 07-143/1) радиолярии (Палечек, Моисеев, 2011; Палечек и др., 2014): *Parvicingula elegans* Pessagno et Whalen, *P. cf. haeckeli* (Pantanelli), *P. ex gr. boesii* (Parona), *Praeparvicingula rotunda* Hull, *Hsuum mclaughlini* Pessagno et Blome, *Hsuum ex gr. maxwelli* Pessagno, *H. ex gr. tamanense* Yang, *Archaeodictyomitra apiara* (Rüst), *A. cf. rigida* Pessagno, *Loopus primitivus* (Matsuoka et Yao), *Stichocapsa ex gr. convexa* Yao, *Triactoma* sp. – и **кимеридж-валанжинские** (обр. 07-136/2) радиолярии: *Archaeodictyomitra rigida* Pessagno, *A. apiara* (Rüst), *Parvicingula* sp., *Windalia* sp., *Triactoma* sp (см. рис. 44, 45).

В районе левобережья р. Утесики и верховьев р. Правый Коначан широко распространены блоки вулканических пород, которые образуют мегабрекчии и псевдоконгломераты (см. рис. 33 м), с видимой мощностью до 60-100 м. Цементирующая масса и включенные в нее обломки представлены в разной степени переработанными магматитами. Матрикс представлен интенсивно катаклазированными вулканитами (см. рис. 33 н), которые перетерты до однородного темнокоричневого изотропного материала, по которому развиваются эпидот, хлорит, кварц, серицит, пренит, пумпеллеит. Среди такого матрикса сохраняются обломки отдельных магматических минералов, в основном это сильно изменённый плагиоклаз и кварц. Блоки представлены спилитами и долерито-базальтами, которые в редких случаях сохраняют свою первоначальную подушечную отдельность (см. рис. 33 о). Некоторые блоки представлены растащенными телами даек (см. рис. 33 п), сложенными интенсивно катаклазированными породами кислого состава.

*Вулканогенно-кремнисто-туфогерригенный комплекс пород.* Породы, отнесенные к данному комплексу наиболее сильно изменены и разбиты на ряд чешуй, мощностью от 100 до 250 м. Они вскрываются в правобережье р. Анадырь (см. рис. 43). На данный момент выделение данного комплекса во многом условно, и объединяет не датированные сильно изменённые породы, которые возможно являются фрагментами других комплексов.

Терригенные породы представлены туфо-алевролитами, туфо-аргиллитами и вулканомиктовыми песчаниками. Кремнистый, глинистый и кластический материал встречаются в разных пропорциях, что обуславливает наличие множества смешанных и переходных типов пород. Породы в основном не стратифицированы и имеют однородный,



невыразительный облик. В обнажениях можно встретить разные варианты взаимоотношений различных членов комплексов. Ненарушенный разрез мощностью 250 м. был изучен вблизи устья р. Утесики, вдоль правого борта р. Анадырь (см. рис. 43). В основании разреза залегают массивные спилиты мощностью до 100 м., которые стратиграфически перекрыты бордовыми, брекчированными кремнями, мощностью до 2 м. Выше по разрезу горизонты кремней растащены на отдельные будины, которые включены в бесструктурную гиалокластитовую массу зеленого оттенка. Какая-либо зональность отсутствует, прослеживаются только тонкие зеленоватые полосы, обладающие сложно изогнутым строением, подчеркнутое разными оттенками таких полос. Кремни содержат много взрыво-эксплозивного веществ. Выше по разрезу увеличивается доля взрывных обломков, до появления и полного преобладания туффитов и туфов основного-среднего состава. Бордовые кремни сменяются зелеными туфосилицитами, которые содержат разнообразную вулканокластическую и терригенную примесь пелитовой и алевроитовой размерности. Туфосилициты образуют согласные горизонты мощностью до 1,5 м. Выше по разрезу появляются мелко псаммитовые граувакки, алевролиты и черные аргиллиты, с мощностью горизонтов не более 2 м.

Более сложные взаимоотношения устанавливаются на ЮЗ фланге обнажений р. Анадырь, где преобладают сильно измененные туфотерригенные породы. Спилиты образуют деформированные горизонты мощностью до 20 м, включающие не выдержанные по мощности и деформированные слои и линзы метаморфизованных бордовых кремней. Также нередко спилиты и кремни образуют линзоподобные, брекчиевидные тела в туфотерригенном матриксе. Такие тела имеют неровные, сложные очертания. Размер тел достигает до 1-2 м. (см. рис. 33 р). Однако нередко можно увидеть обратную картину, где туфотерригенные породы образуют тектонические клинья в базальтовом матриксе (см. рис. 33 с, т). Обычно в таких случаях границы резкие и ровные. О характере деформаций можно судить по желтоватым и сероватым кремнисто-глинистым породам, которые обнажаются в виде обрывков слоев, смятых в сложные дисгармоничные складки.

*Туфотерригенный комплекс пород.* Обнажается в виде отдельного блока в бассейне р. Перевальная (см. рис. 31 разрез 6; 44, 45). Комплекс представлен обломочными породами, плохо стратифицированными от пелитовой до мелко гравийной размерности, а также туффитами, туфами, туфотерригенными породами. В поле распространения туфотерригенных пород, в виде изолированных, сближенных между собой обнажений, встречаются кремнистые породы двух типов.

Первый тип представлен зелеными кремнями, сложенными скрытокристаллической основной массой серовато-зеленого цвета. Характерной чертой таких кремней является

примесь пирокластического материала. К сожалению, до сих пор не удалось датировать эти кремни.

Ко второму типу кремнистых пород относятся бордовые кремни. Из них выделены радиолярии близких возрастных интервалов (см. рис. 45). Были определены **бат-кимериджские** радиолярии (обр. 07-146а): *Parvicingula elegans* Pessagno et Whalen, *P. burnsensis* Pessagno et Whalen, *P. cf. boesii* (Parona), *Caneta hsui* (Pessagno), *Hsuum maxwelli* Pessagno, *H. cuestaensis* Pessagno, *H. ex gr. mclaughlini* Pessagno et Blome, *H. cf. matsukoi* Isozaki et Matsuda, *Archaeodictyomitra rigida* Pessagno, *Gongylothorax favosus* Dumitrica, *Williriedellum yaoi* (Kozur), *Praeconocaryomma mammilaria* (Rüst), *Loopus* (?) *cf. campbelli* Yang, *Ristola* (?) *ex gr. bala* Hull – и **бат-оксфордские** радиолярии (обр. 07-147а): *Stichocapsa robusta* Matsuoka, *S. convexa* Yao, *Striatojaponocapsa* sp. *A sensu* Matsuoka et Yao, 1985, *Parvicingula burnsensis* Pessagno et Whalen, *P. ex gr. boesii* (Parona), *Hsuum* sp., *Triversus* sp., *Pseudodictyomitra tuscania* (Chiari, Cortese et Marcucci), *Pseudodictyomitra ex gr. cappa* (Cortese), *Aitaum yehae* Pessagno et Hull. Радиоляриевые определения указывают на накопление осадка в бат–кимериджское время. Помимо этого, есть кремни, содержащие **кимеридж-титонские** формы (обр. 07-144а) - *Parvicingula elegans* Pessagno et Whalen, *P. boesii* (Parona), *Hsuum mclaughlini* Pessagno et Blome, *H. cuestaensis* Pessagno, *H. maxwelli* Pessagno, *Archaeodictyomitra rigida* Pessagno, *A. apiara* Rust, *Dictyomitra excellens* (Tan), *Crolanium puga* (Schaaf), *Stichomitra ex gr. cribata* Hinde, *Hiscocapsa cf. grutterinki* (Tan), *Stichocapsa convexa* Yao, *Zhamoidellum ventricosum* Dumitrica, *Windalia* sp., *Praeconocaryomma hexagona* (Rust), *P. magnimamma* (Rust), *Paronaella* sp.

Из образца 07-145а были выделены радиолярии двух различных возрастных интервалов: кимеридж-титонского и позднеаален-позднебатского. В **кимеридж-титонском** матриксе с *Zhamoidellum frequensis* (Tan Sin Hok), *Complexapora kiesslingi* Hull, *Tricolocapsa ex gr. campana* Kiessling, *Parvicingula khabakovi* (Zhamoida), *P. ex gr. boesii* (Parona), *Archaeodictyomitra apiara* (Rüst), *Archaeodictyomitra ex gr. rigida* Pessagno, *Xitus ex gr. mclaughlini* Pessagno, *Paronaella mulleri* Pessagno, *Windalia* sp., *Windalia* (?) sp. F содержатся также радиолярии *Striatojaponocapsa fusiformis* (Yao) хорошей сохранности, характерные для **позднего аалена–позднего бата** (Catalogue..., 2009), и *Vagotum* ? sp., распространенные также в средней юре.

Вулканогенно-осадочный комплекс, предположительно докембрийского возраста (Моисеев и др., 2011; 2013) обнажена вдоль бортов р. Перевальной. Видимая мощность составляет 500 м (см. рис. 44, 45). Основная часть представлена вулканитами, которые пересечены маломощными полосами мономиктового серпентинитового меланжа. Их тектоническая мощность составляет примерно 1,5 км. Они представлены пачками

спилитов, андезитов, дацитов и кварцевых диоритов примерно в равной пропорции. Так же были установлены дайки плагиогранитов, мощностью до 5 м., которые прорывают вулканы, преимущественно основного состава. Дайки растащены на отдельные блоки (см. рис. 33 у; 45). Автором, в составе съемочной партии были опробованы дайки плагиогранитов (обр. 286.02), из блоков, где сохранены зоны закалки с вмещающими метавулканиками (см. рис. 33 у). U-Pb возраст (метод SHRIMP-II) по 18 зернам определен  $554.8 \pm 3$  млн лет (Гульпа, 2014). Осадочные породы представлены фтанит-глинистыми сланцами, грязно-зелеными туфо-песчаниками и микститами. До конца остается не ясным взаимосвязь осадочных образований с магматитами. От мезозойских комплексов Алганского террейна, их отличает наличие фтанит-глинистых пород. Однако сходство туфо-песчаников с подобными породами мезозойских комплексов позволяет предположить нахождение докембрийских магматических пород в виде тектонических блоков.

#### 4.2.2. Состав обломочных пород

Обломочные породы в «Верхней» пластине встречаются в *вулканогенно-кремнисто-туфотерригенном* и *туфотерригенном* комплексах. В большинстве случаев породы не стратифицированы, за исключением обнажений вблизи устья р. Утесики, где мощность осадочных горизонтов обломочных пород не превышает 1,5-2м. Граница между породами неровная. Одной из причин отсутствия стратификации пород является их интенсивная тектонизация. Так, в одном из образцов юго-западной части территории м/з песчаник «вдавлен» в алевролит, что подчеркивается повторяющимися тектонический контакт тонкими кливажными зонами (см. рис.37 ж). Породы брекчированы (см. рис. 37 з) и катаклазированы. Зоны катаклаза представляют собой участки от 0.1 см. (см. рис. 37 и) до объемов, захватывающих целые комплексы пород. Цемент катаклазитов сложен тектонизированным изотропным глинистым материалом, в который погружены обломки окружающих пород (зерна кварца, плагиоклаза, редко вулканы). В некоторых случаях удается увидеть реликты сохранившейся кливажированной породы, окруженной ореолом ее составных частей (см. рис. 37 к). Чаще всего отдельные фрагменты испытали значительные перемещения (см. рис. 37 л), и такие породы могут быть отнесены к терригенному меланжу. По тектоническому цементу интенсивно развиваются эпидот, хлорит, карбонат, пумпеллиит, цеолит. Более поздние деформации смещают ранее образованные зоны катаклаза (см. рис. 37 м). В породах развивается ветвящийся и ромбовидный кливаж, чаще всего несовершенного облика.

Широким распространением среди терригенных пород вулканогенно-кремнисто-туфо-терригенного комплекса р. Перевальная пользуются микститы, где в виде брекчий встречаются туфопесчаники и алевролиты. При этом в шлифах отмечается

многостадийность наложенных низкотемпературных изменений. В обломках микстита развито множество тонких выклинивающихся прожилков, выполненных минералами цеолитовой группы, которые не прослеживаются в окружающий матрикс. По матриксу в виде изогнутых прожилков и обособлений развиваются минералы пренит-пумпелиитовой фации метаморфизма.

Наибольшим распространением пользуются мелкообломочные породы: туфо-алевролиты, туфо-аргиллиты и их кремнистые разности. На их долю приходится около 70% осадочных пород. Размер обломков в псаммитовых породах не превышает 0,2 мм.

Отличительным признаком пород туфотерригенного комплекса является широкое развитие витрокластических структур (см. рис. 37 н). Микроскопически в породах туфотерригенного комплекса различаются микрослоистые разности, где видны конседиментационные нарушения в виде обрывков слоев и микросбросов. Однако, основная масса пород обладает сгустковато-брекчированным строением, обусловленным хаотическим скоплением псаммитового материала в глинисто-алевритовом матриксе. Фрагменты песчаников имеют четкие и расплывчатые границы, а окружающее глинистое вещество проникает по трещинам в песчаные слои.

Все породы плохо сортированы, обломки плохо окатаны. Характерно инкорпорационное сочленение зерен, граница зерен неровная, зазубренная, развиты начально-бластические структуры. В большинстве случаев цемент отсутствует, редко встречаются (до 10%) хлоритовый, гидрослюдистый, глинистый цементы.

По составу песчаники представлены граувакками, преимущественно (до 70%), сложенными обломками вулканитов кислого состава (см. рис. 37 о), в подчиненном количестве встречаются обломки вулканитов основного-среднего состава. В резко подчиненном количестве находятся обломки зерен плагиоклаза (до 15%), кварца (около 10%), единичные обломки представлены биотитом, плагиогранитами и долеритами. При сравнении с туфотерригенными породами «Нижней» пластины стоит отметить более низкие содержания обломков глинистых пород (около 10%) и отсутствие обломков кварц-мусковитовых сланцев.

#### *4.2.3. Состав магматических пород*

Вулканические породы встречаются во всех комплексах пород «Верхней» пластины. Особенно широко распространены в пределах вулканогенно-кремнистом комплексе. Ввиду сильной тектонической переработки и интенсивного развития вторичных минералов опробование вулканических пород представляло трудную задачу. Для химического анализа отбирались только те породы, в которых сохранились реликтовые магматические структуры и ассоциации минералов. Их всех проб этим условиям отвечали только 8



образцов. Породы представлены реликтовыми гиадобазальтами с вариолитовой, гиалопелитовой и микролитовыми структурами. Основная масса сложена изменённым вулканическим стеклом, на фоне которого выделяются альбитизированные и сосюритизированные микролиты плагиоклаза. В редких случаях сохраняются реликты клинопироксена (титан-авгит). По вкрапленникам пироксена развивается вторичный амфибол. Из вторичных минералов наиболее интенсивно развиваются минералы группы эпидота и цеолитов, встречаются также пренит, хлорит. Порода разбита трещинами, выполненными кварцем и карбонатом. Один из образцов представлен основной породой субвулканического облика с пойкилоофитовой структурой.

Из *вулканогенно-кремнистого комплекса* вдоль бортов р. Анадырь (см. рис. 43) был опробован гиалокластит (обр. 07-195/1); вдоль р. Перевальная микродолерит (обр. АВ/02); в верховья р. Правый Коначан (см. рис. 32) спилит (08-EL-50/2). Базальты из *вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного комплекса* были опробованы вдоль обнажений р. Анадырь (обр. 07-164; 07-164/2; 07-184/1; 07-187/4). Среди *туфотерригенного комплекса* был опробован микродолерит (обр. 07-152), расположенный в поле обломочных пород (см. прил. 4).

На диаграмме зависимости кремнекислоты ( $\text{SiO}_2 = 47,0\text{--}59,0$  масс. %) от суммы щелочей состава пород соответствуют серии нормальной щелочности, дифференцированы от базальтов до андезитов (рис. 46 а). Породы относятся к толеитовой серии (см. рис. 46 б). Величина магнезиальности низкая, колеблется от 43,8– 50,8, что указывает на высокую степень фракционирования составов пород. Отмечается натриевая специализация, где  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}=6\text{--}7,1$ . По содержанию  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (от 12,6 до 14,9 масс. %),  $\text{CaO}$  (от 9,3 до 11,5 масс. %),  $\text{TiO}_2$  (от 1,3 до 2,2 масс. %) породы близки к составам океанических базальтов Восточно-Тихоокеанского поднятия, при этом концентрации титана много выше, чем в толеитах островных дуг (рис. 47). Более высокими содержаниями глинозема (17,0 масс. %), и низкими  $\text{TiO}_2$  (ниже 1%) отличается обр. АВ/02. Содержания Ni (69,2–100 г/т) и Cr (52,8–241 г/т) колеблются в широких пределах и ниже концентраций этих элементов в расплавах типа N-MORB.

На диаграмме редкоземельных элементов нормированных на хондрит все породы оказываются незначительно обеднены легкими лантаноидами относительно средних и тяжелых:  $((\text{La}/\text{Yb})_{\text{cn}} = 0,61\text{--}0,97; (\text{La}/\text{Sm})_{\text{cn}} = 0,61\text{--}0,79)$ . Суммарная концентрация РЗЭ в данных породах составляет  $(\text{La}+\text{Sm}+\text{Yb})_{\text{cn}}=33,37\text{--}86,25$ . Гиалокластит из вулканогенно-кремнистого комплекса (обр. 07-195/1) обладает повышенными концентрациями легких РЗЭ относительно средних и тяжёлых, а также суммарным содержанием РЗЭ:  $((\text{La}/\text{Yb})_{\text{cn}}=2,65; (\text{La}/\text{Sm})_{\text{cn}}=1,3; (\text{La}+\text{Sm}+\text{Yb})_{\text{cn}}=104,98)$  (рис. 48).

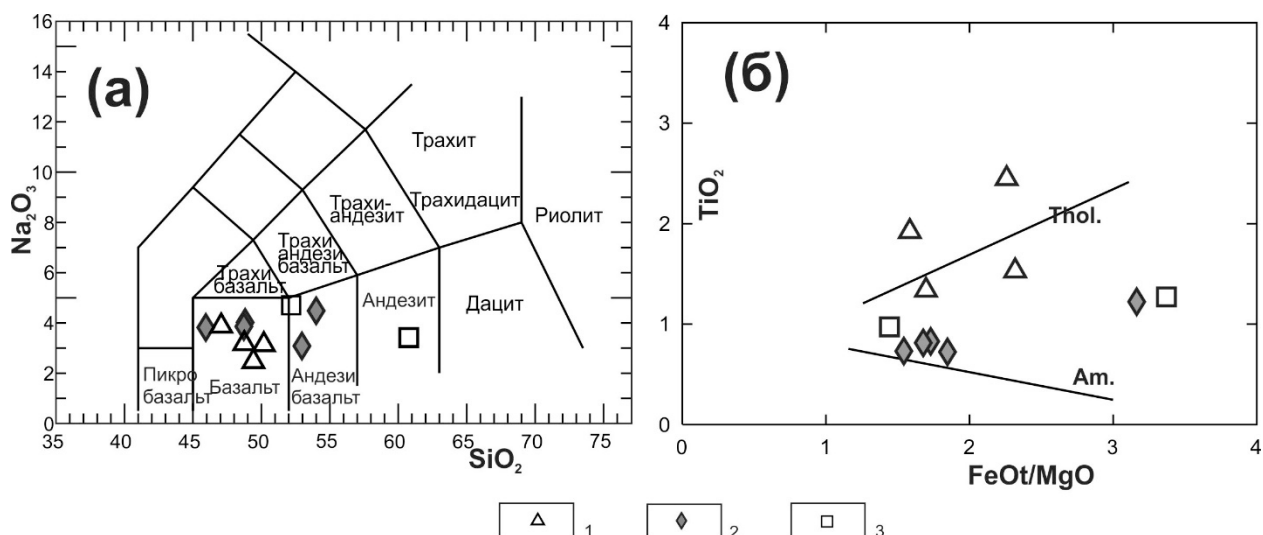


Рисунок 46. Классификационные диаграммы для вулканических пород «Нижней» пластины северной части Алганского террейна.

а. зависимости  $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ; б – зависимости  $\text{TiO}_2 - \text{FeO}^*/\text{MgO}$  (Miyashiro, 1974).

На спайдер-диаграмме, составы большинства изучаемых образцов образуют спектры, субпараллельные составу базальтов типа N-MORB (см. рис. 48). Для всех образцов характерны большие колебания в области крупноионных элементов (Rb, Ba), что, возможно, связано со вторичным изменением пород. Содержания Th колеблется в узких пределах от 0,15 до 0,38 г/т. Для образцов 07-184/1 и АВ/02 характерны небольшие минимумы в содержаниях Nb и Ta, где  $\text{Nb}/\text{Nb}^* = 0,36-0,63$ , а  $\text{Ta}/\text{Ta}^* = 0,44-0,82$ , при средних содержаниях данных значений для магматитов «Верхней» пластины от 0,8 до 1,04 и от 0,96 до 1,12 соответственно. Для образца 07-164/2 характерен значительный Zr минимум (41,7 г/т при средних содержаниях в породах 105-153 г/т) (см. рис. 48). Стоит отметить, что абсолютные концентрации Zr в обр. АВ/02 составляют 42,8 г/т, что близко к таковым в обр. 07-164/2, однако минимум на диаграмме практически отсутствует, из-за относительно низких содержаний всех рассеянных элементов.

Спектр состава гиадокластита 07-195/1 отражает обогащенность всеми рассеянными элементами приближаясь к составам базальтов типа OIB (см. рис. 48).

На дискриминантных диаграммах (рис.49) составы вулканитов преимущественно попадают в поле N-MORB, за исключением образца 07-195/1, который тяготеет к полю составов расплавов E-MORB и внутриплитных базальтов. Так же на диаграмме зависимости  $\text{Zr}/\text{Y}-\text{Zr}$  и  $\text{Zr}/117-\text{Th}-\text{Nb}/16$ , точка состава образца 07-164/2 попадает на границу внутриплитных базальтов и базальтов E-MORB соответственно, что объясняется

отмеченными выше низкими концентрациями Zr в его составе, при близких к N-MORB содержаниях Y, Th, Nb.

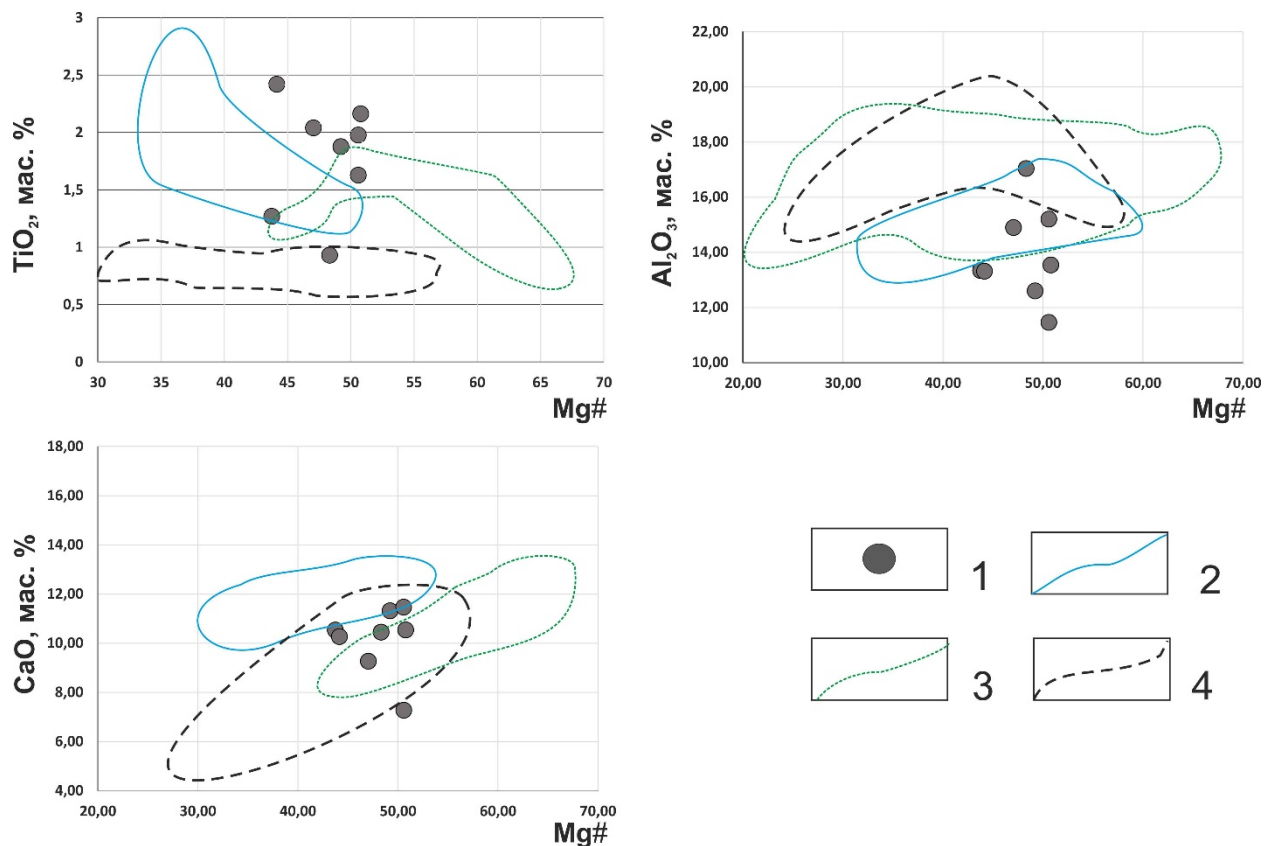


Рисунок 47. Графики зависимости  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  (мас. %) от магнезиальности для вулканических пород «Верхней» пластины северной части Алганского террейна.

Условные обозначений: 1 – составы вулканических пород «Верхней» пластины; 2 – поле базальтов Восточно-Тихоокеанского поднятия (Dmitriev, 1980); 3 – поле составов базальтов Марианского трога (Gribble et. al., 1996; Gribble et. al., 1998); 4 – поле вулканитов Марианской дуги (Woodhead, 1989).

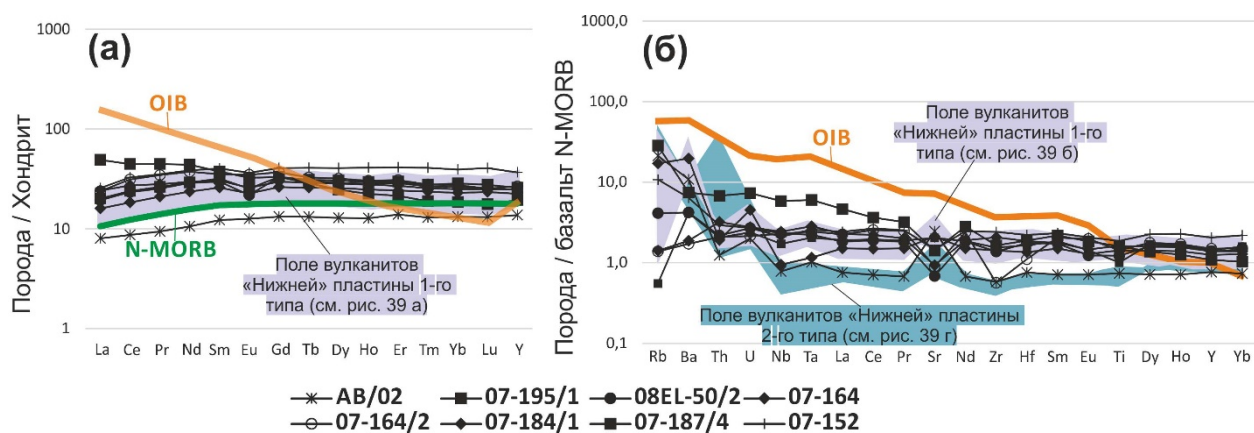


Рисунок 48. Графики распределения редких элементов для вулканитов «Верхней» пластины северной части Алганского террейна. Состав N-MORB, OIB и хондрита по (Sun, McDonough, 1989).

*а* – спектры распределения редких элементов, нормированных на хондрит; *б* – спектры распределения элементов-примесей, нормированных на N-MORB базальт.

На основании изучения составов вулканитов «Верхней» пластины можно сделать вывод об их сходстве с базальтами типа N-MORB и вулканитами второго типа «Нижней» пластины. Помимо этого, отмечается незначительное влияние субдукционной компоненты в виде Nb-Ta и Zr минимумов (обр. 07-184/1, АВ/02). Гиалокластит (обр. 07-195/1) имеет обогащенный состав, промежуточный между составами расплавов типа E-MORB и OIB.

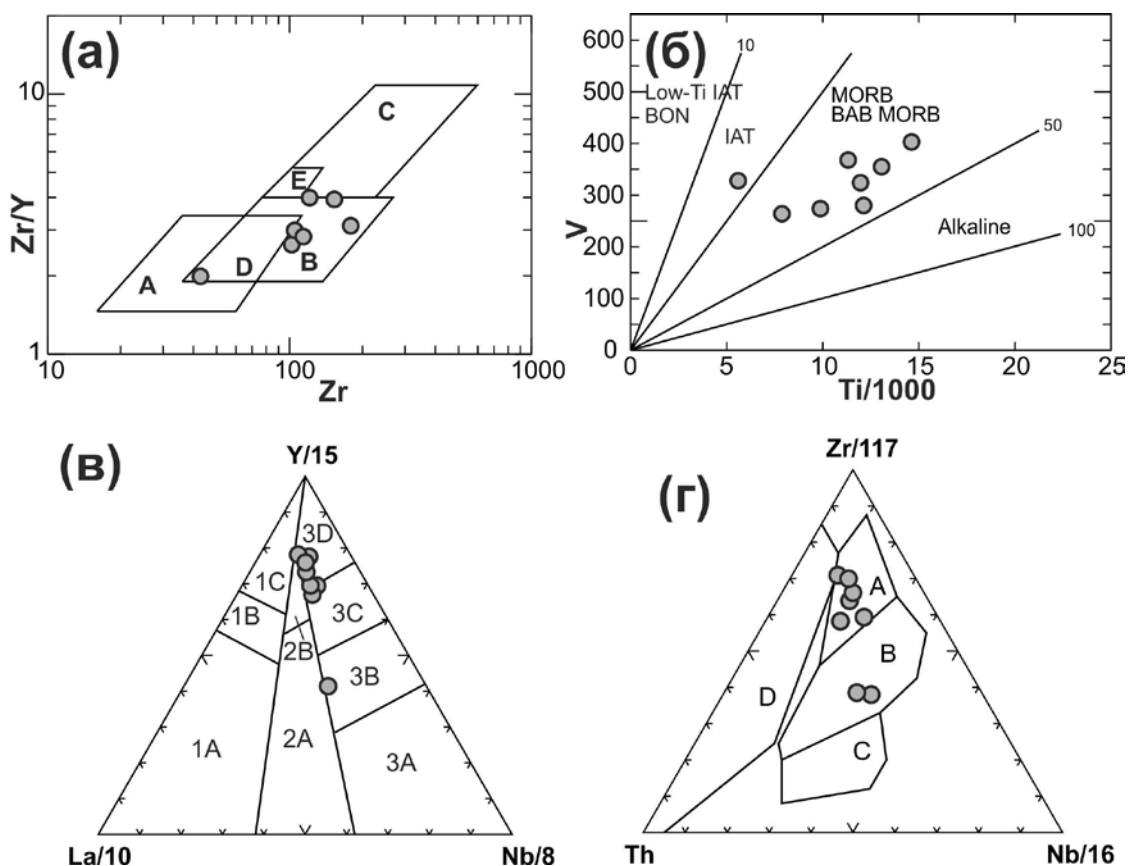


Рисунок 49. Дискриминантные диаграммы для вулканитов «Верхней» пластины северной части Алганского террейна.

*а.* диаграмма зависимости Zr/Y-Zr (Pearce et al., 1979). Поля на диаграмме: А – островодужные базальты; В – базальты срединно - океанических хребтов (MORB); С – внутриплитные базальты; D – островодужные базальты и MORB; E – внутриплитные базальты и MORB.

*б.* диаграмма зависимости Ti/1000-V (Shervais, 1982). Поля на диаграмме: IAT – островодужные толеиты; BON – бониниты; MORB – базальты срединно-океанических хребтов; BABB – базальты задуговых бассейнов; Alkaline – базальты океанических островов и щелочные базальты.

*в.* диаграмма зависимости La-Y-Nb (Cabanis et. Al., 1989). Поля на диаграмме: 1 базальты вулканических дуг (1А известково-щелочные базальты; 1С – островодужные толеиты; 1В – известково-щелочные базальты и островодужные толеиты); 2 – континентальные базальты (2А – континентальные базальты; 2В – базальты задуговых



бассейнов); 3 – океанические базальты (3А – щелочные базальты внутриплитных континентальных рифтов; 3В, 3С – Е-тип MORB; 3В – обогащенные; 3С – слабо обогащенные; 3D – N-тип MORB.

г. диаграмма зависимости Th-Zr/117-Nb/16 (Wood, 1980). Поля на диаграмме: А – N-тип MORB; В – Е-тип MORB и внутриплитные толеиты; С – внутриплитные щелочные базальты; D – базальты вулканических дуг.

#### 4.2.4. Состав кремнистых пород

Кремнистые породы были опробованы из различных комплексов «Верхней» пластины (приложение 5).

Из вулканогенно-кремнистого комплекса рек Перевальная и Анадырь кремнистые породы залегают на базальтах и представлены плитчатыми кремнями мощностью до 30 м. (см. рис. 43, 44, 45) На р. Анадырь они смяты в сложные, изоклинальные складки. Непосредственно на базальтах залегает радиолярит (обр. 07-193) и выше по разрезу яшмы (обр. 07-193/3). Породы имеют буроватую окраску, сложены мелкогранулярными зернами кварца и тонкорассеянными включениями гематита. Остатки радиолярий замещены халцедоном.

На р. Перевальная кремнистые породы были опробованы из разных горизонтов, надстраивающих подушечные базальты. В основании (обр. 07-136; 07-136/1) кремнистые породы представлены радиоляритами, где остатки скелетов фауны составляют до 60-70% породы. Основная масса сложена кварц-халцедоновым криптозернистым материалом. Отмечаются серые пятна с фиолетовым оттенком. Такая окраска обусловлена увеличением содержания марганцевого вещества. Иногда порода нацело перекристаллизована, матрикс почти полностью сложен микрогранобластовым кварцевым агрегатом. В матриксе содержится мелко распыленная примесь гематита, а также тончайшие обломки рыжего вулканического стекла, округлые зерна кварца, цветного минерала (пироксен?) и обломки кристаллов плагиоклаза. Обломки в основном средне окатанные, угловатой формы. Вверх по разрезу (обр. 07-143) наблюдается укрупнение и увеличение (до 20%) количества обломочных зерен. Также увеличивается количество глинистого материала, и кремни сменяются небольшими по мощности телами кремнистых алевролитов (обр. 07-136/2; 07-143/3).

По геохимическим параметрам породы разбиваются на две принципиально разные группы. К первой группе отнесен радиолярит (обр. 07-193). Для него характерны высокие концентрации кремнезема (93,8 масс. %) и высокая доля свободного кремнезема  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  до 160,16, низкие содержания  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - от 0.1 до 1.1 масс. %. Преобладание закисной формы железа над окисной ( $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} > 6$ ). Эти особенности позволяют сделать вывод о том, что

основными породообразующими компонентами являются свободный кремнезём и гидроокислы железа. Отмечаются высокие значения модулей  $(Fe+Mn)/Ti$  от 74 до 198 и  $(Fe+Mn)/Al$  от 3 до 28 (рис. 50 а).

Спектр распределения РЗЭ, нормированный на ПААС сходен со спектром глубинной окисленной океанской воды при выраженном дефиците Ce ( $Se_{paas\ anom.} 0,26$ ), и обогащением СРЗЭ и ТРЗЭ относительно ЛРЗЭ -  $La/Sm(n) = 0,82$ ,  $La/Yb (n) 1,20$  (рис 51 а). Также характерна низкая  $\Sigma РЗЭ = 19,61$  ppm. В породе полностью отсутствуют  $Eu_{paas\ anom.} (0,98)$  и характерны низкие значения  $Eu/Sm (0,20)$  и концентрации элементов транзитной группы Mn, Co, Cr, Ni, что указывает на отсутствие влияние продуктов гидротермальной деятельности. Таким образом, в составе образца 07-193 крайне незначительная доля аллотигенной компоненты и характерно водородное распределение РЗЭ, что указывает на долгую экспозицию осадка в окисленных условиях без участия туфо-терригенной примеси.

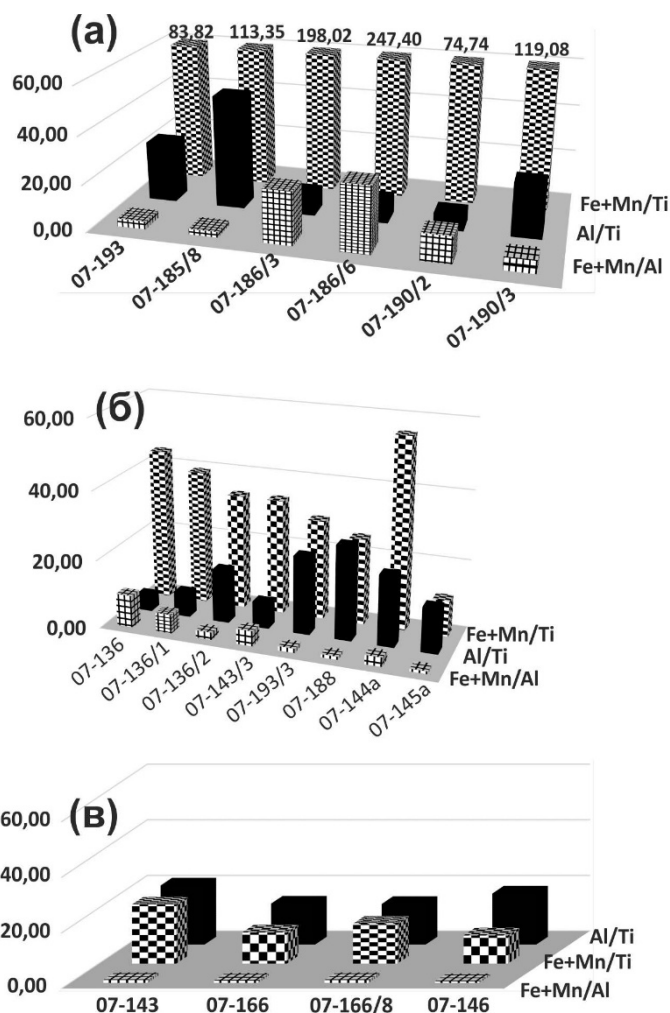


Рисунок 50. Гистограммы значений  $Al/Ti$ , титанового  $(Fe+Mn)/Ti$  и алюминиевого  $(Fe+Mn)/Al$  модулей.

а. Кремнистые породы, первого (гидрогенного) геохимического типа из вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного (обр. 07-193) и вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного (обр. 07-185/8; 07-186/3; 07-186/6; 07-190/2; 07-190/3) комплексов.

б. Кремнистые породы второго геохимического типа из вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного комплексов (обр. 07-136; 07-136/1; 07-136/2; 07-143/3) и вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного комплексов (обр. 07-193/3; 07-188), а также олистолиды кремней из туфотерригенного комплекса (обр. 07-144a; 07-145a).

в. Кремнистые породы, составы которых отражают высокое влияние обломков вулканитов основного состава. Отобраны из вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного (обр. 07-143), вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного (обр. 07-166; 07-166/8) и туфотерригенного (обр. 07-146) комплексов.

К другой геохимической группе относятся все кремнистые породы, отобранные на р. Перевальной, а также яшма (обр. 07-193/3), которая надстраивает радиолярит (обр. 07-193) описанный выше.

Все породы данной группы содержат высокое количество  $\text{SiO}_2$  (86,04 – 95,54 %). Отмечаются колебания глинозема в породах, связанные с увеличением кластической примеси вверх по разрезу, которая фиксируется микроскопически. Низкие, менее 1 % содержания  $\text{Al}_2\text{O}_3$  отмечаются для пород из основания разреза (обр. 07-136, 07-136/1) и значительно увеличиваются вверх по разрезу (обр. 07-136/2; 07-143/3) до 3,62 %. Такие колебания влияют на долю свободного кремнезема, который меняется от 253,46 в основании до 23,79 в верхней части разреза (см. рис. 50 б). Содержания  $\text{TiO}_2$  колеблются от 0,07 до 0,21 %, что может указывать на флуктуацию в его распределении. Такие широкие колебания литогенных компонентов приводят к широкому разбросу различных индексов (см. рис. 50 б).

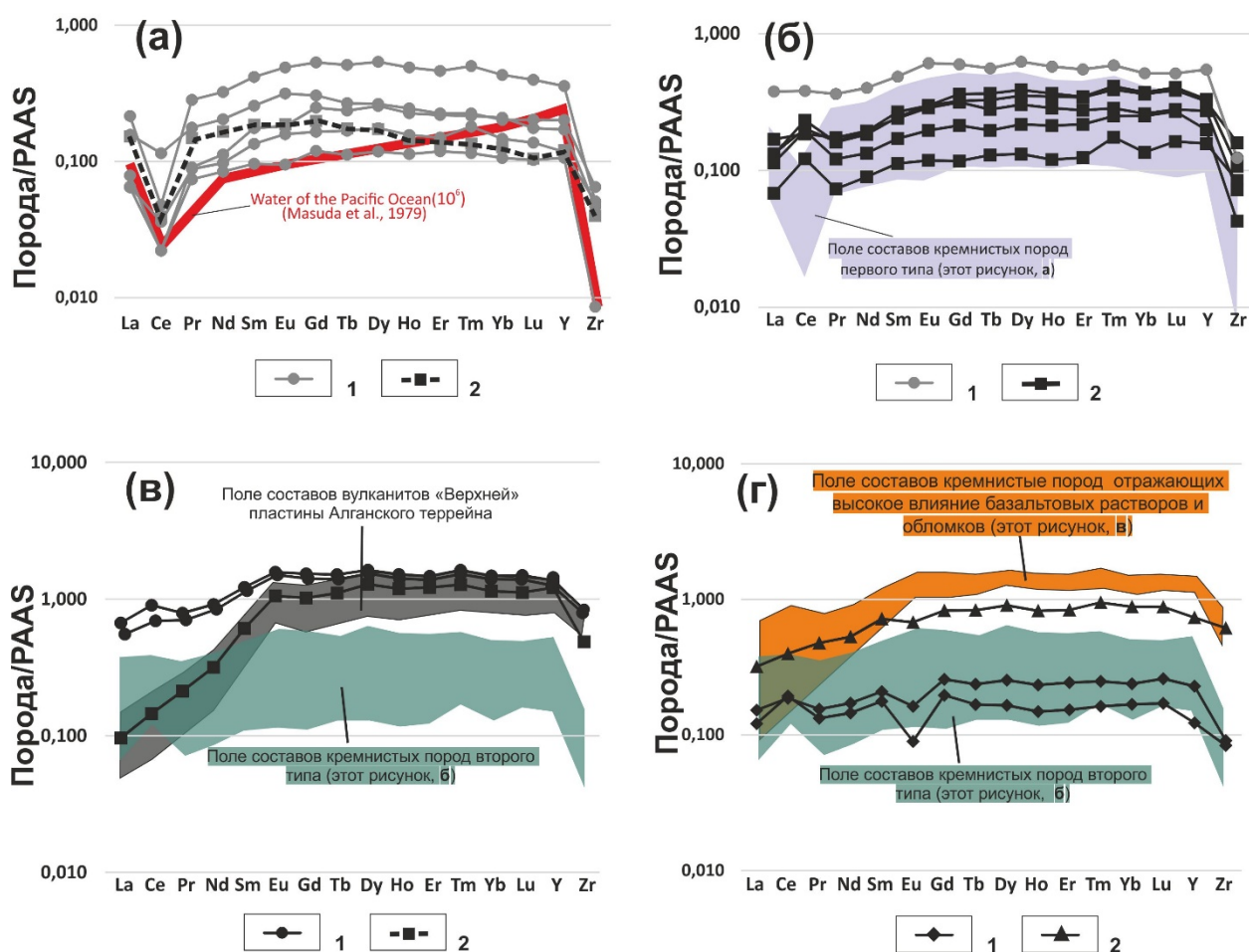


Рисунок 51. Распределение РЗЭ, Zr и Y в кремнистых породах «Верхней» пластины северной части Алганского террейна.

а. Кремнистые породы первого (гидрогенного) геохимического типа: 1 – из вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного (обр. 07-185/8; 07-186/3; 07-186/6; 07-190/2; 07-190/3) комплекса; 2 – из вулканогенно-кремнистого комплекса (обр. 07-193).

б. Кремнистые породы второго геохимического типа: 1 – из вулканогенно-кремнистого комплекса (обр. 07-136; 07-136/1; 07-136/2; 07-143/3); 2 – из вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного комплекса (обр. 07-193/3; 07-188).

в. Кремнистые породы второго типа, составы которых отражают высокое влияние обломков вулканитов основного состава: 1 – из вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного комплекса (обр. 07-166; 07-166/8); 2 – из вулканогенно-кремнистого комплекса (обр. 07-143).

г. Кремнистые породы туфотерригенного комплекса: 1 – олистолиты (обр. 144а; 07-145а); 2 – туфосилицит (07-146).

По спектру распределения содержаний РЗЭ, нормированных на PAAS, породы из основания разреза (обр. 07-136, 07-136/1) характеризуются наименьшим суммарным содержанием  $\Sigma$ РЗЭ от 30,34 до 35,74. Спектр редкоземельных элементов имеет положительный наклон и немного обогащен средними и тяжелыми РЗЭ относительно лёгких ( $La/Sm(n) = 0.61-0.67$ ;  $La/Yb(n) = 0,45-0,50$ ) и ясно проявленным положительным Се максимумом  $Se_{paas\ anom} - 1,66 - 1,72$  (см. рис. 51 б). Се/La отношениями 3,61-3,75, близкими к крайним значениям эвпелагических красных глин. Крайне вариативными являются отношения Zr/Y от 1,67 до 4,18. При этом в образце 07-136 отмечаются высокие Се/La отношения, при низких Zr/Y, что указывает на долгую экспозицию осадка и отвечает пелагическим сорбционным системам открытых областей океанов (Морозов, 2001).

Более высокие суммарные содержания РЗЭ характерны для верхней части разреза (обр. 07 -143/3; 07 -136/2)  $\Sigma$ РЗЭ от 35,74 до 74,45. Отличительной чертой является отсутствие положительной Се аномалии  $Se_{paas\ anom} 1,03 - 1,08$ .

Сильно отличается спектр образца 07-143, который имеет резкий перегиб в значениях Sm, и более низкие содержания легких РЗЭ относительно средних и тяжелых ( $La/Sm(n) = 0,16$ ;  $La/Yb(n) = 0,08$ ) (см. рис. 51 в). Спектр идентичен спектру состава базальтов из основания (обр. АВ/02). Такая характеристика очень хорошо согласуется с петрографическим составом пород, именно обр. 07-143 содержит больше всего мелких обломков вулканического стекла, пироксена (?) и плагиоклаза. Значения Zr/Y равны 3,11, что близко к среднему составу базальта (Говоров и др, 1987; Сондерс и др., 1987).

Составы пород демонстрируют хорошие корреляционные связи между содержаниями Al, Fe с основными петрохимическими показателями ( $Al/Ti$ ,  $(Fe+Mn)/Ti$  и др.) и  $\Sigma REE$ , что указывает на высокое влияние железистых алюмосиликатов в составе пород. Средние значения отношений  $La/Sc$  и  $Sc/Th$  составляют 0,25 – 0,33 и 6,13 – 12,56 соответственно, что близко к значениям основных вулканитов. При этом для обр. 07-136/2



приведённые значения отличаются ( $La/Sc = 2.3$ ;  $Sc/Th = 1.17$ ), что указывают на влияние обломков пород среднего и кислого состава.

Накопление рассматриваемых пород происходило в абиссальных условиях открытого бассейна, где на фоне пелагического, длительного накопления осадка происходило смешивание мелкого вулканического материала различного состава с биогенным.

Кремнистые породы *вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного* комплекса были опробованы вдоль ЮЗ части обнажений р. Анадырь (см. рис. 43). Кремни отобраны среди деформированных слоев и будин из горизонтов и блоков спилитов, которые включены в туфотерригенный матрикс (обр. 07-186/3; 07-186/6; 07-188; 07-190/2; 07-190/3). Один из образцов был отобран из линзовидного включения среди туфотерригенных пород (обр. 07-185/8). Петрографически породы представлены яшмами, кремнистыми брекчиями, кремнями и радиоляритами. Яшмы имеют желтовато-бурые и бурые окраски, с микрозернистой, скрытокристаллической структурой. Окрашена порода тонко рассеянными включениями гематита. Текстура массивная. В породе встречаются остатки радиолярий до 5-10 % от общего объема породы, и они нацело замещены халцедоном. В радиоляритах объем радиолярий достигает до 60%. Остатки радиолярий имеют продолговатую форму и ориентированы субпараллельно друг другу. Породы в разной степени (до 50 % от объема) разбиты беспорядочной сетью трещин, выполненных преимущественно кварцем, реже карбонатом или хлоритом. В брекчиях отсутствует связь между отдельными обломками, которые представлены микрогранобластовым агрегатом кварца, окрашенным по граням железистым веществом в бурый цвет.

В северо-восточной части обнажений по р. Анадырь был опробован разрез *вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного* комплекса (см. рис. 43). Кремнистая брекчия (обр. 07-166) залегает в основании осадочной части, над спилитами. Брекчия (обр. 07-166) состоит из обломков буроватого в проходящем свете криптозернистого кварцевого агрегата, с примесью глинистого материала. Цемент черный, изотропный, сложен пелитизированным вулканогенным материалом. Выше по разрезу, среди туфов основного-среднего состава опробован зеленый кремнистый аргиллит (обр. 07-166/8).

По аналогии с кремнями *вулканогенно-кремнистого* комплекса было выделено два идентичных типа. К первому отнесены почти все породы ЮЗ части обнажений р. Анадырь. По составу они являются полными аналогами радиолярита (обр. 07-193) *вулканогенно-кремнистого* комплекса. Для пород этой группы характерны высокие концентрации кремнезема (92-97 масс. %). Содержания глинозема в целом очень низкие, но варьируют в широких пределах ( $Al_2O_3$  от 0,1 до 1,1 масс. %). Отмечается явное преобладание

водородных компонентов над литогенными, что выражается в высоких значениях модулей  $(\text{Fe}+\text{Mn})/\text{Ti}$  от 74 до 198 и  $(\text{Fe}+\text{Mn})/\text{Al}$  от 3 до 28 (см. рис. 51 а). Спектры распределения РЗЭ имеют водородный характер с отчетливо выраженным Се минимумом  $\text{Ce}_{\text{paas anom}} = 0.19-0.69$ , и обогащением СРЗЭ и ТРЗЭ относительно ЛРЗЭ  $\text{La}/\text{Sm}(\text{n})$  от 0.48 до 0.82,  $\text{La}/\text{Yb}(\text{n})$  до 0.78 (см. рис. 51 а).

Один из образцов юго-западной части обнажений р. Анадырь (обр. 07-188), а также кремнистая брекчия и аргиллит (обр. 07-166, 07-166/8) из СВ части тех же обнажений отличаются своими составами. Для брекчии (обр. 07-166) и кремнистого аргиллита (обр. 07-166/8) характерны высокие содержания петрогенных и рассеянных элементов, при крайне низких содержаниях  $\text{SiO}_2$  до 60%, и низкой доле свободного кремнезема ( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  менее 4). По концентрации железа  $\text{FeOt}$  (9.25 – 10.13) породы можно отнести к железистым илам, однако высокие концентрации  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (15.27 - 18.11 масс. %) и  $\text{TiO}_2$  (0.93 – 1.09 масс. %), определяют низкие показатели модулей  $(\text{Fe}+\text{Mn})/\text{Ti}$  до 14.36 и  $(\text{Fe}+\text{Mn})/\text{Al}$  0.77 – 0.99 (см. рис. 50 в). Таким образом, можно предполагать большое количество аллотигенной примеси оксидов железа и железистых алюмосиликатов. Суммарная концентрация РЗЭ ( $\Sigma\text{РЗЭ} = 143,28-169,12 \text{ ppm}$ ) и правая часть спектров распределения РЗЭ сходны с образцом 07-143 (см. рис. 41 в) из *вулканогенно-кремнистого комплекса* и нижележащими спилитами (обр. 07-164, 07-164/2). Также стоит отметить, высокие отношения  $\text{La}/\text{Yb}$  (0,39-0,45) и  $\text{La}/\text{Sm}$  (0,48-0,55). Скорее всего, образование данных пород происходило под высоким влиянием растворов, по составу близких к базальтовым, что хорошо согласуется с петрографией пород, а именно наличием обособлений и цемента вулканомиктового состава.

Кремнистые породы из *туфотерригенного комплекса* обнажены в бортах р. Перевальная (см. рис. 45). Среди них выделено два типа кремней. Первый представлен зеленоватыми туфосилицитами, сложенными скрытокристаллической основной массой серовато-зеленого цвета. Характерной чертой для этих пород является примесь пирокластического материала, объем которого достигает 20-30%. Пирокластика представлена кристалло- и витрокластами, которые порой слагают прослои мощностью 0,2-0,4 мм. По составу обломочный материал представлен плагиоклазом, пироксеном, биотитом, роговой обманкой, вулканическим стеклом. Для изучения особенностей состава из данного типа кремней был проанализирован образец 07-146.

Ко второму типу отнесены кремнистые породы с бордовой окраской. Образец 07-144а представлен радиоляритом. Основная масса сложена буроватым криптозернистым кварц-халцедоновым материалом, с большим (до 70-80%) количеством биогенных остатков. Кремнистый аргиллит (обр. 07-145а) представлен буроватым криптозернистым

кварц-халцедоновым материалом, с большим (до 70-80%) количеством биогенных остатков. Отличительной чертой данного образца является наличие микропрослоев, мощностью до 0.3 мм, где доля обломочного материала увеличивается до 70%. Обломки представлены, в основном, рудными минералами, а также вулканическим стеклом, плагиоклазом и кварцем (?). В таких прослоях содержатся скелеты радиолярий, при этом пелитовый обломочный материал «обволакивает» остатки фауны.

Для пород, отнесенных ко второму типу характерны высокие содержания  $\text{SiO}_2$  (89,22-94,43 масс. %), низкие концентрации глинозема и титана ( $\text{Al}_2\text{O}_3=1,47-5,47$ ;  $\text{TiO}_2=0,06-0,37$  масс. %). Туфосилициты первой группы (обр. 07-146) отличаются более низкими содержаниями  $\text{SiO}_2$  (77,67 масс. %), и более высокими  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{TiO}_2$  (9,87; 0,48 масс. % соответственно). Значения титанового и алюминиевого модулей пород обоих типов близки к показателям кремнисто-глинистых илов зон аппвелинга окраин океанов (рис. 50 б). Спектры элементов группы РЗЭ кремнистых пород второй группы, нормированных на PAAS сходны между собой и со спектрами кремнистых пород верхних частей разрезов *вулканогенно-кремнистого комплекса* (см. рис. 41 г). Они образуют слабо положительный наклон, отмечаются низкие значения ЛРЗЭ/СРЗЭ и ЛРЗЭ/ТРЗЭ ( $\text{La/Sm(n)} = 0,68 - 0,73$ ;  $\text{La/Yb (n)} = 0,63 - 0,72$ ). В породах отчетливо проявлена положительная Се аномалия, значение  $\text{Ce}_{\text{paas anom}} - 1,21 - 1,53$ . Отношения  $\text{Zr/Y}$  варьируют от 2,47 до 5,31. При близких суммарных значениях редких элементов ( $\Sigma\text{REE}=84,91$ ) туфосилицит образует иной спектр распределения РЗЭ (см. рис. 51 г). Спектр имеет хорошо выраженный положительный наклон, состав породы обеднен ЛРЗЭ ( $\text{La/Sm(n)} = 0,44 - 0,73$ ;  $\text{La/Yb (n)} = 0,36$ ) и отвечает высоким отношениям  $\text{Ce/La}$  (2,62) и  $\text{Zr/Y}$  (6,49). Приведенные параметры туфосилицита близки к терригенным и туфотерригенным осадкам окраин океанов (Тейлор и др., 1988).

Интересно отметить высокие содержания Мо (до 12,2 ppm) в туфосилиците, тогда как в кремнях второго типа его содержание ниже порога определения метода. Таким образом, соотношение Мо/Мп в кремнях второго типа не выше чем доли тысячных, тогда как в туфосилиците возрастает до 0,0142. Все это указывает на преобладание восстановительной обстановки осадконакопления туфосилицита и окислительной для бордовых кремней.

Для изучаемых пород характерно крайне высокое содержания бария - от 1449 до 17234 ppm, а в образце 07-144а оно составляет 2,44 масс. %. Барий в осадочных породах является важным индикатором глубоководных отложений. Чаще всего его связывают с высокой биопродуктивностью осадков (Goldberg et. al., 1958) и крайне низким темпом седиментации (Юдович, Кетрис, 1994). Однако в данном случае привнос бария, скорее

всего, связан с наложенной метасоматической переработкой, т.к. барит встречается в тяжелой фракции некоторых плагиогранитов Алганского террейна.



## **ГЛАВА 5. ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ УСТЬ-БЕЛЬСКОГО СЕГМЕНТА КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ОКРАИНЫ АЗИИ.**

Проведенные работы позволили дополнить имеющиеся сведения о строении Усть-Бельских гор. Новые данные по составу и возрасту структурно-вещественных комплексов позволили определить условия и обстановки их образования, уточнить строение региона и более детально подойти к историко-геологическим аспектам тектонической модели.

В данной главе рассматриваются геодинамические режимы, особенности размещения, временные и латеральные ряды палеоструктур для различных временных этапов.

В тектонической истории Усть-Бельского сегмента континентальной окраины Азии выделяются следующие этапы: позднедокембрийско—раннепалеозойский, среднепалеозойский, позднепалеозойско — раннемезозойский и позднеюрско-раннемеловой.

### **5.1. Позднедокембрийско—раннепалеозойский этап**

Первые U-Pb датировки цирконов из Усть-Бельских офиолитов показали возможность широкого распространения древних образований. Отчетливо устанавливаются позднерифейские (U-Pb  $799 \pm 15$  млн лет для метагаббро; Sm-Nd  $885 \pm 83$  млн лет и вендские (U-Pb  $575 \pm 10$  млн лет) для диоритов; и  $556 \pm 12$  млн лет для плагиогранитов (Тихомиров, 2010; Леднева и др., 2012а; Некрасов, 2013) возрасты. Остаются дискуссионными вопросы, связанные с природой габбро-гипербазитовых пород, обнажающихся в различных покровных единицах Усть-Бельского террейна.

Изложенные в представляемой работе результаты позволяют дополнить знания о возрасте и взаимоотношении меланократовых пород (глава 3.1.). Возраст плагиогранит-порфиров ( $547 \pm 17$  млн. лет) из меланжа Отрожнинской пластины, близок к указанным выше возрастам плагиогранитов и даек диоритов (Тихомиров, 2010; Леднева и др. 2012а) Усть-Бельского массива, что указывает на наличие общего вендско - раннекембрийского тектономагматического этапа в этих структурах. О широких масштабах его проявления, говорит большое количество крупных блоков плагиогранитов со сходными возрастными (U-Pb от  $542 \pm 29$  до  $562 \pm 8$  млн. лет, 10 датировок) в теле меланжа «Верхней» пластины Алганского террейна (глава 4.2; Паланджян, 2014; Гульпа, 2014).

Породы, которые ранее условно относили к палеозойским и рассматривали как аналог пород Отрожнинской пластины (Захаров, 1974; Александров, 1978), включены в состав меланжа, который расположен структурно ниже пород Усть-Бельского массива и прослеживается от верховьев р. Еонайваам до западных склонов г. Эльденыр. Полученные в ходе исследования и опубликованные ранее данные о возрасте пород рассматриваемого участка имеют большой разброс. В работе (Паланджян, 2014) приведены древние U-Pb

возрасты акцессорных цирконов из плагиогранита ( $259.7 \pm 3.4$ , 4 замера по 2 зернам): 1005; 1743; 1808; 1855; 2071) и метагаббро: ( $1989 \pm 17$  (n=4);  $2799 \pm 13$  (n=2); 1624; 1895; 2482; 2715) (рис. 52). По мнению С.А. Паланджяна такой диапазон датировок связан с особенностями петрогенезиса и геодинамической обстановкой формирования габбро-плагиогранитной серии, для которой характерен вынос ксеногенных цирконов из протолита и фундамента, а возраст магматизма - пермский, что соответствует самому молодому кластеру ( $259.7 \pm 3.4$  млн. лет), который будет рассматриваться в соответствующем разделе.

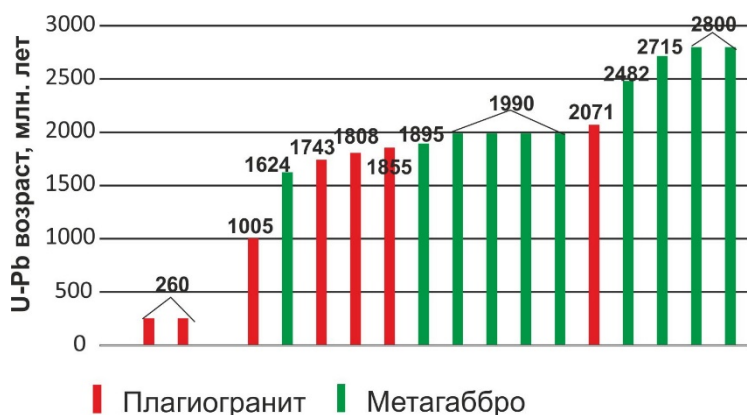


Рисунок 52. Гистограмма U-Pb возрастов акцессорных цирконов из пород Толовской пластины и бассейна р. Еонайваам. Значения отражают средний возраст без учета погрешности.

Особо следует отметить обнаружение в составе меланжа р. Еонайваам мелководных докембрийских осадков (Моисеев и др., 2013; глава 3.2.). Возраст молодой популяции из метапесчаников раннепротерозойский ( $1720 \pm 11$  млн. лет) и, по всей вероятности, наиболее близко соответствует времени седиментации. Большое количество архейских (25 %) и раннепротерозойских (39 %) цирконов, позволяет предполагать размыв древнего континента в источниках сноса. Именно наличием фрагментов древнего докембрийского фундамента можно объяснить происхождение ксеногенных зерен цирконов в габбро и плагиогранитах, опубликованных в работе (Паланджян, 2014). Отсутствие разновозрастных глубоководных осадков может указывать на то, что образование гипербазит-базитовых пород меланжа р. Еонайваам, не могло происходить в пределах срединно-океанического хребта крупного океанического бассейна. Скорее всего, они являются основанием для задугового (преддугового) бассейна или начальных стадий рифтогенеза.

К сожалению, полученные новые сведения о докембрийских комплексах еще фрагментарны, что делает невозможным воссоздать достоверный геодинамический сценарий для данного этапа.

## 5.2. Среднепалеозойский (поздний девон – ранний карбон) этап

Значительно лучше были изучены среднепалеозойские структуры и комплексы. Опорным объектом являются среднедевонские-нижнекаменноугольные отложения Отрожинской пластины.

Возраст базальтоидов вулканогенного комплекса остаётся неясным; их состав указывает на образование в срединно-океаническом хребте либо в задуговом бассейне. Отсутствуют пелагические кремнистые осадки, характерные для офиолитовой триады. Радиоляриты встречены только в переотложенном виде в конгломератах пачки 3 вулканогенно-осадочного комплекса, там же были встречены единичные обломки серпентинитов. Такая ассоциация указывает на перемыв офиолитового разреза в позднедевонское время.

Вулканогенно-осадочная часть Отрожнинской пластины надвинута на океанические базальтоиды. Наличие грубообломочных пород, продуктов пирокластической деятельности, известковистость терригенных пород, а также отсутствие глубоководных осадков указывают, что данный разрез не был образован на дне океанического ложа. Это противоречит предположению об образовании непрерывного разреза от гипербазитов до осадочных образований карбона в пределах единой океанической коры (Александров, 1978; Марков и др., 1982).

Детальное изучение состава пород указывает на различие в строении нижней вулканогенно-терригенной (пачки 1, 2) и верхней терригенной частей разрезов (пачки 3,4). Граница между толщами проводится по кровле пачки 2. Такое деление основывается на следующем: 1) отсутствие фаунистических находок в породах пачек 1 и 2; 2) резкое сокращение пирокластического материала в верхней толще; 3) смена источников сноса, о чем свидетельствуют различия в составе обломочной части терригенных пород и разный возраст обломочных цирконов; 4) высокая дислоцированность пород пачки 2 (зоны тектонизации в кровле и подошве).

Накопление пород пачек 1 и 2 происходило на фоне высокой тектоно-магматической активности. Это отражается в наличии конседиментационных деформаций. При этом накопление осадка сопровождалось оползневыми течениями, что отражается в структурах давления на границе тонких и грубозернистых прослоев. Пирокластический материал встречается от псаммитовой до лаппилиевой размерности и имеет в основном средний состав. При этом влияние магматического источника увеличивается вверх по разрезу. Структуры спекания и состав горизонтов туфогравелитов указывают на быстрое поступление вулканического материала, который смешивался с осадочным в условиях высокой гидродинамической активности, когда размывался эдафогенный материал и переоткладывались кремнистые алевро-аргиллиты. В обломочной части туфогравелитов присутствуют базальты и долериты, источником которых, по всей вероятности, были породы вулканогенного комплекса Отрожнинской пластины. Источник обломков алевроитовой и псаммитовой размерности окатанного кварца неясен. Их доля в породах пачки 1 невысока и,

видимо, указывает на размыв локального источника. Таким образом, можно предположить, что накопление пачек 1 и 2 происходило вблизи источника пирокластической деятельности.

U-Pb датирование детритовых цирконов указывает на преобладание источника с возрастом, близким к 571 млн лет, что достаточно хорошо согласуется с U-Pb возрастами плагиогранитов Усть-Бельского массива  $556 \pm 12$  млн лет (Тихомиров, 2010) и секущих тел диоритов  $575 \pm 10$  млн. лет (Леднева и др., 2012а).

Состав туфогравелитов и пространственная близость с базальтами и гипербазитами Отрожнинской пластины позволяют предположить два варианта источника датированных цирконов. В первом варианте это мог быть пирокластический материал среднего состава. В этом случае датировки указывают на синхронные с накоплением осадка магматические события, а полученные возрасты датируют эксплозивно-обломочную деятельность.

С другой стороны, повсеместная пространственная сопряженность пород пачки 1 с базальтоидами вулканогенного комплекса, присутствие обломков базальтоидов в туфогравелитах, наличие эдафогенного материала могут указывать на размыв гипербазит-базальтовой части Отрожнинской пластины. На размыв рвущих гипербазиты диоритов и плагиогранитов указывают обломки кварца и полевошпатового материала. В таком случае возраст осадконакопления и синхронной пирокластической деятельности может быть более молодым, чем возраст обломочных цирконов. Увеличение вулканогенного материала среднего состава вверх по разрезу указывает на приближение бассейна к островной дуге. Однако при такой интерпретации остаётся неясным отсутствие цирконов, указывающих на синхронную вулканическую деятельность.

В верхней части разреза существенно уменьшается количество синхронного вулканического материала и увеличивается количество осадочных пород, для которых характерны складки оползания. U-Pb возраст детритовых цирконов из конгломерата пачки 3 сильно отличается от возрастов цирконов туфогравелита нижней части разреза. Это указывает на смену источника сноса для верхней осадочной толщи Отрожнинской пластины. Остается неясной причина такой резкой смены в источниках. Геохимический анализ гальки дацитов указывает на их образование в надсубдукционных условиях. Таким образом, основным источником нового материала для верхней части осадочного разреза мог служить вулканический островодужный материал. Находки переотложенной микрофауны и раннесилурийские возрасты детритовых зерен циркона, позволяют сделать вывод о возможном заложении реконструируемой дуги в силуре. Однако, островодужные постройки силурийского возраста в районе не известны и вероятно были полностью эродированы.

Осадки, вмещающие микрофауну среднего девона – нижнего карбона (пачки 3 и 4), были образованы в мелководном морском бассейне. Об этом свидетельствует грубая



зернистость пород, высокая биопродуктивность, фрагменты чешуй девонских рыб и растительные остатки, а также горизонты известняков и известковистых пород. Бассейн был изолированным, на что указывает преобладание одной популяции обломочных цирконов в области размыва и относится к бассейну первого цикла седиментации.

Проведенные наблюдения не дают однозначного ответа на вопрос о том, является ли накопление вулканогенно-осадочного комплекса результатом непрерывного цикла осадконакопления, или в его пределах тектонически совмещены различные частные разрезы. С одной стороны, все породы деформированы в ходе одного этапа и имеют выдержанное падение на всей площади. Из-за плохой обнаженности в строении вулканогенно-осадочного комплекса не были установлены признаки надвигов. Можно лишь отметить общее крутое падение пород, наличие складчатых деформаций, а также зон повышенной дислоцированности пород, отмеченных в пачке 2. Подобная неопределенность вынуждает автора рассмотреть несколько возможных вариантов.

В случае непрерывного накопления вулканогенно-осадочной толщи г. Отрожная, исходя из ее небольшой общей мощности и характера осадков, сложно предположить существенный разрыв в возрасте нижней и верхней частей (рис. 53), последняя из которых содержит среднедевонскую-раннекаменноугольную фауну. Это указывает на большой разрыв во времени формирования осадка и нижележащих мафит-ультрамафитовых пород. Приведенные данные о строении и составе толщи указывают на ее образование в мелководных условиях, вблизи активного магматизма, поставлявшего в бассейн вулканиты и субаэральный пирокластический материал надсубдукционного происхождения. В девон-каменноугольное время данный бассейн входил в структурный ансамбль активной окраины. Отсюда можно сделать вывод о том, что заложение конвергентной границы Палеопацифики с окраиной Азиатского континента, началось как минимум с позднего девона. В пользу данного предположения говорят Ar/Ar возраста (среднее  $375 \pm 11$  млн. лет) амфиболов из габбро (Паланджян, 2011), а также предположительное метаморфическое зерно циркона с дискордантными возрастами  $320 \pm 81$  и  $380 \pm 150$  млн лет. Такая интерпретация показывает, что палеозойский вулканогенно-осадочный разрез г. Отрожной является фрагментом наиболее древней активной окраины Палеопацифики, и существенно удревняет начало образования Кони-Тайогоносской островодужной системы, которое ранее считалось раннекаменноугольным (Некрасов, 1976; Соколов и др. 1999).

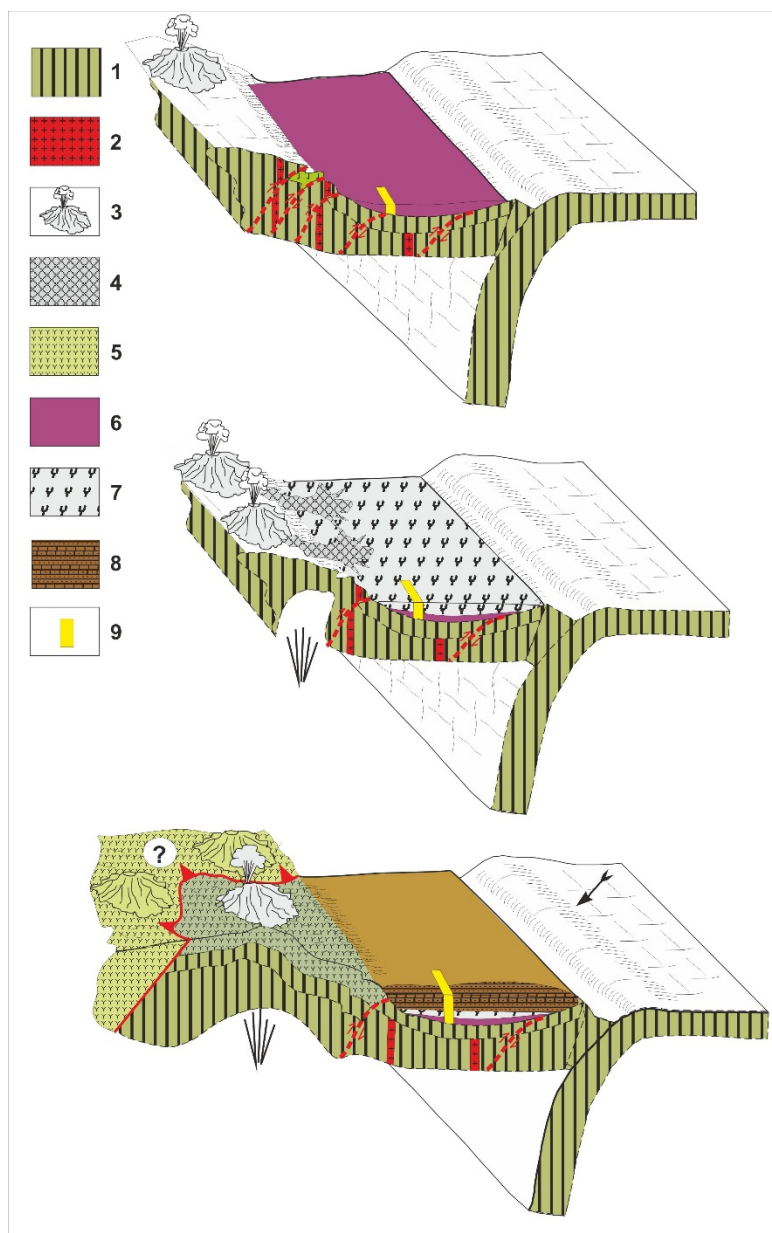


Рисунок 53. Блок-диаграммы, демонстрирующие формирование вулканогенно-осадочных пород г. Отрожная.

Условные обозначения: 1 - мафит-ультрамафитовые породы; 2 - плагиогранит-жильный комплекс (источник венд-раннекембрийских цирконов); 3 - энсиматическая островодужная постройка (источник пирокластического материала); 4 - потоки андезитового состава; 5 - островодужные кислые породы раннесилурийского возраста; 6-8 - породы вулканогенно-осадочного комплекса Отрожнинской пластины: 6 – пачка 1; 7 – пачка 2; 8 – пачки 3, 4; 9 – условное место разреза Отрожнинской пластины.

Однако, исходя из имеющихся данных, автору представляется маловероятным накопление вулканогенно-осадочного разреза г. Отрожная в ходе единого седиментологического цикла, что обосновано в главе 3.1. Здесь стоит повторить главные из доводов: 1) крайне резкая смена в источниках сноса для нижних частей пачки 1 и 3, при том, что их накопление происходило в изолированных бассейнах первого цикла седиментации; 2) повышенная дислоцированность пачки 2, по которой, возможно, проходит тектоническая граница; 3) отсутствие каких-либо фаунистических находок в основании разреза, и их разнообразие (чешуя рыб, отпечатки флоры, конодонты, брахиоподы, двустворки, криноидеи) в верхней части; 4) отсутствие цирконов датирующих синхронную вулканическую деятельность, отраженную в большом количестве кристалло-литокластических обломков в

пачке 1. Таким образом, автору наиболее вероятным представляется тектоническое совмещение нижней и верхней частей вулканогенно-осадочного разреза.

В таком случае, не исключено, что накопление нижней части разреза (по крайней мере пачки 1) происходило в бассейне, с возрастом эксплозивно-обломочной деятельности близкой к 571 млн лет. Можно говорить об одновременном осадконакоплении такого бассейна с проявлениями венд- раннекембрийского тектономагматического этапа развития. В связи с этим интересно отметить сходные возрасты, полученные для различных пород Ганычаланского террейна, и связанные с существованием Ганычаланской вулканической дуги с венда по ранний кембрий (Некрасов и др. 2001; 2003). Ar-Ar возраст метаморфизма глаукофан-зеленосланцевой фации для пород Ильпинейского комплекса (520-530 млн. лет.) и для кварц – амфибол-гранатовых сланцев из Эльгиминайской пластины (520-530 млн. лет.) (Ханчук и др., 1992). А также (Некрасов и др., 2003) раннекембрийские U-Pb возрасты ( $531.5 \pm 5$  млн. лет) для плагиогранитов из амфиболит-плагиогранитных комплексов Ганычаланского террейна. Столь сходные возрасты и интерпретации, позволяют протягивать Ганычаланскую древнюю дугу (Марков и др., 1982; Некрасов и др., 2001; 2003) в Усть-Бельский сегмент.

Разрез, сохранившийся в пачках 3 и 4, был образован в мелководном, изолированном морском бассейне. Наличие следов пирокластической деятельности позволяет включать данный бассейн в среднедевонскую конвергентную окраину Палеопацифики. Обломки гипербазитов и радиоляритов в конгломератах пачки 3 указывают на размыв офиолитовой ассоциации, что свидетельствует об эрозии офиолитового разреза в позднем девоне.

Отдельно стоит отметить находки переотложенной микрофауны и детритовых зерен циркона раннесилурийского возраста. Анализ гальки из конгломератов пачки 3 указывает на их образование в надсубдукционных условиях. Приведенные данные позволяют сделать вывод о возможном существовании дуги в силуре. Однако, островодужные постройки силурийского возраста в районе не известны и, вероятно, были полностью эродированы. Одновозрастные осадки Ганычаланского террейна представлены граптолитовыми сланцами среднего ордовика-раннего силура.

### **5.3. Позднепалеозойско-раннемезозойский этап**

Породы этого этапа сохранились в виде тектонических блоков в меланже основания Усть-Бельского покрова (глава 3.1.3), в меньшей степени в виде блоков плагиогранитов верхней пластины Алганского террейна (глава 4.2), а также в виде комплекса даек среднего и основного состава (глава 3.1). Породы отражают метаморфическое (Ar-Ar  $265.3 \pm 2.6$  млн. лет) и магматическое событие (U-Pb  $226 \pm 11$ ; U-Pb  $259 \pm 3.4$ , Паланджян, 2014; U-Pb  $235.4 \pm 2.4$ , Гульпа, 2014), произошедшее с конца перми по ранний триас. Оно является синхронным и

связанными с деятельностью Кони-Тайгоносской островной дуги. Наличие блоков древних, возможно мезопротерозойских осадков, позднерифейских габбро, доказывает что позднепалеозойская-раннемезозойская дуга была заложена на древнем, докембрийском основании. Это также, подтверждается большим количеством древних (неопротерозой-неоархей) ксеногенных цирконов (Паланджян, 2014). Блоки не датированных метаморфизованных яшм, тоналитов и рассланцеванных вулканитов и вулканогенно-осадочных пород р. Еонайваам, Маврина и г. Эльденыр могут являться фрагментами преддугового бассейна или осадками желоба. Судя по имеющимся, не вошедшим в работу, предварительным данным, этот меланж можно протянуть вдоль южной границы Усть-Бельского массива, до комплексов г. Вилка на востоке, где датированные амфиболы из амфиболитов отражают сходные Ar-Ar возрасты  $252.1 \pm 2.4$  и  $254.5 \pm 3.8$  млн. лет (Моисеев и др., 2014). Там же были получены более молодые Ar-Ag датировки ( $199.6 \pm 3.7$  и  $200.8 \pm 7.3$  млн. лет) для кремнистых динамосланцев, залегающих структурно ниже Усть-Бельского массива.

При этом метаморфическое событие на границе перми с триасом, устанавливается не только в пределах тела меланжа, а также в габбро, жильных телах и дайке метаперидотитов Усть-Бельского комплекса и Отрожнинской пластины, что отражается в Ar-Ag датировках для амфиболов  $\sim 250$ - $240$  млн лет. (Леднева и др., 2012б). Помимо этого, породы Отрожнинской пластины прорваны дайками кварцевых диоритов, с возрастом  $235.4 \pm 2.4$  млн лет. Это говорит о том, что эти комплексы принадлежали структурам единого тектонического ансамбля, и были аккретированы к фронту Кони-Тайгоносской дуги. В свете подобных интерпретаций интересно отметить находки в гравелитах западного склона г. Эльденыр нижнепермской фауны (Назаренко и др., 1969). Попытки их продублировать не увенчались успехом.

Островодужные комплексы одновозрастного этапа известны на п-ове Тайгонос и в Пенжинском районе (Некрасов, 1976; Заборовская, 1978), и отнесены к Кони-Тайгоносской островной дуге.

#### **5.4. Позднеюрско— раннемеловой этап**

В начале поздней юры на северо-западной границе Пацифики и Евразийской плиты была заложена конвергентная граница, которая прослеживалась от Монголо-Охотской складчатой области на юге и до Чукотского п-ова на севере (Некрасов, 1976; Зоненшайн и др., 1990; Соколов, 1992; Парфенов и др., 1993; Соколов и др., 1999; Морозов, 2000). Активная граница маркировалась Удско-Мургальской островодужной системой. Изучение комплексов Тайгоносского, Пенжинского и Пекульнейского сегментов Западно-Корякской системы позволило сделать ряд геодинамических и палеотектонических выводов, восстановить латеральные ряды палеоструктур конвергентной окраины и особенности строения фундамента дуги (Бондаренко и др., 1999б; Соколов и др., 2001). Структурно-вещественные комплексы



верхней юры-нижнего мела Усть-Бельских гор позволяют предполагать их образование в различных частях конвергентной границы Удско-Мургальской дуги (рис. 54) и проводить аналогии вдоль всей Азиатской окраины (рис. 55). В пределах тектоно-стратиграфических разрезов различных комплексов была выделена микрофауна, преимущественно титон-берриасского интервала, что указывает на тектоническое совмещение одновозрастных комплексов.

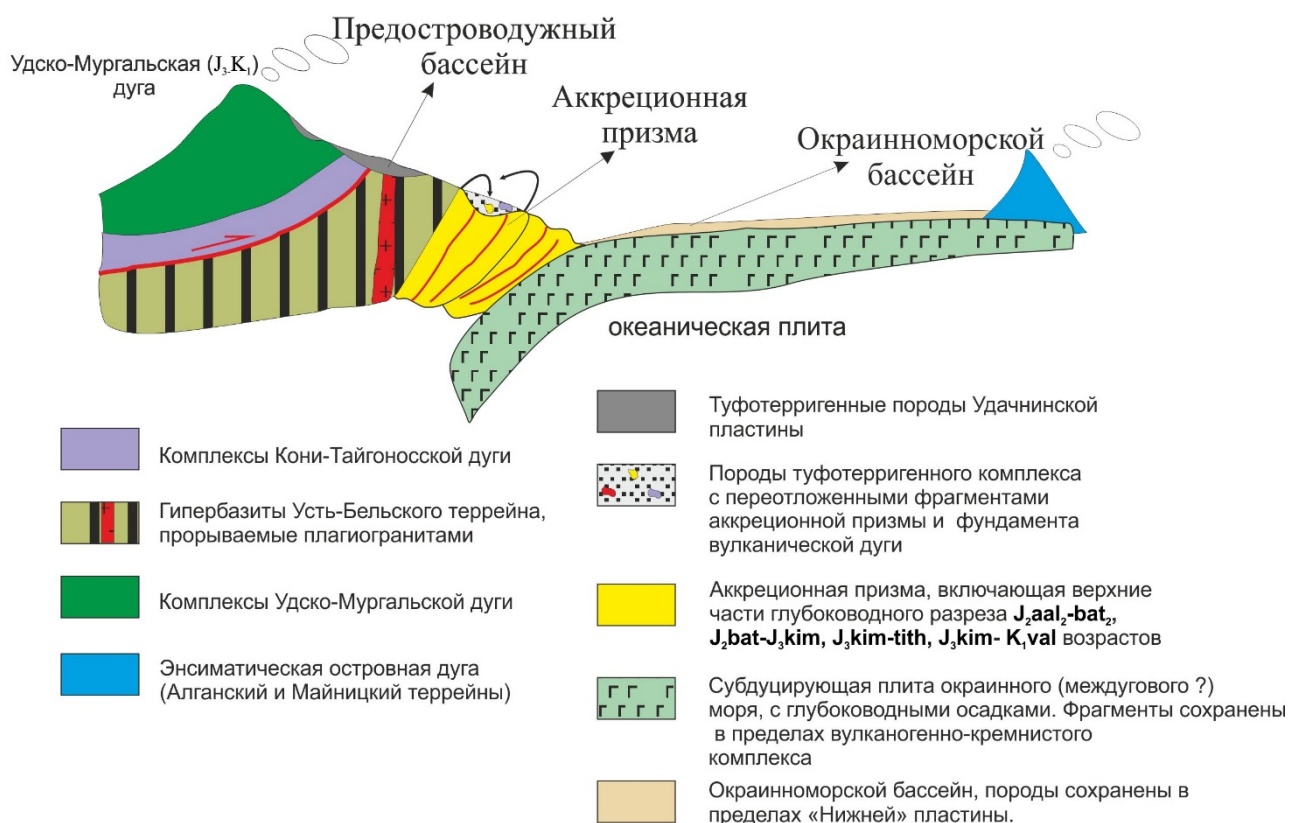


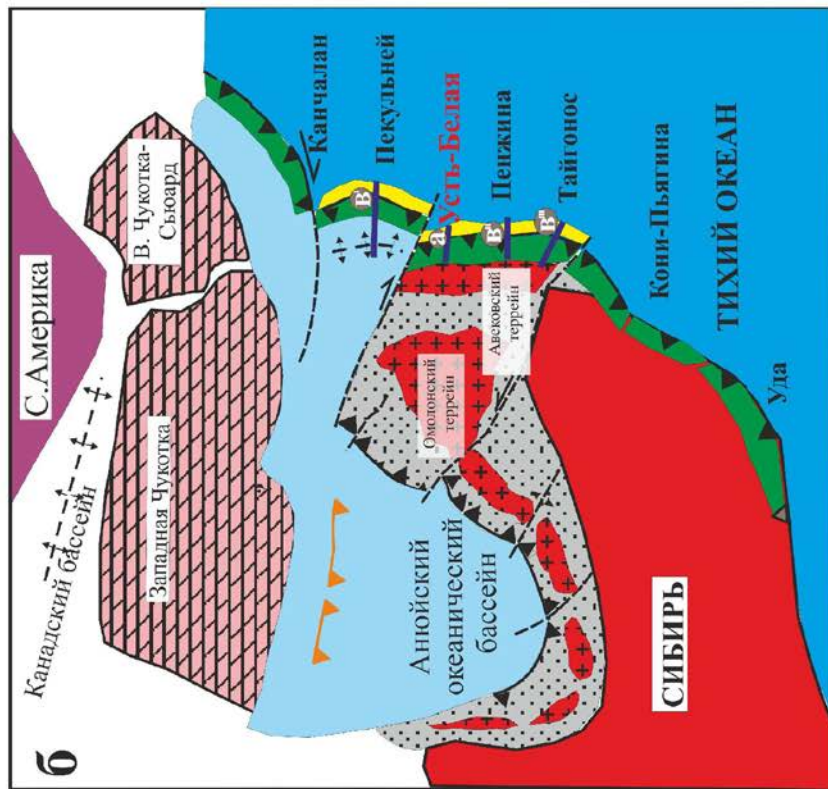
Рисунок 54. Геодинамический профиль Усть-Бельского сегмента для позднеюрско-раннемелового времени.

Туфогенный характер позднеюрско-раннемеловых отложений междуречья р. Маврина - Снежная (Удачинская пластина по Александрову, 1978) указывает на близость бассейна осадконакопления к активному островодужному вулканизму. Верхний возраст седиментации по результатам датирования цирконов оценен в  $112.3 \pm 1.1$  млн лет. Подобные породы могли накапливаться в пределах, одновозрастных изолированных седиментационных ванн, образованных на склоне Удско-Мургальской дуги (см. рис. 54). Сходное палеотектоническое положение занимали бассейны, где накапливались верхнеюрско-нижнемеловые отложения Харитонинского, Ганычаланского и Упупкинского террейнов (см. рис. 55).

Позднеюрско-раннемеловые туфо-терригенные осадки содержат блоки отторженцев,

по составу сходные с девон-каменноугольными породами района г. Отрожная. В основном это известняки, известковистые песчаники, зеленые алевролиты и черные сланцы. В верховьях р. Снежная из известняков были определены позднедевонские-раннекаменноугольные конодонтовые элементы. Природу подобных отторженцев установить на данный момент невозможно. О широком проявлении перемыка палеозойских структур указывают находки кислого туффита с остатками позднепалеозойских брахиопод и раннекаменноугольных кораллов в микстите кремнисто-туфотерригенного раннемелового комплекса хр. Пекульней (Морозов, 2001). В пользу их тектонического происхождения говорит отсутствие в обломочной части мезозойских песчаников обломков палеозойских пород и повышенная дислоцированность мезозойских пород. В любом случае, можно говорить, что среднепалеозойские образования были включены в структуру аккреционной окраины до заложения Удско-Мургальской окраины.

Наиболее глубоководными и отдаленными от субаэрального эксплозивного вулканизма являются породы *вулканогенно-кремнистого комплекса*. Его фрагменты имеют сходство с разрезами океанической коры. Формирование кремнистых осадков происходило в пелагических частях глубоководного бассейна. Изменение состава вверх по разрезу указывает на увеличение влияния терригенного сноса и эксплозивного вулканизма. Подобные изменения могли осуществляться при продвижении океанической коры от зон спрединга к конвергентной границе. При этом нахождение различных типов кремней в базальных частях разреза указывает, что *вулканогенно-кремнистый комплекс* р. Перевальной имел более близкое первоначальное положение относительно окраины, нежели разреза комплекса вдоль р. Анадырь. Такие выводы подтверждаются не только составом кремнистых осадков, но и составами вулканогенной части. Для базальтов р. Перевальной отмечается увеличение влияния субдукционной компоненты в виде Ta-Nb минимумов. Породы данного комплекса датированы только на р. Перевальная кимеридж-валанжинским возрастом. Небольшие мощности, малая распространенность глубоководных разностей кремней, присутствие терригенного материала, не позволяют предполагать их образование в пределах крупных, сравнимых с современными океанами, бассейнов. Скорее породы комплекса были образованы в центральных частях крупных задуговых окраинных морях. Подобные выводы согласуются с геохимическими характеристиками вулканитов комплекса и геодинамической интерпретацией пород Алганского террейна (Соколов, 1992; 2010).



120

*а - геодинамический профиль Усть-Бельского сегмента*

*В скобках обозначены: УБ – комплексы Усть-Бельского террейна; пластины: ОТ - Отрожинская; ТЛ – Толовская; УД – Удачинская; ВХ – «Верхняя»; НЖ – «Нижняя».*

*б - палеотектоническая схема для позднеюрско-раннемелового времени (по Соколов и др., 2001).*

*Условные обозначения: 1-2 – Удско-Мургальская островодужная система: 1 – вулканическая дуга; 2 – аккреционная призма; 3 – 5 – Северо-Азиатская плита: 3 – Сибирская платформа, 4 – структуры обрамления Сибирской платформы, включая террейны мезозой, 5 – микроконтиненты; 6 – Чукотско-Аляскинский микроконтинент; 7 – Кульполнейская островная дуга; 8 – Северо-Американская плита; 9 – Аляскинский океанический бассейн; 10 – Мезопацифик; 11 – зона субдукции; 12 – зона спрединга; 13 – линии, вдоль которых построены геодинамические профили. Буква в кружке соответствует букве на профилях.*

*в - Геодинамические профили и блок диаграмма с подписями возрастов и ассоциаций пород, входящих в различные структурно-вещественные комплексы (по Сокол и др., 2001; Морозов, 2001). Профили построены для сегментов: в' – Пекульнейский; в'' – Пенжинский; в''' – Тайгоносский.*

*В скобках обозначены названия террейнов: ТГ – Тайгоносский террейн; ММ – Мургальский; Х- Харитонинский; ГА – Ганычаланский; БГ – Береговой; КУ – Куюльский, АМ – Айнынский – Майнский.*

Хаотическое строение имеют породы *туфотерригенного комплекса*. Туфосилициты накапливались в едином седиментационном бассейне с туфотерригенными отложениями, в условиях компенсированного прогибания. Возраст матрикса не был определен. Переотложенная природа предполагается для бордовых кремнистых пород. Их состав указывает на сходство с киммеридж-валанжинскими кремнями *вулканогенно-кремнистого комплекса*, из них были выделены бат-титонские и позднеаален–позднебатские радиолярии, что свидетельствует о существовании более древнего бассейна, относительно времени накопления *вулканогенно-кремнистого комплекса*. Выведение подобных пород в область эрозионного среза, можно объяснить путем вхождения в аккретированные комплексы приостроводужной части желоба, и последующую их тектоническую эксгумацию, и размыв (см. рис. 54). При этом радиоляриевый анализ указывает на некоторую этапность данного процесса. Так, *позднеааленские – позднебатские* комплексы видимо были выведены на поверхность в постбатское-докиммериджское время и затем переотложены в *посттитонском (неокомском ?)* бассейне.

Таким образом, накопление посттитонских туфотерригенных пород *туфотерригенного комплекса* происходило на предостроводужной части желоба, который был сложен аккретированными фрагментами верхней части океанической коры. Такие фрагменты сохранились в виде отдельных чешуй *вулканогенно-кремнистого комплекса*. Осадочный материал поставлялся с ранее аккретированных фрагментов литосферы, и в меньшей мере, с



островной дуги. Аналогом такого комплекса в Пекульнейском сегменте является тектоно-гравитационный микстит. Возраст микстита определен по фауне как раннемеловой (Ставский и др., 1992; Морозов, 2001). Состав обломочной части микстита более разнообразный, в сравнении с *туфотерригенным комплексом* Алганского террейна. В них присутствуют островодужные вулканиты, габброиды, туфо-терригенные породы. Это можно объяснить большей мощностью аккреционной призмы в пределах Усть-Бельского сегмента окраины, которая служила структурным барьером.

Сходные выводы справедливы и для пород *вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного комплекса*. Кремнистые породы накапливались в глубоководных условиях, на значительном удалении от источников сноса и ареалов эксплозивного вулканизма. Их нахождение среди туфотерригенных пород позволяет предполагать чужеродную природу по отношению к туфо-терригенному матриксу. Ввиду отсутствия фаунистических датировок и высокой тектонической переработки пород всего комплекса, сложно определить природу подобных блоков. Можно встретить как четкие, ровные с резкими переходами – тектонические так и неровные, с постепенными переходами – литологические контакты. В зависимости от интерпретации взаимоотношения чужеродных блоков с вмещающим их матриксом, можно предположить различное палеотектоническое положение разреза пород *вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного комплекса*. В случае, если они являются олистолитами, положение бассейна аналогично бассейну *туфотерригенного комплекса*. В случае тектонического взаимоотношения разрез *вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного комплекса* можно интерпретировать как фрагмент аккреционной призмы. Тектонические будины базальт-кремнистого и кремнистого состава могли быть сорваны с погружающейся океанической плиты (см. рис. 54).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в Усть-Бельском сегменте Удско-Мургальской дуги происходило аккретирование фрагментов средне-позднеюрской и позднеюрско-раннемеловой коры окраинного моря. *Вулканогенно-кремнистый* и возможно *вулканогенно-кремнисто-туфотерригенный* комплексы являются фрагментами аккреционной призмы. Подобные структуры были реконструированы разными авторами в различных частях Западно-Корякской складчатой системы (Бондаренко и др., 1999б; Морозов, 2001; Константиновская, 1998; Григорьев и др., 1995). В Тайгоносском сегменте (Береговой террейн) яшмово-базальтовые образования позднего триаса – раннего мела (кингивеевский тип) встречаются в виде пластин палеоаккреционной призмы (Бондаренко, 1999б; Палечек, Паланджян, 2007). В Пекульнейском сегменте (Пекульнейский террейн) подобные породы обнажены в пределах кремнисто-вулканогенного комплекса байос-валанжина. При этом

составы океанических осадков имеют общие черты и отражают продвижение новообразованной океанической коры от спредингового хребта к пелагической зоне и далее к конвергентной границе. Среди *вулканогенно-кремнистого* и *вулканогенно-кремнисто-туфотерригенного* комплексов отсутствуют кремни гидротермального происхождения, которые в Тайгоносском сегменте имеют поздне триасовый и позднеюрские возраста (Константиновская, 1998), а в пределах Пекульнейского – байос-батский (Морозов, 2000). Видимо, в пределах Усть-Бельского сегмента, подобные фрагменты океанической плиты были поглощены в зоне субдукции.

Вулканисты *вулканогенно-туфотерригенного* комплекса «Нижней» пластины Алганского террейна сходны по составу с эффузивами окраинных морей. В отличие от магматических пород «Верхней» пластины, в ряде образцов более четко выражены характеристики надсубдукционного магматизма. Верхний возраст осадконакопления по результатам датирования обломочных цирконов составляет  $112.9 \pm 2.8$  млн лет, что указывает на синхронное накопление с осадками Удачинской пластины.

Главной отличительной особенностью туфотерригенных пород «Нижней» пластины, в сравнение с подобными породами «Верхней» пластины, является их грубая стратификация. Их состав указывает на относительную мелководность формирования осадка, в сравнении с породами «Верхней» пластины: 1) увеличивается количество грубообломочных разностей; 2) присутствуют карбонатные породы; 3) структуры перемыва и «шлихования» материала указывают на волновую активность. Помимо этого, отмечается отчетливая смена в источниках сноса: 1) пестрый состав грубообломочных разностей, содержащих гальку известняков и кислых плутонических пород; 2) увеличивается доля и размер интеркластов алевроаргиллитов и аргиллитов, а также плагиогранитов и кварц–полевошпатовых сростков; 3) появляются обломки кварц-мусковитовых сланцев. Можно предположить, что формирование пород «Нижней» пластины происходило ближе к островодужной постройке. Появление дополнительных источников объясняется размывом фундамента такой постройки. Перечисленные черты строения указывают на формирование пород *вулканогенно-туфотерригенного* комплекса в пределах окраинноморского бассейна (см. рис. 54).

Анализ U-Pb возрастов детритовых цирконов туфотерригенных пород Удачинской и «Нижней» пластин (см. рис. 35 в), указывают на присутствие в источниках сноса средне – раннепалеозойских, венд-раннекембрийских, нижнепротерозойских, а также архейских комплексов. Цирконы с подобными возрастами в породах представлены единичными зернами. Однако их присутствие указывает, что Удско-Мургальская дуга, Усть-Бельском сегменте, была заложена на сложном составном фундаменте, его разрушение обуславливает присутствие упомянутых цирконов. Разница в количественном распределении молодых зерен (рис. 35 в)

обусловлена степенью влияния синхронного с осадконакоплением взрывного материала. Их высокая доля (52%) в туфо-песчаниках Удачинской пластины доказывает близкое положение области их накопления к источникам вулканизма.

Присутствие цирконов от 150 до 350 млн лет. можно связывать с развитием Кони-Тайгоносской островодужной системы, и заложением Удско-Мургальской дуги. Сложно объяснить колебания в доле их распределения в породах Удачинской и «Нижней» пластин (см. рис. 35 в). Исходя из тектонического положения бассейнов, объяснить это неоднородностью строения цоколя островодужной постройки не представляется возможным. Следовательно, ответ стоит искать в палеогеографических особенностях транспортировки терригенного материала для данных бассейнов.

В предпозднеальбское время произошла коренная перестройка структурного плана Усть-Бельских гор связанная с отмиранием зоны субдукции Удско-Мургальской дуги и заложением Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, комплексы которого широко распространены западнее изучаемой территории. В результате приращения к Удско-Мургальской островодужной системе комплексов Алганского террейна, в Усть-Бельском сегменте была образована раннемеловая континентальная окраина аккреционного типа. В ее пределах, помимо покровов, включающих мезозойские комплексы, были выведены на поверхность более древние фрагменты цоколя островодужной постройки (Отрожнинская пластина, Усть-Бельский покров) и тела меланжей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлен новый большой фактический материал по разновозрастным структурно-вещественным комплексам Усть-Бельского сегмента Западно-Корякской складчатой системы. Полученный материал может быть использован при создании обобщающих тектонических схем и тектонических реконструкций континентальной окраины Северо-Востока Азии. Частично они были использованы при создании Государственной геологической карты Q-59-XXIX, XXX (Гульпа, 2014) нового поколения.

Долгое время существование досреднедевонских пород не было обосновано ни изотопными ни фаунистическими методами. Недавно были получены венд-кембрийские возраста плагиогранита (Тихомиров, 2010) и тела диоритов Усть-Бельского габбро-гипербазитового комплекса (Леднева и др. 2012). В диссертации и в объяснительной записке к геологической карте, в создание которой автор принимал участие (Гульпа, 2014) приводятся 12 датировок венд-раннекембрийских плагиогранит-танолитов, установленных среди блоков в телах меланжей пластины «Верхняя» и основания пластины Отрожная. Взаимоотношения венд-кембрийского магматического этапа с породами Усть-Бельского массива остаются не выясненными. С одной стороны, он рассматривается как проявление поздних фаз коровых выплавок (Тихомиров, 2010; Паланджян, 2014), с другой как наложенный магматический этап (Леднева и др., 2012). в различных структурно-вещественных комплексах.

В пределах меланжа р. Еонайваам были обнаружены мелководные осадки, нижний возраст осадконакопления которых определен по обломочным цирконам как раннепротерозойский ( $1720 \pm 11$  млн. лет).

Детальное изучение вулканогенно-осадочного комплекса Отрожной пластины позволяет утверждать, что они не являются осадками глубоководных океанических котловин, что противоречит их интерпретации как чехла океанической коры (Александров, 1978; Марков и др., 1982). Каких-либо фрагментов разрезов, содержащих домезозойские эвпелагические осадки, установлено не было. Единственным фрагментом литосферной плиты, сформированной в пределах спредингового центра может рассматриваться вулканогенный комплекс Отрожной пластины, вулканы которого сходны с базальтами N-MORB. Однако прямых данных о возрасте пород нет. Породы прорываются среднетриасовыми дайками диоритов. По офиолитокластам в конгломератах верхнего девона, время аккреции офиолитовых разрезов можно оценивать, как минимум поздним девонем.

Выявленные различия в строение пород вулканогенно-осадочного комплекса Отрожной пластины, ставят под сомнение их образования в ходе единого цикла



осадконакопления. Породы, залегающие в тектоническом основании комплекса (пачка 1, 2) остаются не датированными биостратиграфическим методом, и содержат следы синхронного вулканизма. Все обломочных цирконы принадлежат одной популяции с возрастом ~ 570 млн лет. Не исключено, что их накопление происходило одновременно с венд-кембрийским магматическим событием, описанным выше.

Отложения расположенные структурно выше (пачки 3, 4) были образованы в мелководном изолированном морском бассейне и содержат органические остатки позднего девона-раннего карбона. Количество пирокластического материала значительно снижается, и сохраняются в виде маломощных витрокластических туфов. Предположительно, данный бассейн входил в островодужную постройку зоны перехода Азиатского континента и Палеоокеана, и может быть включен в состав Кони-Тайгонесской островодужной системы. Такие данные существенно удревняет начало ее образования, которое ранее считалось раннекаменноугольным (Некрасов, 1976; Соколов и др. 1999). В случае накопления всего разреза вулканогенно-осадочного комплекса Отрожной пластины в пределах единого бассейна, его принадлежность к среднедевонской конвергентной окраине является более обоснованной.

Существование активной окраины для позднего палеозоя — раннего мезозоя отражено в магматических и вероятно метаморфических событиях, которые устанавливаются в породах различных пластин Усть-Бельского сегмента. Позднепалеозойские-раннемезозойские породы можно сопоставить с одновозрастными надсубдукционными комплексами Кони-Тайгонесской дуги п-ова Тайгос и Пенжинского района (Некрасов, 1976; Заборовская, 1978), и должны быть включены в ее состав. Большое количество рифейских и до рифейских зерен циркона в пермь-триасовых плутонических породах (Паланджян, 2014), позволяет предполагать наличие древних пород в основании островодужного магматизма, и говорить о древнем основании дуги. Ранне и среднетриасовые (Гульпа, 2014; Леднева и др., 2012) дайки рвут гипербазиты Усть-Бельского массива и породы Отрожной пластины. Подобные взаимоотношения указывают на то, что ультрамафит-мафитовые породы являлись основанием, и уже были включены в состав окраины к поздней перми.

Относительно конфигурации и строения Кони-Тайгонесской дуги остается много нерешенных вопросов. Предположенное в работе расширение нижней границы формирования дуги до среднего девона, позволяет сопоставлять породы с окраинно-континентальными субэральными вулканитами среднего-позднего девона Кедонской серии (Зоненшайн и др., 1990). Актуальным становится вопрос относительно северного продолжения дуги. В одном из вариантов, это могут быть островодужные комплексы

Алазейско-Олойской складчатой системы, которые располагались к северу от Омолонского массива в карбоне, а возможно даже в девоне. В таком случае от Палеопацифики была отшнурована только часть океанического бассейна мезозоид Верхояно-Чукотской области, а другая большая часть - Прото-Арктический океан оставался заливом Палеопацифики (Соколов, 2010). Другим возможным продолжением Кони-Тайгоносской дуги является позднепалеозойские островодужные комплексы хребта Пекульней и р. Канчалан (Морозов, 2001). При таком варианте структуры мезозоид Верхояно-Чукотской складчатой области представляли собой самостоятельную плиту, куда входил Прото-Арктический океан (Соколов, Бялобжеский, 1996).

Изучение особенностей состава и строение позднеюрских — раннемеловых пород позволило реконструировать в Усть-Бельском сегменте Удско-Мургальской островодужной системы латеральные ряды палеоструктур. Были выделены: аккреционная призма и комплексы нескольких палеобассейнов, которые формировались на склоне островной дуги, висячем крыле аккреционной призмы и в пределах окраинно-морского бассейна. Аналогичные структуры выделены в Пекульнейском, Пенжинском, Тайгоносском сегментах позднемезозойской Азиатской окраины (Соколов, 1992; Соколов и др., 1999, 2001).

Отдельно стоит остановиться на ряде вопросов строения позднемезозойских пород, которые остались или нерешенными, или не освещены в работе.

В первую очередь, это касается находок тел кремнисто-базальтовых пород среди терригенных осадков перекактинской свиты, из которых были выделены кампанские и позднеюрские радиолярии. Туфотерригенные отложения перекактинской свиты, согласно традиционным представлениям (Соколов, 1992; Соколов, Бялобжеский, 1996; Nokleberg et al., 1998) рассматриваются как постамальгамационный чехол. По ее нижнему возрастному пределу оценивается время амальгамации палеоструктур Алганского и Майницкого террейнов. Формационно породы относятся к фациям глубоководного шельфа, прилегающего к Охотско-Чукотской континентальной окраине (Легенда..., 1999).

Отложения перекактинской свиты датированы единичными находками фауны, позднеальбско-сеноманскими *Marshallites sp.*, *Pseudohelicoceras sp.* и сеноман-туронскими *Inoceramus cf. nipponicus* (Nagao et Mat.), *I. cf. tenuistriatus* Nagao et Mat., *I. cf. hobetsensis* Nagao et Mat., *I. cf. reduncus* Perg., *I. cf. gradilis* Perg., *I. ex gr. korjakensis* Ter., *I. cf. corpulensis* McLearn. (определения В.Н.Верещагина, Г.П.Тереховой) (Легенда Корякской серии листов, 1999). На большей части возраст свиты остается не известным. В пределах Усть-Бельских гор, отложения перекактинской свиты, представлена туфогенными песчаниками, алевролитами, конгломератами, гравелитами и туффитами. Полевое и петрографическое

(Войцик, 2012; не опубликованный материал) изучение туфотерригенных пород алганской и перекактинской свит показывают их сходство. Несогласные контакты, описанные предшественниками (Захаров, 1974) соответствуют, как правило, выходам конгломератов, гравелитов и гравелитистых песчаников, принимавшихся за базальные слои.

Наши наблюдения показывают, что в пределах пород перекактинской свиты развиты интенсивные и неравномерные деформации. Терригенные породы смяты в напряженные закрытые, часто лежащие складки, отмечаются внутриформационные надвиги и взбросы. Характерной особенностью перекактинской свиты является присутствие в её составе отложений бордовых, вишнёво-коричневых кремней и базальтоидов. Их взаимоотношения с вмещающими туфотерригенными отложениями достоверно не установлены. Чаще всего кремни и магматиты обнажены в элювиальных высыпках или изолированных обнажениях. Однако стоит отметить повышенную дислоцированность туфотерригенных пород вблизи подобных выходов, где они метаморфизованы до альбит-серицит-кварц-хлоритовых сланцев. Южнее рассматриваемой территории (в левом борту р. Пырканыаам) подобные образования интерпретируются как олистолиты в позднемеловых осадках (Тильман и др., 1982; Григорьева и др., 1989). Из подобных кремнисто-базальтовых ассоциаций, нами были определены позднеюрские, позднеюрско-раннемеловые и кампанские радиолярии (определения Т.Н. Палечек, не опубликованный материал).

Сложность в интерпретации полученных данных заключается в отсутствии на данный момент, надежных прямых наблюдений о природе взаимоотношений, вмещающих туфотерригенных пород с кремнисто-базальтовыми ассоциациями. Помимо этого, в местах опробования вулканогенно-кремнистой ассоциации, вмещающие их туфотерригенные породы не датированы. Более того, в ряде мест выяснилось, что песчаники перекактинской свиты содержат фауну апт-альба (*Aucellina* cf. *aptiensis* (d'Orb.), *Aucellina* sp., *Aucellina* sp. *indet.*, Гульпа, 2014) или детритовые цирконы альбского возраста (не опубликованный материал).

Нахождение позднемеловых кремнисто-базальтовых ассоциаций в виде тектонических пластин или терригенного меланжа может интерпретироваться как аккреционная призма. В случае установления позднемелового возраста вмещающих песчаников очевидным станет принадлежность этой аккреционной призмы окраине андийского типа с Охотско-Чукотским вулканогенным поясом. Подтверждение подобного рода интерпретации потребует внесения коррективов в существующую схему аккреционного развития Азиатского континента, поскольку указывает на присоединение всех комплексов, расположенных восточнее выделяемой структуры, вплоть до Укелаятского террейна, в посткампанское время, а не альбское, как это считалось ранее (Руженцев и др.,

1979; Ставский и др, 1988; Соколов, Бялобжеский, 1996; Соколов, 200; Nokleberg et. al., 1998). При таком сценарии, террейны Анадырско-Корякской складчатой системы могут являться экзотическими относительно Азиатской окраины, и были транспортированы Тихоокеанской плитой.

В полной мере нельзя считать решенными вопросы тектонического районирования. В разработанной схеме покровного строения Усть-Бельского региона (Александров, 1978), породы водораздела Утесики-Лев. Маврина были выделены в Утесинскую пластину аллохтона. Возраст пород был определен как палеозойский, на основании единичных выходов известняков, характерных для разрезов среднего палеозоя г. Отрожная. Позже в состав Утесинской пластины (покрова в авторском написании) наряду с позднепалеозойскими фрагментами, в виде пластин были включены раннемезозойские и позднеюрско-раннемеловые. При этом, никаких дополнительных стратиграфических исследований проведено не было (Паланджян, 2000; Palandzhyan, Dmitrienko, 1996). При использовании террейнового анализа, основываясь на работах предшественников, породы данного участка были включены в состав Усть-Бельского террейна (Парфенов и др., 1993; Nokleberg et al, 1992; Соколов, Бялобжеский, 1996).

В диссертации комплексы водораздела Утесики-Лев. Маврина были объединены в пластину «Верхняя» и отнесены к Алганскому террейну. Основным поводом для этого послужило широкое развитие на данном участке среднеюрских – раннемеловых пород, которые сходны с комплексами пекульнейвеемской (ныне алганской) свиты развитых на юго-восточном (Шмаков, 1988; Зинкевич, 1981; Вишневская и др., 1996; Легенда..., 1999) продолжении Алганского террейна. Это отражено на картах пятидесяти и двухсоттысячного масштабов (Кальянов, Силкин, 1961; Силкин, Куприенко, 1964; Захаров, 1974; Гульпа, 2014). Во многом, предложенное районирование носит условный характер. Выделение комплексов в отдельную пластину обусловлено мнением предшественников и более широким распространением тел меланжей, по сравнению с пластиной «Нижней». Если при дальнейших исследованиях подтвердится, что «Верхняя» пластина является аккреционной призмой, а «Нижняя» пластина комплексами окраинного моря, то ее вполне правомочно будет сопоставлять с комплексами аккреционной призмы Удско-Мургальской дуги (хр. Пекульней, Береговой террейн Тайгоноса, Айнынского-Майнского террейн и можно будет отделить от остальной части Алганского террейна.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агальцов Г.И., Бемяцкая Б.П. Отчет о работе Отроженской геолого-съёмочной партии масштаба 1:50 000 за 1960 год. Чукотская комплексная экспедиция СВГУ. Анадырь, 1961. Чукотский ТГФ, № 1053.
2. Александров А.А. Покровные и чешуйчатые структуры в Корякском нагорье. М.: Наука, 1978. 121 с.
3. Александров А.А., Богданов Н.А., Паланджян С.А., Чехович В.Д., Петров А.Н. О тектонике северной части Олюторской зоны Корякского нагорья // Геотектоника. 1980. № 2. С. 111–122.
4. Алексеев Э.С. Куюльский серпентинитовый меланж и строение Таловско-Майнской зоны // Геотектоника. 1981. № 1. С. 105–120.
5. Аристов А.В, Соколов С.Д., Моисеев А.В., Хаясака Я. Новые данные о возрасте осадочного чехла офиолитов Отроженской пластины Усть-Бельского террейна // Геология полярных областей земли. Материалы XLII Тектонического совещания. Том 1. М.: ГЕОС, 2009 С. 21–24.
6. Аристов В.А., Брагин Н.Ю., Бялобжеский С.Г. и др. О возрасте вулканогенно-кремнистых формаций Корякского хребта // Доклады АН СССР. 1982. Т. 265, № 1. С. 140–143.
7. Базылев Б.А., Леднева Г.В., Кононкова Н.Н., Ишиватари А., Соловьева Н.В., Фомичев Н.Н. Типизация перидотитов Усть-Бельского ультрамафит-мафитового массива (Чукотка) по составам минералов: предварительные данные // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения. Материалы III международной конференции. Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2009. Т. 1. С. 73–76.
8. Белый В.Ф. Вулканизм и структурообразование вдоль позднемезозойской континентальной окраины Северо-Востока Азии // Вулканология и сейсмология. 1981. № 6. С. 14–18.
9. Белый В.Ф. Схема стратиграфии меловых образований Ичигемского хребта и смежных территорий // Основные проблемы биостратиграфии и палеогеографии Северо-Восток СССР. Магадан, 1974. С. 228–232.
10. Белый В.Ф., Колясников Ю.А., Красный Л.Л. К стратиграфии нижнего палеозоя Пенжинского хребта (юго-западная часть Корякского нагорья) // Палеонтология и биостратиграфия Корякского нагорья. Магадан: издание СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1984. С. 19–36.

11. Богданов Н.А., Тильман С.М. Синтез тектоники Северо-Востока СССР с позиций актуализма // Тихоокеан. геология. 1990. № 1. С.20–30.
12. Бондаренко Г.Е., Морозов О.Л., Лэйнер П., Минюк П.В. Результаты определения абсолютного возраста Ar-Ar методом магматических и метаморфических пород Тайгоноса // Докл. РАН. 1999а.
13. Бондаренко Г.Е., Соколов С.Д., Морозов О.Л. Геодинамические обстановки мезозойского вулканизма юго-восточной части полуострова Тайгонос // Тихоокеан. Геология. 1999б.
14. Брагин Н.Ю. Микрофауна и стратиграфия триасовых кремнистых толщ Востока СССР: автореф. дисс. ... канд. геол.- мин. наук. М.: ГИН АН СССР, 1987. 21 с.
15. Брагин Н.Ю. Радиолярии волжского яруса и берриаса Средней Сибири // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2011. Т. 19. № 2. С. 55–69.
16. Васецкий И.П. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:1000000, лист Q–59. М.: Госгеолиздат, 1962.
17. Виноградов В.И., Юркова Р.М., Соколов С.Д., Воронин Б.И. Rb/Sr изотопный возраст динамомета-морфических пород бассейна р. Таловка (Пенжинский район, Северо-Восток России) // Геотектоника. 1994. № 5. С. 63–69.
18. Вишневская В.С. Радиоляриевая биостратиграфия юры и мела России. М.: ГЕОС, 2001. 376 с.
19. Вишневская В.С., Пейве А.А., Соколов С.Д. О возрасте офиолитов Куюльского террейна (Таловские горы, Северо-Восток России) // Доклады Академии Наук. 1992. Т. 327. №3. С. 364–367.
20. Вишневская В.С., Пральникова И.Е. Юрские радиолярии Севера России // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1999. Т. 7. № 5. С. 64–83.
21. Вишневская В.С., Соколов С.Д., Бондаренко Г.Е., Пральникова И.Е. Новые данные о возрасте и корреляция вулканогенно-кремнистых комплексов северо-западного побережья Охотского моря // Докл. РАН. 1998. Т. 359, № 1. С. 66–69.
22. Вишневская В.С., Филатова Н.И., Дворянкин А. И. Новые данные о стратиграфии юрско-неокомских отложений Анадырско-Корякского региона // Доклады Академии наук. 1992. Т. 322. № 4. С. 749–754.
23. Вяткин Б.В. Государственная геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Корякская. Лист Q-59-XXXV, XXXVI. М. 1990.
24. Ганелин А.В. Геохимия и геодинамическое значение дайковых серий Алучинского офиолитового комплекса (Верхояно-Чукотская складчатая область, Северо-Восток России) // Геохимия. 2011. № 7, с. 1–24.

25. Ганелин А.В. Офиолитовые комплексы Западной Чукотки (строение, возраст, состав, геодинамические обстановки формирования): Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук М.: 2015. 29 с.
26. Ганелин А.В., Пейве А.А. Геодинамическая обстановка формирования офиолитов Ганычаланского террейна (Корякское нагорье) // Петрология и металлогения базит-гипербазитовых комплексов Камчатки. М.: Научный мир, 2001. С.215–230.
27. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.
28. Геология СССР / Гл. ред. А. В. Сидоренко. М. : Недра, 1970. Т. 30. Северо-Восток СССР. Геологическое описание. Кн. 1.
29. Геология СССР [Текст] / Гос. геол. ком. СССР и др. ; гл. ред. А. В. Сидоренко. – М. : Недра, 1970. – Т. 30. Северо-Восток СССР. Геологическое описание. – Кн. 1.
30. Геология юга Корякского нагорья / Отв. ред. С.М. Тильман. М.: Наука, 1987. 168 с.
31. Говоров И.Л., Голубева Э.Д., Стрижкова А.А. Базальтовый магматизм Тихого океана и проблема петрохимической неоднородности тектоносферы // Твердая кора океанов (проект «Литос»). / [Отв. ред. Ю. М. Пущаровский, А. А. Пейве]. М.: Наука, 1987. С. 45–54.
32. Государственная геологическая карта Российской Федерации Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Лист Q-59 – Марково. Авторы: Г.М. Малышева, Е.П. Исаева, Редактор: И.М. Мигович. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009.
33. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Анадырская. Лист Q-59-XXIX. Автор: Захаров В.А. Редактор: Кайгородцев Г.Г. М.: «Аэрогеология», 1974.
34. Грецкий В.А. Государственная геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Корякская. Лист Р-59-IX. М. 1989.
35. Григорьев В.Н., Крылов К.А., Соколов С.Д. Основные формационные типы мезозойских отложений и их тектоническое значение // Раннегеосинклинальные формации и структуры / Отв. ред. Ю. М. Пущаровский, И. В. Хворова. М.: Наука, 1987. С. 130–149.
36. Григорьев В.Н., Крылов К.А., Соколов С.Д. Юрско-меловые отложения Янранайского аккреционного комплекса (Корякское нагорье) // Очерки по геологии Северо-Западного сектора Тихоокеанского пояса. М.: Наука, 1987. С. 132–159.

37. Григорьев В.Н., Соколов С.Д., Крылов К.А., Голозубов В.В., Пральникова И.Е. Геодинамическая типизация триасово-юрских эффузивно-кремнистых комплексов Куюльского террейна (Корякское нагорье) // Геотектоника. 1995. № 3. С. 59–69.
38. Гульпа И. В. Объяснительная записка к Геологической карте Российской Федерации масштаба 1:200000. Корякская серия. Лист Q-59-XXIX, XXX (Отроженская площадь). СПб.: ВСЕГЕИ, 2014.
39. Добрецов Н.Л. Глаукофановые и эклогит-глаукофановые комплексы СССР. Новосибирск: Наука, 1974. 429 с.
40. Заборовская Н.Б. Внутренняя зона Охотско-Чукотского пояса на Тайгоносе. М.: Наука. 1978. 199 с.
41. Захаров В.А. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Анадырская. Лист Q-59-XXIX. Москва: Всесоюзное аэрогеологическое научно-производственное объединение «Аэрогеология» Министерства геологии СССР. 1974.
42. Зинкевич В.П. Формации и этапы тектонического развития севера Корякского нагорья. М.: Наука, 1981. 107 с.
43. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. Кн. 2. М.: Недра, 1990. 334 с.
44. Казимиров А.Д. Покровы востока Корякского нагорья и их структурно-формационные гомологи. М.: Наука, 1985. 112 с.
45. Кайгородцев Г.Г. Офиолитовые формации хребта Пекульней // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. 1961. Вып. 15. С. 93–104.
46. Кальянов В.Г., Беляцкая Б.П. Отчёт о работе Верхне-Коначанской геологосъёмочной партии масштаба 1:200 000 за 1961 год. Анадырская комплексная геологоразведочная экспедиция СВГУ. Анадырь, 1962. Чукотский ТГФ, 1157.
47. Кальянов В.Г., Силкин В.Г. Отчёт о работе Мавринской геологосъёмочной партии масштаба 1:200 000 за 1960 год. Чукотская комплексная экспедиция СВГУ. п. Анадырь, 1961. Чукотский ТГФ, 1011.
48. Коваленко Д.В. Палеомагнетизм и кинематика Центральной части Олюторского хребта (Корякское нагорье) // Геотектоника. 1996. № 3. С. 82–96.

49. Косько М.К., Авдюничев В.В., Ганелин В.Г. и др. Острова Врангель: геологическое строение, минералогия, геоэкология. М.: МПР РФ; СПб.: ВНИИ Океангеологии, 2003. 137 с.
50. Кропоткин П.Н., Шахварстова К.А. Геологическое строение Тихоокеанского подвижного пояса. М.: Наука, 1965. 363 с.
51. Крымсалова В.Т. Тез. Докл.: Использование радиолярий в стратиграфии и палеобиологии. Уфа, 1990, с.43–47.
52. Легенда Корякской серии Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (Чукотская часть). Анадырь. 1999, 120 с.
53. Леднева Г.В. Матуков Д.И. Время кристаллизации плутонических пород Куюльского офиолитового террейна (Корякское нагорье): результаты U-Pb датирования цирконов методом SHRIMP // Доклады РАН, 2009, Т 424, № 1, С. 71–75
54. Леднева Г.В., Базылев Б.А., Лебедев В.В., Кононкова Н.Н., Ишиватари А. U-Pb возраст цирконов из габброидов Усть-Бельского мафит-ультрамафитового массива (Чукотка) и его интерпретация // Геохимия, 2012а, № 1 с. 48–59.
55. Леднева Г.В., Базылев Б.А., Лэйер П., Кононкова Н.Н., Ишиватари А., Соколов С.Д. Результаты  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датирования ультрамафитов и мафитов Усть-Бельского террейна (центральная Чукотка) и их интерпретация // Геохронометрические изотопные системы, методы их изучения, хронология геологических процессов. Материалы V Российской конференции по изотопной геохронологии, 4–6 июня 2012г., Москва, ИГЕМ РАН. М.: ИГЕМ РАН, 2012. С. 217–219.
56. Леднева Г.В., Лебедев В.В., Базылев Б.А. / U-Pb возраст цирконов из метагаббро Усть-Бельского массива (Чукотка)/ В сб.: Материалы IV Российской конференции по изотопной геохронологии. СПб: ИГГД РАН. 2009, Т. I. С. 330–332.
57. Лучицкая М.В. Геодинамическая позиция плагиогранитных комплексов южной части п-ова Тайгонос // Докл. РАН. 2000. Т. 373. № 3. С. 369–373.
58. Марков М.С., Некрасов Г.Е., Паланджян С.А. Офиолиты и меланократовый фундамент Корякского нагорья. // Очерки тектоники Корякского нагорья. М.: Наука, 1982. С. 30–70.
59. Моисеев А.В., Соколов С.Д., Хаясака Я. Состав и геодинамические обстановки формирования вулканических образований офиолитов Усть-Бельских гор (Чукотка) // Доклады академии наук. 2011. Т. 437. № 2. С. 215–219.



60. Моисеев А.В., Соколов С.Д., Хаясака Я., Лэйер П. Новые данные Ar-Ar датирования позднепалеозойско-раннемезозойского метаморфического события пород Усть-Бельского террейна Западно-Корякской складчатой области // Тектоника складчатых поясов Евразии: сходство, различие, характерные черты новейшего горообразования, региональные обобщения. Материалы XLVI тектонического совещания. 2014. Т. 2. М. ГЕОС. С. 13–16.
61. Морозов О.Л. Геологическое строение и тектоническая эволюция Центральной Чукотки. М.: ГЕОС, 2001. 201 с.
62. Морозов О.Л. Палеоостроводужная система хребта Пекульней (Центральная Чукотка) // Региональная геодинамика и стратиграфия Азиатской части СССР. Л.: ВСЕГЕИ, 1992. С. 120–172.
63. Назаренко А.И., Малютова П.И. Окончательный отчёт о работе Толовской геоморфологической партии масштаба 1: 50000, 1969–70 гг.
64. Невретдинов Э.Б., Лебедев В.В. Государственная геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Анадырская. Лист Q-60-XXXI,XXXII. 1987.
65. Некрасов Г.Е. Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса. Матер. науч. совещ. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2013. С. 173–175.
66. Некрасов Г.Е. Тектоника и магматизм Тайгоноса и Северо-Западной Камчатки. М.: Наука, 1976. 160 с.
67. Некрасов Г.Е., Заборская Н.Б., Ляпунов С.М. Допозднепалеозойские офиолиты запада Корякского нагорья — фрагменты океанического плато // Геотектоника, 2001. № 2. С. 41–63.
68. Некрасов Г.Е., Макеев А.Ф. U-Pb возраст цирконов из плагиогранитов плагиогранит-амфиболитового комплекса Ганычаланского блока (Запад-Корякского нагорья) // Доклады академии наук, 2003. Т. 390. № 3. С. 382–385.
69. Очерки тектоники Корякского нагорья, / Ред. Ю.М. Пушаровский, С.М. Тильман. М.: Наука, 1982. 220 с.
70. Паланджян С. А. К датировке офиолитов Усть-Бельского террейна (Анадырско-Корякский регион, Северо-Восток России) // Тектоника складчатых поясов Евразии: сходство, различие, характерные черты новейшего горообразования, региональные обобщения. Материалы XLVI тектонического совещания. 2014. Т. 2. М. ГЕОС. С. 51–56.
71. Паланджян С.А. Лерцолитовые массивы офиолитов Анадырско-Корякского региона: геологическое строение и состав пород как показатели обстановок формирования // Литосфера. № 5. 2010. С. 3–19.

72. Паланджян С.А. Офиолиты Усть-Бельского террейна: среднепалеозойская океаническая ассоциация в Западно-Корякском покровно-складчатом поясе // Материалы IV Совещания по Северо-Востоку России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. С. 180–184.
73. Паланджян С.А. Типизация мантийных перидотитов по геодинамическим обстановкам формирования. Магадан. 1992. 104 с.
74. Паланджян С.А., Лэйер П.У., Паттон У.У., Ханчук А.И. Геодинамическая интерпретация  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  датировок офиолитовых и островодужных мафитов и метамафитов Анадырско-Корякского региона. Геотектоника. № 6. 2011. С. 72–87.
75. Палечек Т.Н., Моисеев А.В. Юрские радиоларии Усть-Бельских гор (север Корякского нагорья). Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Четвертое Всероссийское совещание. 26–30 сентября 2011 г., Санкт-Петербург. Научные материалы / Отв. ред. В. А. Захаров. СПб.: ООО «Издательство ЛЕМА», 2011. С. 159–160.
76. Палечек Т.Н., Моисеев А.В., Соколов С.Д. Новые данные о строении и возрасте юрско-нижнемеловых отложений Алганского террейна (район р. Перевальная, Корякское нагорье, Чукотка). // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2013, том 21, №2, с. 43-60.
77. Палечек Т.Н., Паланджян С.А. Юрские радиоларии и возраст кремнистых пород мыса Поворотного, полуостров Тайгонос (Северо-Восток России) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2007. Т. 15. № 1. С. 73–94.
78. Парфенов Л.М. Континентальные окраины и островные дуги мезозойд Северо-Востока Азии. Новосибирск: Наука, 1984. 192 с.
79. Парфенов Л.М., Натапов Л.М., Соколов С.Д., Цуканов Н.В. Террейны и аккреционная тектоника Северо-Востока Азии // Геотектоника. 1993. № 1. С. 68–78.
80. Пейве А.В. Океаническая кора геологического прошлого. // Геотектоника. 1969. № 4. С. 5–23.
81. Пейве А.В. Строение и структурное положение офиолитов Корякского хребта. М.: Наука, 1984. 101с.
82. Пинус Г.В., Велинский В.В., Леснов Ф.П., Банников О.Л., Агафонов Л.В. Альпинотипные гипербазиты Анадырско-Корякской складчатой системы. М.: Наука, 1973. 320 С. (Труды ИГиГ СО АН СССР; Вып 45).
83. Пушаровский Ю.М., Соколов С.Д., Тильман С.М., Крылов К.А. Тектоника и геодинамика Северо-Западного обрамления Тихого океана // Проблемы

- тектоники, минеральные и энергетические ресурсы Северо-Западной Пацифики. Т. 1. Хабаровск: ДВО ИТиГ АН СССР, 1992. С. 128–137.
84. Руженцев С.В., Бялобжеский С.Г., Казимиров А.Д., Соколов С.Д. Тектонические покровы и палинспастика Корякского хребта // Тектоническое развитие земной коры и разломы. М.: Наука, 1979. С. 69–80.
85. Руженцев С.В., Соколов С.Д. Система фронтальных надвиг – тыловой раздвиг как показатель абсолютного смещения поверхностных блоков литосферы // Тектоническая расслоенность литосферы. М.: Наука, 1980. С. 15–22.
86. Руженцев С.В., Соколов С.Д., Юркова Р.М. Тектоническое брекчирование и связанные с ним вторичные изменения пород меланократового фундамента (Корякское нагорье) // Минеральные преобразования пород океанического субстрата. Эпигенез и начальный метаморфизм. М.: Наука, 1981. С. 160–172.
87. Силкин В.Г., Куприенко В.Г. Отчет о работе Эльденырской геолого-съемочной партии масштаба 1:50 000 за 1963 год. Анадырская комплексная геологоразведочная экспедиция СВГУ. Анадырь, 1964. Чукотский ТГФ, № 1404.
88. Силкин В.Г., Стерлигова В.Е.. Отчет по теме № 841: «Составление прогнозно-металлогенической карты хромитоносности бассейнов рек Анадырь, Великая масштаба 1: 500 000» за 1970–1973 годы. Анадырская комплексная геологоразведочная экспедиция СВГУ. Анадырь, 1973. Чукотский ТГФ, № 2845.
89. Смирнова Т.А. Хромитоносность ультрабазитов Чукотки // Хромиты Урала, Казахстана, Сибири и Дальнего Востока. М.: ВИМС, 1974. С. 176–185.
90. Соколов С.Д. Аккреционная тектоника Корякско-Чукотского сегмента Тихоокеанского пояса. М.: Наука, 1992. 182 с.
91. Соколов С.Д. Аккреционная тектоника: понятийная база, проблемы и перспективы // Проблемы глобальной геодинамики / Под ред. Д.В. Рундквиста. Материалы теоретического Семинара ОГТГГН РАН 2000–2001. Вып. 2. М.: РАН, 2003. С. 32–56. С. 32–56.
92. Соколов С.Д. Очерк тектоники Северо-Востока Азии // Геотектоника. 2010. № 6. С. 60–78.
93. Соколов С.Д., Бондаренко Г.Е., Морозов О.Л., Григорьев В.Н. Зона перехода Азиатский континент – Северо-Западная пацифика в позднеюрско-раннемеловое время // Теоретические и региональные проблемы геодинамики. М.: Наука, 1999. С. 30–84. (Труды ГИН РАН. Вып. 515).
94. Соколов С.Д., Бондаренко Г.Е., Морозов О.Л., Лучицкая М.В. Тектоника зоны сочленения Верхояно-Чукотской и Корякско-Камчатской складчатых областей//

- Бюл. Моск. о-ва испытателей природы отд. геол. М., 2001. Т. 76. Вып. 6. С. 24–37.
95. Соколов С.Д., Бялобжеский С.Г. Террейны Корякского нагорья // Геотектоника. 1996. № 6. С. 68–80.
96. Соколов С.Д., Григорьев В.Н., Аристов В.А., Евглевский Н.Л., Пейве А.А., Штеренберг Л.Е. Ордовикские отложения Ганычаланского террейна (Пенжинский кряж, Корякское нагорье) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1997а. Т. 5. № 6. С. 73–84.
97. Соколов С.Д., Григорьев В.Н., Пейве А.А., Батанова В.Г., Крылов К.А., Лучитская М.В., Алексютин А.А. Элементы структурной и вещественно упорядоченности в серпентинитовых меланжах // Геотектоника. 1996. № 1. С. 47–62.
98. Соколов С.Д., Диденко А.Н., Григорьев В.Н., Алексютин М.В., Бондаренко Г.Е., Крылов К.А. Палеотектонические реконструкции Северо-Востока России: проблемы и неопределенности. // Геотектоника. 1997б. № 6. С. 72–90.
99. Сондерс А.Д., Тарни Дж. Геохимические характеристики базальтового вулканизма в задуговых бассейнах // Геология окраинных бассейнов. [Сб. ст.] / Под ред. Б. П. Кокелаара, М. Ф. Хауэлса; Пер. с англ. Л. Н. Индолева, И. О. Мурдмаа; Под ред. Л. П. Зоненшайна. М.: Мир, 1987. С. 102–133.
100. Ставский А.П., Морозов О.Л., Сафонов В.Г. и др. Хаотические комплексы мезозойско-кайнозойской Корякской аккреционной области // Геологическое картирование хаотических комплексов / Отв. ред. Г. С. Гусев. М.: Роскомнедра, Геокарт, 1992. С. 88–167.
101. Ставский А.П., Чехович В.Д., Кононов М.В., Зоненшайн Л.П. Тектоника плит и палинспастические реконструкции Анадырско-Корякского региона // Геотектоника, 1988. № 6. С. 32–42.
102. Тектоника континентальных окраин Северо-Запада Тихого океана. М.: Наука, 1980. 285 с.
103. Тектоническая расслоенность литосферы / Отв. ред. А. В. Пейве. М.: Наука, 1980. 216 с. (Труды АН СССР, Геол. ин-т. Вып. 343).
104. Терехова Г.П. Отчет о работе Майн-Алганской геолого-дешифровочной партии за 1957 год. Центральная комплексная тематическая экспедиция СВГУ. Магадан, 1958. Чукотский ТГФ, № 524.
105. Терехова Г.П. Отчет о работе Чинейвеемской геолого-дешифровочной партии на междуречье Убиенка-Белая за 1958 год. Центральная комплексная тематическая экспедиция СВГУ. Магадан, 1959. Чукотский ТГФ, № 835.

106. Терехова Г.П. Отчет по теме «Биостратиграфия сеноман-туронских отложений северо-восточной части Корякского нагорья для целей крупномасштабного картирования» за 1985–1987 гг. Магадан, 1987.
107. Тильман С.М. Аккреционная тектоника и металлогения Корякского нагорья (Северо-Восток СССР) // Доклады АН СССР. 1987. Т. 292, № 5. С. 1220–1222.
108. Типы офиолитов и латеральные неоднородности мантии и коры Пенжинской-Анадырского региона // Доклады АН СССР. 1980. Т. 250. № 3. С. 679–683.
109. Тихомиров П.Л. // Возраст плагиогранитов Усть-Бельского офиолитового массива (Западно-Корякская складчатая система) по данным SHRIMP U-Pb датирования цирконов // Доклады РАН. Серия геологическая. 2010. Т. 434. № 3. 222–226.
110. Тихомиров П.Л., Акинин В.В., Исполатов В.О., Александер П., Черепанова И.Ю., Загоскин В.В. Возраст северной части Охотско-Чукотского вулканогенного пояса: новые данные Ar-Ar и U-Pb геохронологии // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2006. Т. 14. №5. С. 81–95.
111. Филатова Н.И. Периокеанические вулканогенные пояса. М.: Недра, 1988. 262 с.
112. Филатова Н.И., Вишневская В.С. Аллохтонные формации среднего мезозоя северо-западного континентального обрамления Тихого океана // Доклады Академии Наук. 1992. т. 323. № 4. с. 734–740.
113. Филимонов М.В. Объяснительная записка к Геологической карте СССР масштаба 1:200000. Серия Анадырская. Лист Q-60-XV, XVI. Москва, 1984.
114. Фролова Т.И., Бурикова И.А. Магматические формации современных геотектонических обстановок. М.: МГУ, 1997. 320 с.
115. Хаин В.Е., Филатова Н.И., Полякова И.Д. Тектоника, геодинамика и перспективы нефтегазоносности Восточно-Арктических морей и их континентальное обрамление. М.: Наука, 2009. 240 с.
116. Ханчук А.И. Геологическое строение и развитие континентального обрамления Северо-Запада Тихого океана. Автореф. дисс. докт. геол.-мин. наук. М.: ГИН РАН, 1993. 31 с.
117. Ханчук А.И., Голозубов В.В., Панченко А.В., Игнатьев А.В., Чудаев О.В. Ганчаланский террейн Корякского нагорья // Тихоокенаская геология. 1992. № 3. С. 82–93.
118. Ханчук А.И., Григорьев В.Н., Голозубов В.В., Говоров Г.И., Крылов К.А., Курное В.И., Панченко И.В., Пральникова И.Е., Чудаев О.В. Куюльский офиолитовый террейн. Владивосток: Изд-во ДВГИ АН СССР, 1990. 108 с.



- 119.Чехов А.Д. Тектоника Таловско-Пекульнейской зоны // очерки тектоники Корякского нагорья. М.: Наука, 1982. С. 70–106.
- 120.Чехов А.Д. Тектоническая эволюция Северо-Востока Азии. М.: Наука, 2000. 204 с.
- 121.Чехович В.Д. Тектоника и геодинамика складчатого обрамления малых океанических бассейнов. М.: Наука, 1993. 272 с.
- 122.Шкурский В.И., Старцев Г.Н., Маликова С.А. Отчёт о работе Право-Алганской поисково-съёмочной партии масштаба 1: 50 000 за 1962 год. Анадырская комплексная геологоразведочная экспедиция СВГУ. Анадырь, 1963. Чукотский ТГФ, № 1209.
- 123.Шмакин В.Б. Литология верхнемезозойских кремнево-терригенных отложений Севера Корякского нагорья: Автореф. .... дис. канд. геол.-мин. наук. М.: 1988. 16 с.
- 124.Юдович Я. Э., Кетрис М.П. Элементы-примеси в черных сланцах. Екатеринбург: УИФ Наука, 1994, 304 с.
- 125.Cabanis B., Lecolle M. Le diagramme La/10, Y/15, Nb/8: un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de melanges et/ou de contamination crustale. CR Acad. Sci. Paris. 1989. V. 309. P. 2023–2029.
- 126.Chekhov A.D., Palandzhyan S.A. Exotic terranes of Taigonos Peninsula, Northeastern Russia // Proc. Intern. Conf. On Artic Margin. Magadan, 1995. P. 176–178.
- 127.Claoue-Long J. C., Compston W., Roberts J., Fanning C. M. Two Carboniferous ages: a comparison of SHRIMP zircon dating with conventional zircon ages and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  analysis / Berggren W. A., et al (eds) // Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ.; Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation. 1995. Vol. 54. P. 3–21.
- 128.Compston W., Williams I. S., Meyer C. U–Pb geochronology of zircon from lunar breccia 73217 using a sensitive high-resolution ion microprobe. Journal of Geophysical Research 1984. Vol. 89, 523–534.
- 129.Dmitriev Y.I. Basalt from the East Pacific Rise near 90N drilled on deep sea drilling project Leg 54 compared with marginal — basin and ocean-island basalt // Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. 1980. Vol. LIV. P.695–704.
- 130.Elliot T., Plank T., Zindler A., White W., Bourdon B. Element transport from slab volcanic front at the Mariana arc // Journal of Geophysical Research. 1997. Vol. 102. N. B7. P. 14991–15019.

131. Gehrels, G. Analysis Tools. Available online: <http://www.geo.arizona.edu/alc/Analysis%20Tools.htm> (accessed on 25 July 2013).
132. Goldberg E.D., Arrhenius G.O.S. Chemistry of Pacific pelagic sediments // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1958, Vol. 13. № 2/3. P. 153–212.
133. Gribble R.F., Stern R.J., Bloomer S.H., Stuben D., O'Hearn T., Newman S. MORB mantle and subduction components interact to generate basalts in the southern Mariana Trough back-arc basin // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1996. V.60. № 20. P.2153–2166.
134. Gribble R.F., Stern R.J., Newman S., Bloomer S.H., O'Hearn T. Chemical and isotopic composition of lavas from the Mariana Trough: implication for magmagenesis in back – arc basins // *J. Petrology*. 1998. V. 39. № 1. P. 125–154.
135. Grigoriev V.N., Krylov K.A., Sokolov S.D. Accreted Mesozoic oceanic complexes of Koryak superterrane Northeastern Russia //1992 Proceeding Intern, Conference on Arctic Margin. Anchorage: Geol. Surv. Alaska, 1994. P. 217–222.
136. Hidaka H., Shimizu H., Adachi M. U–Pb geochronology and REE geochemistry of zircons from Paleoproterozoic paragneiss clasts in the Mesozoic Kamiaso conglomerate, central Japan: Evidence for an Archean provenance. *Chemical Geology* 2002. Vol. 187, 279–293.
137. Hourigan J.K., Akinin V.V. Tectonic and chronostratigraphic implications of new  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology and geochemistry of the Arman and Russia // *GSA Bull.* 2004. Vol. 116. № 5–6. P. 637–654.
138. Hull D.M. Morphologic diversity and paleogeographic significance of the Family Parvicingulidae (Radiolaria) // *Micropaleontology*. 1995. Vol. 41. № 1. P. 1–48.
139. Joron J.L., Briquieu L., Bougault H., Treuil M. East Pacific Rise, Galapagos Spreading Center and Siqueiros Fracture Zone, Deep Sea Drilling Project Leg 54: hydromagmatic elements – a comparison with the North Atlantic / Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. 1980. Vol. LIV. P. 725–735.
140. Ludwig K. R. ISOPLOT/Ex – A geochronological toolkit for Microsoft Excel, Version 2.05. Berkeley Geochronology Center Special Publication. 1999. 1a.
141. Nokleberg W.J., Grantz A., Patton W.W. and others. Circum-North Pacific Tarrane Map // International Conference on Arctic Margin. Rept. 2–4, 1992: Abstracts. Anchorage. P. 26.
142. O'Dogherty L., Bill M., Gorican S. et al. Bathonian radiolarians from an ofiolitic mélange of the Alpine Tethys (Gets Nappe, Swiss-French Alps) // *Micropaleontology*. 2005. Vol. 51. № 6. P. 425–485.

143. Paces J. B., Miller J. D. Precise U–Pb ages of Duluth complex and related mafic intrusions, northeastern Minnesota: Geochronological insights to physical, petrogenetic, paleomagnetic, and tectonomagmatic processes associated with the 1.1 Ga midcontinent rift system // *Journal of Geophysical Research*. 1993. Vol. 98. P. 13997–14013.
144. Palandzhyan S.A., Dmitrenko G.G. Ophiolitic complex and associated rocks in the Ust-Belaya mountains and Algan ridge, Russian Far East. U.S. Department of the interior. U.S. geological survey. Open-Files Report PF 92–20–I. 1996. P. 8.
145. Pearce J.A., Harris N. B. W., Tindle A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // *Journal of Petrology*. 1984. Vol. 25. № 4. P. 956–983.
146. Pearce J.A., Norry M.J. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks // *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 1979. Vol. 69. P. 33–47.
147. Pessagno E.A., Whalen P.A. Lower and Middle Jurassic Radiolaria from California, east-central Oregon, and Queen Charlotte Islands, British Columbia // *Micropaleontology*. 1982. Vol. 28. № 2. P. 111–169.
148. S.D. Sokolov, M.V. Luchitskaya, S.A. Silantyev, O.L. Morozov, A.V. Ganelin, B.A. Bazylev, A.B. Osipenko, S.A. Palanzhyan, I.R. Kravchenko-Berezhnoy. Ophiolites in Accretionary complexes along the Early Cretaceous margin of NE Asia: age, composition, and geodynamic diversity // *Ophiolites in Earth History*, London, Special Publications. 2003. P. 619–664.
149. Shervais J. W. Ti–V plots and the petrogenesis of modern and ophiolite lavas // *Earth and planetary science letters*. 1982 V. 59. P. 101–118.
150. Sokolov S.D., Luchitskaya M.V., Silantyev S.A., Morozov O.L., Ganelin A.V., Bazylev B.A., Osipenko A.B., Palanzhyan S.A., Kravchenko-Berezhnoy I.R. Ophiolites in Accretionary complexes along the Early Cretaceous margin of NE Asia: age, composition, and geodynamic diversity // *Ophiolites in Earth History*, London, Special Publications. 2003. Vol. 218. № 1. P. 619–664.
151. Stern R. A. High-resolution SIMS determination of radiogenic tracer-isotope ratios in minerals. // *Modern Approaches to Ore and Environmental Mineralogy*, Mineralogical Association of Canada, Short Course Series. / Ed. L. J. Cabri & D. J. Vaughan. Mineralogical Association of Canada, Ottawa, Ontario, 1998. Vol. 27. P. 241–268.
152. Sun S.S., McDonough W. F. Chemical and Isotopic Systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // *Magmatism in the ocean basins* / Ed. A. D. Saunders, M. J. Norry. Geological Society, London, Special Publications, 1989. Vol. 42. P. 313–345.

153. Tikhomirov P.L., Kalinina E.A., Moriguti T., Makashima A., Kobayashi K., Cherepanova I.Yu., Nakamura E. The Cretaceous Okhotsk-Chukotka Volcanic Belt (NE Russia): Geology, geochronology, magma output rates, and implications on the genesis of silicic LIPs // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2012. [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377027311003337>, свободный
154. Wetherill G.W. Discordant uranium-lead ages // *Eos, Transactions American Geophysical Union*. 1956. Vol. 37. P. 320–326.
155. Williams I. S. U–Th–Pb geochronology by ion microprobe // *Reviews in Economic Geology*. 1998. Vol. 7. P. 1–35.
156. Wood D.A. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province // *Earth and planetary science letters*. 1980. Vol. 50. P. 11–30.
157. Woodhead J.D. Geochemistry of the Mariana arc (western Pacific): Source composition and processes // *Chemical Geology*. 1989. V. 76. P.1–24.
158. Yang Q. Taxonomic studies of Upper Jurassic (Tithonian) radiolaria from the Taman Formation, east-central Mexico // [Nan-ching shih, China] : Nanjing University Press, 1993. 164 p. (Palaeoworld, № 3).
159. Yeh Kuei-yu. A Middle Jurassic radiolarian fauna from South Fork Member of Snowshoe Formation, east-central Oregon // – Taichung, Taiwan, R.O.C. : The Museum, 1998.

Приложение 1. Содержание петрогенных и рассеянных элементов для вулканогенных пород Отрожинской пластины.

| базальтоиды вулканогенного комплекса Отрожинской пластины |                   |              |                  |            |            |            |            |             |
|-----------------------------------------------------------|-------------------|--------------|------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| №№                                                        | 1                 | 2            | 3                | 4          | 5          | 6          | 7          | 8           |
| Название породы                                           | аподолерит        | микродолерит | долерито-базальт | долерит    | долерит    | долерит    | долерит    | спилит      |
| координаты                                                | Северная широта   | 65 06.694    | 65 05.703        | 65 06.871  | 65 05.506  | 65 04.684  | 65 04.665  | 65 04.644*  |
|                                                           | Восточная долгота | 172 49.686   | 172 50.204       | 172 49.994 | 172 48.844 | 172 48.268 | 172 48.050 | 172 48.025* |
| петрогенные элементы (масс.%)                             |                   |              |                  |            |            |            |            |             |
| Оксид                                                     | 11-5-1            | 11-4-1       | 11-7-1           | 11-39-5    | 07-110     | 07-110/1   | 07-110/2   | 07-108/1    |
| SiO <sub>2</sub>                                          | 54.1              | 55.3         | 57.5             | 55.4       | 46.91      | 47.66      | 44.87      | —           |
| TiO <sub>2</sub>                                          | 1.6               | 1.5          | 1.6              | 2.1        | 2.12       | 1.63       | 2.49       | —           |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                            | 12.4              | 13.3         | 13.3             | 11.6       | 13.80      | 13.38      | 13.70      | —           |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                            | 12.4              | 10.6         | 9.3              | 11.5       | 5.64       | 5.46       | 8.11       | —           |
| FeO                                                       | —                 | —            | —                | —          | 7.89       | 7.96       | 7.38       | —           |
| MnO                                                       | 0.20              | 0.15         | 0.18             | 0.25       | 0.20       | 0.20       | 0.21       | —           |
| MgO                                                       | 7.9               | 5.1          | 6.9              | 5.4        | 6.71       | 6.47       | 6.73       | —           |
| CaO                                                       | 9.5               | 10.5         | 8.1              | 9.3        | 8.25       | 8.55       | 8.11       | —           |
| Na <sub>2</sub> O                                         | 1.7               | 3.3          | 2.3              | 4.0        | 4.49       | 4.72       | 4.49       | —           |
| K <sub>2</sub> O                                          | 0.020             | 0.16         | 0.85             | 0.24       | 0.27       | 0.26       | 0.07       | —           |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *                           | 0.14              | 0.13         | 0.17             | 0.21       | 0.24       | 0.22       | 0.32       | —           |
| Собщ*                                                     | 0.014             | 0.011        | 0.0072           | 0.011      | —          | —          | —          | —           |
| ппп                                                       | —                 | —            | —                | —          | 2.99       | 2.75       | 3.09       | —           |
| элементы примеси (г/т)                                    |                   |              |                  |            |            |            |            |             |
| Элемент                                                   | 11-5-1            | 11-4-1       | 11-7-1           | 11-39-5    | 07-110     | 07-110/1   | 07-110/2   | 07-108/1    |
| Li                                                        | 5.5               | 3.8          | 18.3             | 9.2        | —          | —          | —          | 11928.0     |
| Be                                                        | 0.3               | 0.4          | 0.5              | 0.5        | 0.7        | 0.5        | 1.1        | 0.6         |
| Sc                                                        | 50.0              | 44.4         | 50.5             | 53.5       | <ПО        | <ПО        | <ПО        | <ПО         |
| Ti                                                        | 9793,3*           | 9187,7*      | 9387,3*          | 12794,2*   | 12720      | 9222       | 15124      | 11928       |
| V                                                         | 295.4             | 291.0        | 277.2            | 356.6      | 395.0      | 338.0      | 436.0      | 360.0       |
| Cr                                                        | 299.0             | 257.1        | 226.7            | 194.0      | <ПО        | <ПО        | <ПО        | <ПО         |
| Co                                                        | 50.6              | 37.7         | 38.7             | 38.5       | 42.2       | 38.4       | 42.9       | 42.1        |
| Ni                                                        | 120.7             | 78.2         | 57.7             | 70.0       | <ПО        | <ПО        | <ПО        | <ПО         |
| Cu                                                        | 75.6              | 69.5         | 33.4             | 44.8       | <ПО        | <ПО        | <ПО        | <ПО         |
| Zn                                                        | 93.8              | 61.4         | 84.6             | 89.6       | 104.0      | 90.2       | 126.0      | 113.0       |
| Ga                                                        | 12.7              | 15.2         | 16.4             | 11.4       | 15.4       | 13.7       | 21.2       | 24.2        |
| As                                                        | 0.4               | 0.0          | 1.1              | 0.5        | —          | —          | —          | —           |
| Se                                                        | 0.7               | 0.0          | 0.7              | 0.0        | —          | —          | —          | —           |
| Rb                                                        | 0.3               | 2.8          | 14.5             | 3.4        | 3.2        | 2.3        | 0.9        | 3.4         |
| Sr                                                        | 271.0             | 87.9         | 150.7            | 135.0      | 225.0      | 263.0      | 51.8       | 166.0       |
| Y                                                         | 38.1              | 33.5         | 32.2             | 41.1       | 41.8       | 32.1       | 53.2       | 35.2        |
| Zr                                                        | 63.7              | 74.8         | 64.0             | 72.5       | 156.0      | 105.0      | 204.0      | 135.0       |
| Nb                                                        | 2.8               | 3.3          | 2.8              | 3.2        | 5.7        | 3.1        | 7.4        | 5.1         |
| Mo                                                        | 0.1               | 0.2          | 0.2              | 0.2        | 0.5        | 0.5        | 0.6        | 0.8         |
| Cd                                                        | 0.2               | 0.1          | 0.1              | 0.1        | 0.1        | 0.1        | 0.1        | 0.1         |
| Sn*                                                       | 0.8               | 0.9          | 0.7              | 1.2        | —          | —          | —          | —           |
| Sb                                                        | 0.5               | 0.2          | 0.3              | 0.2        | —          | —          | —          | —           |
| Te                                                        | 0.0               | 0.0          | 0.0              | 0.0        | —          | —          | —          | —           |
| Cs                                                        | 0.0               | 0.0          | 0.3              | 0.1        | 0.1        | 0.1        | 0.1        | 0.3         |
| Ba                                                        | 10.3              | 18.5         | 33.7             | 56.8       | 43.6       | 80.2       | 14.7       | 54.2        |
| La                                                        | 3.6               | 3.9          | 3.6              | 4.2        | 5.7        | 4.4        | 8.1        | 5.5         |
| Ce                                                        | 11.1              | 11.6         | 10.8             | 14.0       | 17.4       | 13.4       | 23.8       | 17.3        |
| Pr                                                        | 1.9               | 1.9          | 1.8              | 2.4        | 2.8        | 2.1        | 3.8        | 2.6         |
| Nd                                                        | 10.4              | 10.4         | 10.1             | 13.8       | 15.0       | 11.3       | 19.8       | 14.0        |
| Sm                                                        | 3.5               | 3.4          | 3.3              | 4.6        | 5.0        | 3.8        | 6.5        | 4.5         |
| Eu                                                        | 1.4               | 1.3          | 1.3              | 1.7        | 1.8        | 1.3        | 2.2        | 1.7         |
| Gd                                                        | 5.3               | 4.7          | 4.6              | 6.6        | 6.7        | 5.0        | 8.4        | 5.9         |
| Tb                                                        | 0.9               | 0.8          | 0.8              | 1.1        | 1.2        | 0.9        | 1.5        | 1.0         |
| Dy                                                        | 5.9               | 5.3          | 5.1              | 7.4        | 7.7        | 5.9        | 9.7        | 6.5         |
| Ho                                                        | 1.3               | 1.1          | 1.0              | 1.5        | 1.7        | 1.3        | 2.2        | 1.4         |
| Er                                                        | 3.8               | 3.3          | 3.0              | 4.6        | 4.9        | 3.8        | 6.2        | 4.0         |
| Tm                                                        | 0.5               | 0.5          | 0.4              | 0.6        | 0.7        | 0.6        | 0.9        | 0.6         |
| Yb                                                        | 3.4               | 3.1          | 2.6              | 4.1        | 4.6        | 3.6        | 5.8        | 3.7         |
| Lu                                                        | 0.5               | 0.4          | 0.4              | 0.6        | 0.7        | 0.5        | 0.9        | 0.6         |
| Hf                                                        | 2.0               | 2.1          | 1.9              | 2.8        | 4.1        | 2.7        | 5.2        | 3.6         |
| Ta                                                        | 0.2               | 0.2          | 0.2              | 0.2        | 0.4        | 0.2        | 0.5        | 0.4         |
| W                                                         | 0.6               | 0.1          | 0.1              | 0.2        | —          | —          | —          | —           |
| Tl                                                        | 0.0               | 0.0          | 0.1              | 0.0        | —          | —          | —          | —           |
| Pb                                                        | 0.4               | 0.4          | 0.4              | 1.3        | 6.0        | 6.6        | 6.1        | 9.0         |
| Bi                                                        | 0.0               | 0.0          | 0.0              | 0.0        | —          | —          | —          | —           |
| Th                                                        | 0.2               | 0.2          | 0.2              | 0.2        | 0.4        | 0.4        | 0.5        | 0.4         |
| U                                                         | 0.1               | 0.1          | 0.0              | 0.1        | 0.1        | 0.1        | 0.2        | 0.1         |



Таблица 1 (окончание)

| №№                            |                   | 9          | 10          | 11         | 12         | 13               | 14                | 15                | 16            | 17            |
|-------------------------------|-------------------|------------|-------------|------------|------------|------------------|-------------------|-------------------|---------------|---------------|
| Название породы               |                   | андезит    | андезит     | андезит    | андезит    | кварцевый диорит | агломератовый туф | агломератовый туф | галька дацита | галька дацита |
| координаты                    | Северная широта   | 65 05.793  | 65 05.781*  | 65 06.637  | 65 06.550  | 65 05.689*       | 65 05.870         | 65 05.823*        | 65 04.542     | 65 04.542     |
|                               | Восточная долгота | 172 48.255 | 172 48.237* | 172 47.726 | 172 48.001 | 172 48.040*      | 172 48.140        | 172 47.949*       | 172 47.192    | 172 47.192    |
| петрогенные элементы (масс.%) |                   |            |             |            |            |                  |                   |                   |               |               |
| Оксид                         | 11-38             | 11-38-1    | 11-43       | 11-44      | 07-108/2   | 11-37-2          | 11-37-5           | 08-A12/2          | 08-A12/4      |               |
| SiO2                          | 57.0              | 55.9       | 55.1        | 56.2       | –          | 54.9             | 59.1              | 60                | 64            |               |
| TiO2                          | 0.74              | 0.81       | 0.57        | 0.62       | –          | 0.61             | 0.62              | 0.66              | 1.3           |               |
| Al2O3                         | 13.7              | 14.7       | 15.5        | 12.5       | –          | 17.0             | 14.6              | 15.9              | 16.3          |               |
| Fe2O3                         | 9.2               | 10.3       | 10.3        | 9.5        | –          | 9.1              | 8.8               | 5.5               | 5.7           |               |
| FeO                           | –                 | –          | –           | –          | –          | –                | –                 | –                 | –             |               |
| MnO                           | 0.16              | 0.15       | 0.14        | 0.18       | –          | 0.17             | 0.15              | 0.22              | 0.10          |               |
| MgO                           | 6.6               | 8.3        | 5.1         | 9.0        | –          | 6.2              | 5.2               | 2.3               | 2.4           |               |
| CaO                           | 8.6               | 4.9        | 10.5        | 7.7        | –          | 8.7              | 7.1               | 7.8               | 3.4           |               |
| Na2O                          | 3.7               | 3.9        | 2.6         | 3.5        | –          | 3.2              | 4.0               | 6.4               | 5.3           |               |
| K2O                           | 0.15              | 0.94       | 0.023       | 0.62       | –          | 0.10             | 0.30              | 0.34              | 1.6           |               |
| P2O5*                         | 0.12              | 0.094      | 0.092       | 0.094      | –          | 0.070            | 0.068             | 0.39              | 0.18          |               |
| Собщ*                         | 0.023             | 0.100      | 0.0033      | 0.011      | –          | 0.012            | 0.011             | 0.015             | 0.011         |               |
| ппп                           | –                 | –          | –           | –          | –          | –                | –                 | –                 | –             |               |
| элементы примеси (г/т)        |                   |            |             |            |            |                  |                   |                   |               |               |
| Элемент                       | 11-38             | 11-38-1    | 11-43       | 11-44      | 07-108/2   | 11-37-2          | 11-37-5           | 08-A12/2          | 08-A12/4      |               |
| Li                            | 13.2              | 20.1       | 16.5        | 38.2       | –          | 22.5             | 13.7              | 15.4              | 16.1          |               |
| Be                            | 0.4               | 0.4        | 0.7         | 0.2        | 0.4        | 0.3              | 0.2               | 1.2               | 1.3           |               |
| Sc                            | 39.9              | 40.1       | 23.0        | 45.3       | <ПО        | 31.7             | 34.1              | 16.8              | 31.0          |               |
| Ti                            | 4431,7*           | 4826,1*    | 3439,8*     | 3704,8*    | 7700       | 3677,6*          | 3701,0*           | 3982,3*           | 7502,0*       |               |
| V                             | 256.2             | 270.5      | 355.1       | 231.3      | 426.0      | 239.9            | 188.3             | 131.7             | 159.8         |               |
| Cr                            | 84.3              | 170.2      | 61.1        | 399.6      | <ПО        | 80.7             | 84.0              | 3.2               | 10.0          |               |
| Co                            | 31.0              | 35.3       | 27.8        | 40.7       | 41.7       | 34.5             | 35.7              | 14.6              | 19.0          |               |
| Ni                            | 42.6              | 57.0       | 34.3        | 127.2      | <ПО        | 39.8             | 52.5              | 12.6              | 22.0          |               |
| Cu                            | 101.6             | 95.6       | 102.8       | 54.5       | <ПО        | 74.7             | 76.3              | 67.6              | 118.1         |               |
| Zn                            | 72.3              | 79.5       | 77.9        | 71.7       | 109.0      | 70.5             | 59.0              | 66.7              | 89.9          |               |
| Ga                            | 12.3              | 15.6       | 21.3        | 10.5       | 17.8       | 17.2             | 12.9              | 13.6              | 14.7          |               |
| As                            | 0.3               | 1.9        | 0.1         | 1.3        | –          | 1.0              | 0.3               | 3.9               | 5.3           |               |
| Se                            | 0.0               | 0.0        | 0.0         | 0.0        | –          | 0.0              | 0.0               | 1.3               | 1.0           |               |
| Rb                            | 1.5               | 9.4        | 0.1         | 9.6        | 18.5       | 1.8              | 2.8               | 8.2               | 30.4          |               |
| Sr                            | 122.6             | 108.3      | 210.2       | 307.8      | 241.0      | 150.2            | 236.7             | 301.1             | 369.0         |               |
| Y                             | 17.3              | 17.9       | 12.9        | 15.5       | 23.7       | 14.6             | 12.5              | 31.9              | 21.8          |               |
| Zr                            | 42.6              | 42.5       | 34.4        | 36.3       | 58.9       | 29.3             | 29.8              | 59.2              | 105.6         |               |
| Nb                            | 0.8               | 1.0        | 0.7         | 0.7        | 1.4        | 0.6              | 0.6               | 2.1               | 4.2           |               |
| Mo                            | 0.1               | 0.6        | 0.1         | 0.2        | 1.6        | 0.2              | 0.1               | 0.4               | 0.2           |               |
| Cd                            | 0.1               | 0.1        | 0.0         | 0.0        | 0.1        | 0.1              | 0.1               | 0.1               | 0.1           |               |
| Sn*                           | 0.7               | 0.6        | 0.7         | 0.5        | –          | 0.5              | 0.4               | 0.6               | 0.9           |               |
| Sb                            | 0.0               | 0.1        | 0.2         | 0.1        | –          | 0.0              | 0.4               | 0.3               | 1.2           |               |
| Te                            | 0.0               | 0.1        | 0.0         | 0.0        | –          | 0.0              | 0.0               | 0.0               | 0.0           |               |
| Cs                            | 0.1               | 0.6        | 0.0         | 0.7        | 0.3        | 1.2              | 0.1               | 0.7               | 1.2           |               |
| Ba                            | 24.8              | 165.4      | 11.7        | 292.3      | 205.0      | 35.9             | 109.7             | 1104.5            | 2894.3        |               |
| La                            | 5.6               | 3.9        | 5.2         | 4.5        | 4.9        | 3.7              | 3.0               | 14.2              | 16.9          |               |
| Ce                            | 13.9              | 11.3       | 12.0        | 11.2       | 12.5       | 9.0              | 7.8               | 34.5              | 33.3          |               |
| Pr                            | 1.9               | 1.6        | 1.5         | 1.5        | 1.9        | 1.2              | 1.1               | 4.7               | 4.0           |               |
| Nd                            | 8.8               | 8.0        | 6.9         | 7.3        | 9.9        | 5.8              | 5.3               | 22.9              | 17.4          |               |
| Sm                            | 2.4               | 2.3        | 1.8         | 2.0        | 3.2        | 1.7              | 1.6               | 5.6               | 4.2           |               |
| Eu                            | 0.8               | 0.8        | 0.8         | 0.7        | 1.1        | 0.7              | 0.6               | 1.1               | 0.8           |               |
| Gd                            | 2.8               | 2.8        | 2.1         | 2.4        | 3.9        | 2.2              | 2.0               | 6.4               | 4.9           |               |
| Tb                            | 0.4               | 0.4        | 0.3         | 0.4        | 0.7        | 0.3              | 0.3               | 1.0               | 0.8           |               |
| Dy                            | 2.7               | 2.8        | 2.1         | 2.4        | 4.4        | 2.3              | 2.0               | 5.9               | 4.9           |               |
| Ho                            | 0.6               | 0.6        | 0.4         | 0.5        | 1.0        | 0.5              | 0.4               | 1.3               | 1.0           |               |
| Er                            | 1.7               | 1.7        | 1.2         | 1.5        | 2.8        | 1.4              | 1.3               | 3.9               | 3.0           |               |
| Tm                            | 0.2               | 0.2        | 0.2         | 0.2        | 0.4        | 0.2              | 0.2               | 0.6               | 0.4           |               |
| Yb                            | 1.6               | 1.6        | 1.2         | 1.4        | 2.6        | 1.3              | 1.2               | 3.8               | 2.9           |               |
| Lu                            | 0.2               | 0.2        | 0.2         | 0.2        | 0.4        | 0.2              | 0.2               | 0.6               | 0.4           |               |
| Hf                            | 1.2               | 1.2        | 0.9         | 1.0        | 1.9        | 0.8              | 0.9               | 2.0               | 3.5           |               |
| Ta                            | 0.1               | 0.1        | 0.0         | 0.0        | 0.1        | 0.0              | 0.0               | 0.1               | 0.3           |               |
| W                             | 0.2               | 0.2        | 0.3         | 0.1        | –          | 0.2              | 0.2               | 1.4               | 0.7           |               |
| Tl                            | 0.1               | 0.1        | 0.0         | 0.1        | –          | 0.1              | 0.0               | 0.0               | 0.2           |               |
| Pb                            | 1.3               | 2.6        | 12.5        | 2.2        | 5.3        | 2.3              | 1.4               | 4.5               | 2.2           |               |
| Bi                            | 0.0               | 0.0        | 0.0         | 0.0        | –          | 0.0              | 0.0               | 0.0               | 0.0           |               |
| Th                            | 1.8               | 0.9        | 1.0         | 1.3        | 0.7        | 0.7              | 0.9               | 0.5               | 1.7           |               |
| U                             | 0.7               | 0.4        | 0.2         | 0.5        | 0.3        | 0.3              | 0.3               | 1.1               | 1.1           |               |

Примечание. Курсивом выделены содержания химических элементов, которые получены в АСИЦ ИПТМ РАН. В остальных случаях содержание главных элементов определены в лаборатории ГИН РАН, микроэлементов в ИМГРЭ. Знаком (\*) помечены концентрации Ti в г/т, посчитанные по формуле – ((10000\*TiO<sub>2</sub>wt)\*Ti(amu))/(Ti(amu)+2\*O(amu)), в остальных случаях содержания получены инструментально. <ПО – ниже порога обнаружения применяемой методики. Прочерк – элемент не определен. Координаты точек опробования вынесены с портативного GPS навигатора в WGS 84. Координаты помеченные \* снимались с топографической карты Q-59-105,106, 1984г.

Приложение 2. Результаты локального U-Pb датирования (SHRIMP-II)  
обломочных цирконов в осадочных породах Отрожнинской пластины

| Номер точки                                                                  | U (г/т) | Изотопные отношения                  |        |                                      |       | Возраст (млн. лет)                   |       |
|------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------|--------|--------------------------------------|-------|--------------------------------------|-------|
|                                                                              |         | <sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb | ± 1 σ  | <sup>238</sup> U/ <sup>206</sup> Pb* | ± 1 σ | <sup>238</sup> U/ <sup>206</sup> Pb* | ± 1 σ |
| Образец 07-107 - туфо-гравелит (координаты: 65 05.207 С.Ш.; 172 48.311 В.Д.) |         |                                      |        |                                      |       |                                      |       |
| 07-107-01                                                                    | 221     | 0.0559                               | 0.0016 | 9.82                                 | 0.22  | 625.1                                | 13.2  |
| 07-107-02                                                                    | 398     | 0.0571                               | 0.0011 | 10.87                                | 0.31  | 567.3                                | 15.3  |
| 07-107-03                                                                    | 273     | 0.0589                               | 0.0011 | 10.76                                | 0.25  | 572.9                                | 12.8  |
| 07-107-04                                                                    | 101     | 0.0577                               | 0.0023 | 10.67                                | 0.30  | 577.5                                | 15.3  |
| 07-107-05                                                                    | 272     | 0.0587                               | 0.0011 | 10.48                                | 0.18  | 587.7                                | 9.4   |
| 07-107-06                                                                    | 217     | 0.0607                               | 0.0013 | 11.35                                | 0.16  | 544.3                                | 7.5   |
| 07-107-07                                                                    | 367     | 0.0612                               | 0.0018 | 10.83                                | 0.17  | 569.1                                | 8.7   |
| 07-107-08                                                                    | 472     | 0.0604                               | 0.0010 | 11.37                                | 0.34  | 543.3                                | 15.4  |
| 07-107-09                                                                    | 356     | 0.0603                               | 0.0011 | 10.77                                | 0.21  | 572.4                                | 10.6  |
| 07-107-10                                                                    | 381     | 0.0594                               | 0.0010 | 10.39                                | 0.38  | 592.3                                | 20.6  |
| 07-107-11                                                                    | 289     | 0.0595                               | 0.0013 | 10.60                                | 0.19  | 581.0                                | 10.0  |
| 07-107-12                                                                    | 127     | 0.0586                               | 0.0031 | 10.58                                | 0.28  | 582.5                                | 14.5  |
| 07-107-13                                                                    | 311     | 0.0598                               | 0.0009 | 10.87                                | 0.28  | 567.2                                | 13.9  |
| 07-107-14                                                                    | 355     | 0.0583                               | 0.0011 | 10.51                                | 0.34  | 586.1                                | 18.2  |
| 07-107-15                                                                    | 350     | 0.0557                               | 0.0015 | 10.40                                | 0.21  | 592.0                                | 11.2  |
| 07-107-16                                                                    | 290     | 0.0593                               | 0.0009 | 10.54                                | 0.18  | 584.1                                | 9.7   |
| 07-107b-01                                                                   | 280     | 0.0590                               | 0.0011 | 11.20                                | 0.29  | 551.1                                | 13.6  |
| 07-107b-02                                                                   | 222     | 0.0556                               | 0.0021 | 10.70                                | 0.83  | 575.9                                | 42.9  |
| 07-107b-03                                                                   | 381     | 0.0601                               | 0.0007 | 10.80                                | 0.29  | 571.0                                | 14.8  |
| 07-107b-04                                                                   | 357     | 0.0636                               | 0.0012 | 11.48                                | 0.52  | 538.3                                | 23.2  |
| 07-107b-05                                                                   | 425     | 0.0599                               | 0.0062 | 10.16                                | 1.88  | 605.1                                | 107.1 |
| 07-107b-06                                                                   | 400     | 0.0584                               | 0.0016 | 10.72                                | 0.16  | 574.8                                | 8.0   |
| 07-107b-07                                                                   | 233     | 0.0621                               | 0.0013 | 11.39                                | 0.47  | 542.3                                | 21.6  |
| 07-107b-08                                                                   | 463     | 0.0590                               | 0.0014 | 11.01                                | 0.36  | 560.3                                | 17.7  |
| 07-107b-09                                                                   | 495     | 0.0599                               | 0.0015 | 11.88                                | 0.63  | 521.0                                | 26.4  |
| 07-107b-10                                                                   | 298     | 0.0584                               | 0.0010 | 10.91                                | 0.27  | 565.3                                | 13.5  |
| 07-107b-11                                                                   | 234     | 0.1292                               | 0.0013 | 2.76                                 | 0.04  | 1994.6                               | 22.4  |
| 07-107b-12                                                                   | 394     | 0.0600                               | 0.0008 | 10.90                                | 0.37  | 565.8                                | 18.4  |
| 07-107b-13                                                                   | 399     | 0.0597                               | 0.0013 | 10.88                                | 0.68  | 566.9                                | 33.9  |
| 07-107b-14                                                                   | 345     | 0.0566                               | 0.0013 | 10.78                                | 0.24  | 572.0                                | 12.0  |
| 07-107b-15                                                                   | 131     | 0.0570                               | 0.0041 | 11.35                                | 0.69  | 544.4                                | 31.9  |
| 07-107b-16                                                                   | 310     | 0.0589                               | 0.0011 | 11.02                                | 0.31  | 560.1                                | 15.2  |
| 07-107b-L17                                                                  | 668     | 0.0594                               | 0.0006 | 11.11                                | 0.22  | 555.9                                | 10.8  |
| 07-107b-L18                                                                  | 98      | 0.0640                               | 0.0017 | 11.26                                | 0.45  | 548.5                                | 20.9  |
| 07-107b-L19                                                                  | 177     | 0.0640                               | 0.0014 | 11.73                                | 0.24  | 527.6                                | 10.5  |
| 07-107b-L20                                                                  | 525     | 0.0593                               | 0.0007 | 12.23                                | 0.31  | 506.8                                | 12.5  |
| 07-107b-L21                                                                  | 370     | 0.0600                               | 0.0008 | 11.63                                | 0.19  | 531.8                                | 8.3   |
| 07-107b-L22                                                                  | 523     | 0.0600                               | 0.0009 | 10.61                                | 0.68  | 580.5                                | 35.4  |
| 07-107b-L23                                                                  | 289     | 0.0568                               | 0.0014 | 11.41                                | 0.22  | 541.4                                | 10.2  |
| 07-107b-S20                                                                  | 844     | 0.0582                               | 0.0054 | 11.58                                | 2.18  | 533.9                                | 96.5  |
| 07-107c-L05b                                                                 | 195     | 0.0647                               | 0.0020 | 11.43                                | 0.20  | 540.8                                | 9.0   |
| 07-107c-L03b                                                                 | 302     | 0.0638                               | 0.0016 | 10.67                                | 0.12  | 577.5                                | 6.4   |
| 07-107c-L16b                                                                 | 219     | 0.0613                               | 0.0012 | 10.84                                | 0.15  | 568.9                                | 7.8   |
| 07-107c-L01b                                                                 | 125     | 0.0709                               | 0.0047 | 10.98                                | 0.42  | 561.9                                | 20.5  |
| 07-107c-L21                                                                  | 216     | 0.0638                               | 0.0032 | 11.22                                | 0.78  | 550.6                                | 36.6  |
| 07-107c-L20b                                                                 | 192     | 0.0564                               | 0.0022 | 11.03                                | 0.31  | 559.3                                | 15.2  |
| 07-107c-L19b                                                                 | 638     | 0.0582                               | 0.0015 | 11.17                                | 0.26  | 552.5                                | 12.4  |
| 07-107c-L17b                                                                 | 169     | 0.0644                               | 0.0019 | 10.84                                | 0.46  | 568.9                                | 23.0  |
| 07-107c-L18b                                                                 | 103     | 0.0678                               | 0.0032 | 11.65                                | 0.64  | 531.1                                | 28.1  |
| 07-107c-L22                                                                  | 133     | 0.0595                               | 0.0023 | 11.17                                | 0.48  | 552.9                                | 22.8  |

Таблица 2. (окончание)

| Номер точки                                                                          | U (г/т) | Изотопные отношения               |                |                                    |                | Возраст (млн. лет)                 |                |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------|
|                                                                                      |         | $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ | $\pm 1 \sigma$ | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$ | $\pm 1 \sigma$ | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$ | $\pm 1 \sigma$ |
| Образец 07-111/8 - цемент конгломерата (координаты: 65 04.542 С.Ш.; 172 47.192 В.Д.) |         |                                   |                |                                    |                |                                    |                |
| 07-111/8-01                                                                          | 439     | 0.0568                            | 0.0009         | 13.72                              | 0.25           | 453.6                              | 8.1            |
| 07-111/8-02                                                                          | 461     | 0.0592                            | 0.0017         | 13.89                              | 0.32           | 448.0                              | 10.1           |
| 07-111/8-03                                                                          | 140     | 0.0564                            | 0.0026         | 13.53                              | 0.26           | 459.8                              | 8.5            |
| 07-111/8-04                                                                          | 179     | 0.0561                            | 0.0012         | 13.26                              | 0.41           | 468.6                              | 13.9           |
| 07-111/8-05                                                                          | 244     | 0.0546                            | 0.0025         | 14.72                              | 0.41           | 423.8                              | 11.3           |
| 07-111/8-06                                                                          | 125     | 0.0627                            | 0.0056         | 14.02                              | 0.41           | 444.1                              | 12.5           |
| 07-111/8-07                                                                          | 584     | 0.0541                            | 0.0009         | 13.76                              | 0.22           | 452.3                              | 7.0            |
| 07-111/8-08                                                                          | 356     | 0.0575                            | 0.0012         | 13.54                              | 0.57           | 459.2                              | 18.8           |
| 07-111/8-09                                                                          | 534     | 0.0556                            | 0.0016         | 14.25                              | 0.34           | 437.4                              | 10.0           |
| 07-111/8-10                                                                          | 250     | 0.0526                            | 0.0014         | 13.96                              | 0.41           | 445.9                              | 12.5           |
| 07-111/8-11                                                                          | 502     | 0.0577                            | 0.0007         | 14.79                              | 0.29           | 421.8                              | 7.9            |
| 07-111/8-12                                                                          | 241     | 0.0568                            | 0.0010         | 14.46                              | 0.33           | 431.2                              | 9.7            |
| 07-111/8-13                                                                          | 330     | 0.0572                            | 0.0006         | 14.48                              | 0.33           | 430.5                              | 9.4            |
| 07-111/8-14                                                                          | 169     | 0.0649                            | 0.0022         | 14.55                              | 0.48           | 428.4                              | 13.8           |
| 07-111/8-15                                                                          | 554     | 0.0578                            | 0.0007         | 14.10                              | 0.33           | 441.8                              | 10.1           |
| 07-111/8-16                                                                          | 678     | 0.0566                            | 0.0010         | 14.93                              | 0.25           | 418.1                              | 6.7            |
| 07-111/8-17                                                                          | 158     | 0.0570                            | 0.0009         | 14.58                              | 0.74           | 427.7                              | 21.1           |
| 07-111/8-18b                                                                         | 328     | 0.0542                            | 0.0009         | 14.37                              | 0.39           | 433.6                              | 11.5           |
| 07-111/8-19                                                                          | 375     | 0.0565                            | 0.0007         | 14.37                              | 0.48           | 433.6                              | 13.9           |
| 07-111/8-20                                                                          | 481     | 0.0556                            | 0.0006         | 14.63                              | 0.42           | 426.3                              | 11.8           |
| 07-111/8-21                                                                          | 429     | 0.0559                            | 0.0010         | 14.50                              | 0.62           | 429.8                              | 17.7           |
| 07-111/8-22                                                                          | 721     | 0.0565                            | 0.0005         | 14.52                              | 0.30           | 429.5                              | 8.7            |
| 07-111/8-23                                                                          | 149     | 0.0578                            | 0.0019         | 15.08                              | 0.57           | 414.0                              | 15.1           |
| 07-111/8-24                                                                          | 239     | 0.0555                            | 0.0011         | 14.62                              | 0.49           | 426.7                              | 13.8           |
| 07-111/8-25                                                                          | 194     | 0.0626                            | 0.0017         | 14.70                              | 0.61           | 424.4                              | 17.0           |
| 07-111/8-26                                                                          | 169     | 0.0512                            | 0.0029         | 15.53                              | 0.73           | 402.2                              | 18.3           |
| 07-111/8-27                                                                          | 133     | 0.0528                            | 0.0016         | 14.80                              | 0.24           | 421.4                              | 6.6            |
| 07-111/8-28                                                                          | 313     | 0.0570                            | 0.0007         | 14.44                              | 0.39           | 431.8                              | 11.2           |
| 07-111/8-29                                                                          | 189     | 0.0550                            | 0.0013         | 14.18                              | 0.59           | 439.2                              | 17.5           |
| 07-111/8-30                                                                          | 253     | 0.0527                            | 0.0017         | 14.75                              | 0.28           | 422.9                              | 7.9            |
| 07-111/8-31                                                                          | 324     | 0.0554                            | 0.0010         | 14.56                              | 0.38           | 428.3                              | 10.7           |
| 07-111/8-32                                                                          | 158     | 0.0583                            | 0.0073         | 14.41                              | 2.47           | 432.6                              | 71.7           |
| 07-111/8-33                                                                          | 490     | 0.0564                            | 0.0006         | 15.42                              | 0.48           | 405.1                              | 12.1           |
| 07-111/8-34                                                                          | 221     | 0.0582                            | 0.0015         | 14.57                              | 0.29           | 428.1                              | 8.3            |
| 07-111/8-35                                                                          | 391     | 0.0545                            | 0.0009         | 15.01                              | 0.43           | 415.9                              | 11.6           |
| 07-111/8-36                                                                          | 429     | 0.0575                            | 0.0007         | 14.42                              | 0.60           | 432.2                              | 17.5           |
| 07-111/8-08b                                                                         | 520     | 0.0581                            | 0.0008         | 13.71                              | 0.10           | 454.0                              | 3.3            |
| 07-111/8-06b                                                                         | 111     | 0.0598                            | 0.0014         | 14.37                              | 0.40           | 433.7                              | 11.7           |
| 07-111/8-09b                                                                         | 333     | 0.0568                            | 0.0008         | 13.80                              | 0.38           | 451.0                              | 11.9           |
| 07-111/8-01b                                                                         | 371     | 0.0598                            | 0.0010         | 14.12                              | 0.41           | 441.1                              | 12.4           |
| 07-111/8-02b                                                                         | 431     | 0.0577                            | 0.0022         | 13.98                              | 0.39           | 445.4                              | 12.1           |
| 07-111/8-19b                                                                         | 341     | 0.0564                            | 0.0011         | 13.76                              | 0.27           | 452.4                              | 8.6            |
| 07-111/8-18c                                                                         | 326     | 0.0609                            | 0.0025         | 14.00                              | 0.23           | 444.9                              | 7.0            |
| 07-111/8-12b                                                                         | 215     | 0.0538                            | 0.0020         | 14.62                              | 0.30           | 426.6                              | 8.4            |
| 07-111/8-13b                                                                         | 342     | 0.0559                            | 0.0020         | 14.00                              | 0.14           | 444.9                              | 4.3            |
| 07-111/8-16b                                                                         | 300     | 0.0596                            | 0.0028         | 13.66                              | 0.33           | 455.5                              | 10.7           |

**Приложение 3. Результаты U-Pb изотопных (LA-ICP-MS) анализов обломочных зерен цирконов.**

| Анализ                                              | Уран и торий |          |       | Отношения изотопов |         |            |         |             |         | Кажущиеся возрасты (млн. лет)      |            |       |            |       |             | Дискордан-<br>ность (%)<br>7/6-6/8 | Лучший<br>возраст<br>(млн. лет) | ± 2 σ  |       |
|-----------------------------------------------------|--------------|----------|-------|--------------------|---------|------------|---------|-------------|---------|------------------------------------|------------|-------|------------|-------|-------------|------------------------------------|---------------------------------|--------|-------|
|                                                     | U (ppm)      | Th (ppm) | U/Th  | 207Pb/235U         | ± 2 σ   | 206Pb/238U | ± 2 σ   | 207Pb/206Pb | ± 2 σ   | корреляцион-<br>ная<br>погрешность | 207Pb/235U | ± 2 σ | 206Pb/238U | ± 2 σ | 207Pb/206Pb |                                    |                                 |        | ± 2 σ |
| Обр. 2003/06 - олигомиктовый песчаник, р. Еонайваам |              |          |       |                    |         |            |         |             |         |                                    |            |       |            |       |             |                                    |                                 |        |       |
| 2003_06_0                                           | 72           | 20       | 3.62  | 20.38754           | 0.94650 | 0.60381    | 0.02019 | 0.24489     | 0.00951 | 0.56                               | 3109.9     | 44.9  | 3045.2     | 81.2  | 3152.0      | 61.6                               | 3.4                             | 3152.0 | 61.6  |
| 2003_06_1                                           | 352          | 157      | 2.24  | 5.64252            | 0.22069 | 0.34855    | 0.01005 | 0.11741     | 0.00365 | 0.61                               | 1922.6     | 33.7  | 1927.7     | 48.1  | 1917.2      | 55.7                               | -0.5                            | 1917.2 | 55.7  |
| 2003_06_2                                           | 88           | 25       | 3.46  | 4.55343            | 0.22161 | 0.31363    | 0.01080 | 0.10530     | 0.00486 | 0.40                               | 1740.8     | 40.5  | 1758.5     | 53.0  | 1719.5      | 84.9                               | -2.3                            | 1719.5 | 84.9  |
| 2003_06_3                                           | 265          | 63       | 4.22  | 12.10185           | 0.42614 | 0.49173    | 0.01231 | 0.17849     | 0.00554 | 0.48                               | 2612.3     | 33.0  | 2578.2     | 53.2  | 2638.9      | 51.6                               | 2.3                             | 2638.9 | 51.6  |
| 2003_06_4                                           | 96           | 18       | 5.43  | 6.63120            | 0.32109 | 0.36877    | 0.01374 | 0.13042     | 0.00554 | 0.52                               | 2063.5     | 42.7  | 2023.6     | 64.7  | 2103.6      | 74.6                               | 3.8                             | 2103.6 | 74.6  |
| 2003_06_5                                           | 339          | 107      | 3.16  | 6.63066            | 0.23094 | 0.37577    | 0.00901 | 0.12798     | 0.00401 | 0.45                               | 2063.4     | 30.7  | 2056.5     | 42.2  | 2070.4      | 55.3                               | 0.7                             | 2070.4 | 55.3  |
| 2003_06_6                                           | 439          | 87       | 5.07  | 3.35560            | 0.34680 | 0.24635    | 0.01360 | 0.09879     | 0.00961 | 0.36                               | 1494.1     | 80.9  | 1419.6     | 70.4  | 1601.4      | 181.6                              | 11.4                            | 1601.4 | 181.6 |
| 2003_06_7                                           | 109          | 33       | 3.27  | 2.19053            | 0.15351 | 0.19830    | 0.00823 | 0.08012     | 0.00561 | 0.28                               | 1178.0     | 48.9  | 1166.2     | 44.3  | 1199.8      | 138.0                              | 2.8                             | 1199.8 | 138.0 |
| 2003_06_8                                           | 121          | 41       | 2.94  | 5.87167            | 0.26592 | 0.35415    | 0.00922 | 0.12025     | 0.00509 | 0.37                               | 1957.1     | 39.3  | 1954.4     | 43.9  | 1959.9      | 75.6                               | 0.3                             | 1959.9 | 75.6  |
| 2003_06_9                                           | 70           | 15       | 4.54  | 14.07390           | 0.86762 | 0.52824    | 0.02611 | 0.19323     | 0.00914 | 0.65                               | 2754.7     | 58.5  | 2734.1     | 110.1 | 2769.9      | 77.6                               | 1.3                             | 2769.9 | 77.6  |
| 2003_06_10                                          | 94           | 33       | 2.82  | 6.00220            | 0.25399 | 0.35459    | 0.00988 | 0.12277     | 0.00478 | 0.42                               | 1976.2     | 36.8  | 1956.5     | 47.0  | 1996.8      | 69.3                               | 2.0                             | 1996.8 | 69.3  |
| 2003_06_11                                          | 361          | 65       | 5.60  | 9.59146            | 0.90402 | 0.43962    | 0.03387 | 0.15824     | 0.01455 | 0.43                               | 2396.4     | 86.7  | 2348.9     | 151.7 | 2436.9      | 155.9                              | 3.6                             | 2436.9 | 155.9 |
| 2003_06_12                                          | 120          | 47       | 2.57  | 6.19039            | 0.34099 | 0.36246    | 0.01657 | 0.12387     | 0.00488 | 0.70                               | 2003.1     | 48.2  | 1993.8     | 78.4  | 2012.7      | 69.8                               | 0.9                             | 2012.7 | 69.8  |
| 2003_06_13                                          | 74           | 26       | 2.89  | 7.18620            | 0.43423 | 0.39127    | 0.01647 | 0.13321     | 0.00684 | 0.54                               | 2134.8     | 53.9  | 2128.7     | 76.3  | 2140.7      | 89.8                               | 0.6                             | 2140.7 | 89.8  |
| 2003_06_14                                          | 287          | 125      | 2.30  | 5.13823            | 0.20821 | 0.33155    | 0.00815 | 0.11240     | 0.00416 | 0.41                               | 1842.4     | 34.4  | 1845.9     | 39.4  | 1838.6      | 67.0                               | -0.4                            | 1838.6 | 67.0  |
| 2003_06_15                                          | 700          | 389      | 1.80  | 4.62823            | 0.15411 | 0.31744    | 0.00626 | 0.10574     | 0.00329 | 0.35                               | 1754.4     | 27.8  | 1777.2     | 30.6  | 1727.2      | 57.2                               | -2.9                            | 1727.2 | 57.2  |
| 2003_06_16                                          | 1016         | 392      | 2.59  | 4.27715            | 0.13591 | 0.29601    | 0.00615 | 0.10480     | 0.00294 | 0.47                               | 1689.0     | 26.2  | 1671.5     | 30.6  | 1710.7      | 51.6                               | 2.3                             | 1710.7 | 51.6  |
| 2003_06_17                                          | 274          | 106      | 2.57  | 5.15182            | 0.20856 | 0.32320    | 0.00818 | 0.11561     | 0.00421 | 0.44                               | 1844.7     | 34.4  | 1805.3     | 39.9  | 1889.4      | 65.6                               | 4.4                             | 1889.4 | 65.6  |
| 2003_06_18                                          | 418          | 186      | 2.24  | 3.28119            | 0.13325 | 0.25903    | 0.00688 | 0.09187     | 0.00348 | 0.39                               | 1476.6     | 31.6  | 1484.9     | 35.2  | 1464.7      | 71.9                               | -1.4                            | 1464.7 | 71.9  |
| 2003_06_19                                          | 77           | 13       | 6.01  | 5.49712            | 0.32078 | 0.34399    | 0.01121 | 0.11590     | 0.00635 | 0.37                               | 1900.1     | 50.1  | 1905.8     | 53.8  | 1893.9      | 98.5                               | -0.6                            | 1893.9 | 98.5  |
| 2003_06_20                                          | 89           | 41       | 2.15  | 10.79266           | 0.52167 | 0.46583    | 0.01679 | 0.16804     | 0.00694 | 0.54                               | 2505.4     | 44.9  | 2465.2     | 73.8  | 2538.2      | 69.3                               | 2.9                             | 2538.2 | 69.3  |
| 2003_06_21                                          | 414          | 122      | 3.40  | 5.92789            | 0.21881 | 0.35331    | 0.00806 | 0.12169     | 0.00413 | 0.40                               | 1965.3     | 32.1  | 1950.4     | 38.4  | 1981.1      | 60.4                               | 1.6                             | 1981.1 | 60.4  |
| 2003_06_22                                          | 173          | 82       | 2.09  | 4.36797            | 0.20216 | 0.30527    | 0.01053 | 0.10378     | 0.00532 | 0.17                               | 1706.3     | 38.2  | 1717.4     | 52.0  | 1692.7      | 94.5                               | -1.5                            | 1692.7 | 94.5  |
| 2003_06_23                                          | 509          | 181      | 2.81  | 4.31736            | 0.16459 | 0.29609    | 0.00753 | 0.10575     | 0.00338 | 0.54                               | 1696.7     | 31.4  | 1671.9     | 37.4  | 1727.5      | 58.8                               | 3.2                             | 1727.5 | 58.8  |
| 2003_06_24                                          | 289          | 221      | 1.31  | 6.47460            | 0.24897 | 0.36698    | 0.00820 | 0.12796     | 0.00454 | 0.39                               | 2042.5     | 33.8  | 2015.2     | 38.7  | 2070.1      | 62.5                               | 2.7                             | 2070.1 | 62.5  |
| 2003_06_25                                          | 125          | 45       | 2.79  | 11.10638           | 0.45767 | 0.48513    | 0.01385 | 0.16604     | 0.00579 | 0.53                               | 2532.1     | 38.4  | 2549.6     | 60.1  | 2518.1      | 58.6                               | -1.3                            | 2518.1 | 58.6  |
| 2003_06_26                                          | 460          | 49       | 9.46  | 4.49521            | 0.16822 | 0.30784    | 0.00774 | 0.10591     | 0.00365 | 0.41                               | 1730.1     | 31.1  | 1730.1     | 38.1  | 1730.1      | 63.2                               | 0.0                             | 1730.1 | 63.2  |
| 2003_06_28                                          | 354          | 180      | 1.96  | 12.53132           | 0.70933 | 0.49624    | 0.02625 | 0.18315     | 0.00776 | 0.69                               | 2645.1     | 53.2  | 2597.6     | 113.1 | 2681.6      | 70.1                               | 3.1                             | 2681.6 | 70.1  |
| 2003_06_29                                          | 257          | 117      | 2.20  | 4.33271            | 0.16538 | 0.29655    | 0.00735 | 0.10596     | 0.00367 | 0.43                               | 1699.6     | 31.5  | 1674.2     | 36.5  | 1731.1      | 63.6                               | 3.3                             | 1731.1 | 63.6  |
| 2003_06_30                                          | 354          | 21       | 16.59 | 11.55571           | 0.88730 | 0.45652    | 0.03435 | 0.18358     | 0.01057 | 0.71                               | 2569.1     | 71.8  | 2424.2     | 152.0 | 2685.5      | 95.2                               | 9.7                             | 2685.5 | 95.2  |
| 2003_06_31                                          | 589          | 516      | 1.14  | 4.40354            | 0.16108 | 0.30863    | 0.00736 | 0.10348     | 0.00348 | 0.40                               | 1713.0     | 30.3  | 1734.0     | 36.3  | 1687.5      | 62.1                               | -2.8                            | 1687.5 | 62.1  |
| 2003_06_32                                          | 153          | 52       | 2.94  | 4.40604            | 0.19594 | 0.29782    | 0.00943 | 0.10730     | 0.00418 | 0.50                               | 1713.5     | 36.8  | 1680.5     | 46.9  | 1754.0      | 71.2                               | 4.2                             | 1754.0 | 71.2  |
| 2003_06_33                                          | 269          | 115      | 2.35  | 6.68664            | 0.26482 | 0.37642    | 0.01154 | 0.12883     | 0.00436 | 0.53                               | 2070.9     | 35.0  | 2059.6     | 54.1  | 2082.1      | 59.6                               | 1.1                             | 2082.1 | 59.6  |
| 2003_06_34                                          | 200          | 40       | 5.05  | 4.35789            | 0.20324 | 0.29774    | 0.01096 | 0.10615     | 0.00406 | 0.59                               | 1704.4     | 38.5  | 1680.1     | 54.4  | 1734.4      | 70.1                               | 3.1                             | 1734.4 | 70.1  |
| 2003_06_35                                          | 68           | 27       | 2.51  | 6.67037            | 0.36765 | 0.37664    | 0.01412 | 0.12845     | 0.00723 | 0.27                               | 2068.7     | 48.7  | 2060.6     | 66.1  | 2076.8      | 99.2                               | 0.8                             | 2076.8 | 99.2  |
| 2003_06_36                                          | 306          | 101      | 3.04  | 5.10336            | 0.19165 | 0.33113    | 0.00849 | 0.11178     | 0.00360 | 0.51                               | 1836.7     | 31.9  | 1843.9     | 41.1  | 1828.5      | 58.5                               | -0.8                            | 1828.5 | 58.5  |
| 2003_06_37                                          | 149          | 110      | 1.36  | 12.83230           | 0.49962 | 0.50452    | 0.01385 | 0.18447     | 0.00630 | 0.49                               | 2667.4     | 36.7  | 2633.2     | 59.3  | 2693.5      | 56.4                               | 2.2                             | 2693.5 | 56.4  |
| 2003_06_38                                          | 420          | 285      | 1.47  | 10.42301           | 0.39185 | 0.47766    | 0.01322 | 0.15826     | 0.00503 | 0.54                               | 2473.1     | 34.8  | 2517.1     | 57.7  | 2437.2      | 53.8                               | -3.3                            | 2437.2 | 53.8  |
| 2003_06_39                                          | 242          | 141      | 1.72  | 6.13824            | 0.24109 | 0.35776    | 0.01067 | 0.12444     | 0.00430 | 0.49                               | 1995.7     | 34.3  | 1971.5     | 50.6  | 2020.8      | 61.3                               | 2.4                             | 2020.8 | 61.3  |
| 2003_06_40                                          | 541          | 217      | 2.49  | 6.05055            | 0.20815 | 0.35014    | 0.00827 | 0.12533     | 0.00386 | 0.45                               | 1983.2     | 30.0  | 1935.3     | 39.5  | 2033.4      | 54.5                               | 4.8                             | 2033.4 | 54.5  |
| 2003_06_41                                          | 139          | 53       | 2.61  | 6.13692            | 0.31757 | 0.36002    | 0.01434 | 0.12363     | 0.00556 | 0.52                               | 1995.5     | 45.2  | 1982.3     | 68.0  | 2009.2      | 79.9                               | 1.3                             | 2009.2 | 79.9  |
| 2003_06_42                                          | 208          | 53       | 3.90  | 6.60716            | 0.27378 | 0.37790    | 0.01010 | 0.12681     | 0.00500 | 0.35                               | 2060.3     | 36.5  | 2066.5     | 47.2  | 2054.2      | 69.6                               | -0.6                            | 2054.2 | 69.6  |
| 2003_06_43                                          | 941          | 310      | 3.04  | 6.13877            | 0.26951 | 0.35506    | 0.00875 | 0.12539     | 0.00508 | 0.39                               | 1995.8     | 38.3  | 1958.7     | 41.6  | 2034.4      | 71.7                               | 3.7                             | 2034.4 | 71.7  |
| 2003_06_44                                          | 79           | 23       | 3.35  | 4.41995            | 0.18759 | 0.30369    | 0.01091 | 0.10556     | 0.00368 | 0.59                               | 1716.1     | 35.1  | 1709.6     | 54.0  | 1724.0      | 64.0                               | 0.8                             | 1724.0 | 64.0  |
| 2003_06_45                                          | 62           | 15       | 4.18  | 4.26005            | 0.24581 | 0.29560    | 0.01111 | 0.10452     | 0.00588 | 0.33                               | 1685.7     | 47.5  | 1669.5     | 55.3  | 1705.9      | 103.6                              | 2.1                             | 1705.9 | 103.6 |

| Анализ                                  | Уран и торий |          |       | Отношения изотопов |         |            |         |             |         |                                    | Кажущиеся возрасты (млн. лет) |       |            |       |             |       | Дискордан-<br>ность (%)<br>7/6-6/8 | Лучший<br>возраст<br>(млн. лет) | ± 2 σ |
|-----------------------------------------|--------------|----------|-------|--------------------|---------|------------|---------|-------------|---------|------------------------------------|-------------------------------|-------|------------|-------|-------------|-------|------------------------------------|---------------------------------|-------|
|                                         | U (ppm)      | Th (ppm) | U/Th  | 207Pb/235U         | ± 2 σ   | 206Pb/238U | ± 2 σ   | 207Pb/206Pb | ± 2 σ   | корреляцион-<br>ная<br>погрешность | 207Pb/235U                    | ± 2 σ | 206Pb/238U | ± 2 σ | 207Pb/206Pb | ± 2 σ |                                    |                                 |       |
| 2003_06_46                              | 1329         | 591      | 2.25  | 3.41814            | 0.15946 | 0.25793    | 0.01066 | 0.09611     | 0.00387 | 0.56                               | 1508.6                        | 36.7  | 1479.2     | 54.6  | 1550.0      | 75.7  | 4.6                                | 1550.0                          | 75.7  |
| 2003_06_47                              | 179          | 82       | 2.19  | 13.50986           | 0.55242 | 0.52010    | 0.01511 | 0.18839     | 0.00639 | 0.56                               | 2716.0                        | 38.7  | 2699.6     | 64.1  | 2728.2      | 55.8  | 1.0                                | 2728.2                          | 55.8  |
| 2003_06_48                              | 231          | 25       | 9.29  | 5.91714            | 0.22779 | 0.35193    | 0.00980 | 0.12194     | 0.00406 | 0.51                               | 1963.8                        | 33.4  | 1943.8     | 46.7  | 1984.9      | 59.2  | 2.1                                | 1984.9                          | 59.2  |
| 2003_06_49                              | 203          | 74       | 2.76  | 9.67930            | 0.39232 | 0.44559    | 0.01275 | 0.15755     | 0.00567 | 0.47                               | 2404.7                        | 37.3  | 2375.6     | 56.8  | 2429.5      | 61.0  | 2.2                                | 2429.5                          | 61.0  |
| 2003_06_50                              | 760          | 179      | 4.26  | 6.40409            | 0.21049 | 0.36694    | 0.00844 | 0.12658     | 0.00381 | 0.41                               | 2032.8                        | 28.9  | 2015.0     | 39.8  | 2051.0      | 53.1  | 1.8                                | 2051.0                          | 53.1  |
| 2003_06_52                              | 255          | 102      | 2.49  | 4.68295            | 0.21423 | 0.32108    | 0.00905 | 0.10578     | 0.00420 | 0.50                               | 1764.2                        | 38.3  | 1795.0     | 44.2  | 1727.9      | 72.9  | -3.9                               | 1727.9                          | 72.9  |
| 2003_06_53                              | 374          | 157      | 2.38  | 2.41409            | 0.12335 | 0.20672    | 0.00535 | 0.08470     | 0.00407 | 0.34                               | 1246.8                        | 36.7  | 1211.3     | 28.6  | 1308.7      | 93.2  | 7.4                                | 1308.7                          | 93.2  |
| 2003_06_54                              | 455          | 42       | 10.96 | 5.61040            | 0.20732 | 0.34137    | 0.00903 | 0.11920     | 0.00365 | 0.56                               | 1917.7                        | 31.8  | 1893.2     | 43.4  | 1944.2      | 54.7  | 2.6                                | 1944.2                          | 54.7  |
| 2003_06_55                              | 166          | 42       | 3.97  | 13.43057           | 0.72808 | 0.50204    | 0.02366 | 0.19402     | 0.00701 | 0.75                               | 2710.4                        | 51.2  | 2622.6     | 101.5 | 2776.6      | 59.2  | 5.5                                | 2776.6                          | 59.2  |
| 2003_06_56                              | 302          | 109      | 2.77  | 5.40732            | 0.22466 | 0.33430    | 0.00995 | 0.11731     | 0.00417 | 0.52                               | 1886.0                        | 35.6  | 1859.2     | 48.1  | 1915.7      | 63.8  | 2.9                                | 1915.7                          | 63.8  |
| 2003_06_57                              | 95           | 62       | 1.54  | 12.65167           | 0.62013 | 0.50366    | 0.01925 | 0.18219     | 0.00729 | 0.59                               | 2654.1                        | 46.1  | 2629.5     | 82.5  | 2672.9      | 66.2  | 1.6                                | 2672.9                          | 66.2  |
| 2003_06_58                              | 641          | 118      | 5.41  | 10.17686           | 0.39593 | 0.46147    | 0.01311 | 0.15994     | 0.00508 | 0.58                               | 2451.0                        | 36.0  | 2446.1     | 57.8  | 2455.1      | 53.7  | 0.4                                | 2455.1                          | 53.7  |
| 2003_06_59                              | 452          | 249      | 1.82  | 6.40210            | 0.21736 | 0.37173    | 0.00838 | 0.12491     | 0.00389 | 0.40                               | 2032.6                        | 29.8  | 2037.5     | 39.4  | 2027.5      | 55.1  | -0.5                               | 2027.5                          | 55.1  |
| 2003_06_60                              | 65           | 17       | 3.89  | 6.93841            | 0.38214 | 0.38182    | 0.01469 | 0.13180     | 0.00619 | 0.53                               | 2103.6                        | 48.9  | 2084.8     | 68.5  | 2122.0      | 82.3  | 1.8                                | 2122.0                          | 82.3  |
| 2003_06_61                              | 421          | 193      | 2.18  | 6.11897            | 0.26984 | 0.35891    | 0.01152 | 0.12365     | 0.00472 | 0.51                               | 1993.0                        | 38.5  | 1977.0     | 54.7  | 2009.6      | 67.7  | 1.6                                | 2009.6                          | 67.7  |
| 2003_06_62                              | 812          | 93       | 8.77  | 6.21752            | 0.23955 | 0.35690    | 0.00968 | 0.12635     | 0.00403 | 0.57                               | 2006.9                        | 33.7  | 1967.5     | 46.0  | 2047.8      | 56.4  | 3.9                                | 2047.8                          | 56.4  |
| 2003_06_63                              | 497          | 21       | 24.17 | 9.03292            | 0.45439 | 0.41855    | 0.01572 | 0.15652     | 0.00693 | 0.49                               | 2341.3                        | 46.0  | 2253.9     | 71.4  | 2418.5      | 75.2  | 6.8                                | 2418.5                          | 75.2  |
| 2003_06_64                              | 104          | 31       | 3.35  | 3.90949            | 0.30894 | 0.28254    | 0.01339 | 0.10036     | 0.00712 | 0.45                               | 1615.6                        | 63.9  | 1604.1     | 67.3  | 1630.7      | 131.9 | 1.6                                | 1630.7                          | 131.9 |
| 2003_06_65                              | 100          | 38       | 2.61  | 4.48165            | 0.28567 | 0.30433    | 0.01070 | 0.10681     | 0.00620 | 0.42                               | 1727.6                        | 52.9  | 1712.7     | 52.9  | 1745.6      | 106.3 | 1.9                                | 1745.6                          | 106.3 |
| 2003_06_66                              | 1252         | 366      | 3.42  | 4.15424            | 0.15418 | 0.28959    | 0.00701 | 0.10404     | 0.00329 | 0.57                               | 1665.0                        | 30.4  | 1639.5     | 35.0  | 1697.4      | 58.3  | 3.4                                | 1697.4                          | 58.3  |
| 2003_06_67                              | 208          | 94       | 2.22  | 6.57388            | 0.30711 | 0.36992    | 0.01151 | 0.12889     | 0.00511 | 0.53                               | 2055.9                        | 41.2  | 2029.0     | 54.2  | 2082.9      | 69.8  | 2.6                                | 2082.9                          | 69.8  |
| 2003_06_68                              | 345          | 67       | 5.16  | 3.81337            | 0.16315 | 0.27474    | 0.00870 | 0.10067     | 0.00387 | 0.45                               | 1595.6                        | 34.4  | 1564.8     | 44.0  | 1636.4      | 71.4  | 4.4                                | 1636.4                          | 71.4  |
| 2003_06_69                              | 108          | 28       | 3.84  | 5.60394            | 0.31517 | 0.34530    | 0.01441 | 0.11771     | 0.00548 | 0.57                               | 1916.7                        | 48.5  | 1912.1     | 69.0  | 1921.7      | 83.4  | 0.5                                | 1921.7                          | 83.4  |
| 2003_06_70                              | 71           | 25       | 2.81  | 4.53545            | 0.25970 | 0.31416    | 0.01173 | 0.10470     | 0.00546 | 0.43                               | 1737.5                        | 47.6  | 1761.2     | 57.5  | 1709.1      | 96.0  | -3.0                               | 1709.1                          | 96.0  |
| 2003_06_71                              | 93           | 42       | 2.22  | 3.48942            | 0.21599 | 0.27565    | 0.00959 | 0.09181     | 0.00519 | 0.41                               | 1524.8                        | 48.9  | 1569.4     | 48.4  | 1463.4      | 107.4 | -7.2                               | 1463.4                          | 107.4 |
| 2003_06_72                              | 111          | 36       | 3.06  | 16.66120           | 0.77878 | 0.56326    | 0.01947 | 0.21453     | 0.00769 | 0.64                               | 2915.5                        | 44.8  | 2880.1     | 80.3  | 2940.1      | 58.0  | 2.0                                | 2940.1                          | 58.0  |
| 2003_06_74                              | 69           | 19       | 3.57  | 4.72753            | 0.25004 | 0.31045    | 0.01190 | 0.11044     | 0.00535 | 0.44                               | 1772.1                        | 44.3  | 1742.9     | 58.6  | 1806.7      | 88.1  | 3.5                                | 1806.7                          | 88.1  |
| 2003_06_75                              | 442          | 59       | 7.49  | 13.98009           | 0.54671 | 0.53320    | 0.01460 | 0.19016     | 0.00603 | 0.61                               | 2748.4                        | 37.1  | 2754.9     | 61.4  | 2743.5      | 52.1  | -0.4                               | 2743.5                          | 52.1  |
| 2003_06_76                              | 172          | 233      | 0.74  | 5.42397            | 0.26202 | 0.33997    | 0.01048 | 0.11571     | 0.00475 | 0.53                               | 1888.6                        | 41.4  | 1886.5     | 50.4  | 1891.0      | 73.9  | 0.2                                | 1891.0                          | 73.9  |
| 2003_06_77                              | 225          | 53       | 4.22  | 13.55517           | 0.57460 | 0.52950    | 0.01653 | 0.18567     | 0.00611 | 0.64                               | 2719.1                        | 40.1  | 2739.3     | 69.7  | 2704.2      | 54.3  | -1.3                               | 2704.2                          | 54.3  |
| 2003_06_78                              | 344          | 90       | 3.81  | 4.65152            | 0.19615 | 0.31288    | 0.00915 | 0.10782     | 0.00382 | 0.55                               | 1758.6                        | 35.2  | 1754.9     | 44.9  | 1763.0      | 64.7  | 0.5                                | 1763.0                          | 64.7  |
| 2003_06_79                              | 201          | 125      | 1.61  | 4.08790            | 0.17303 | 0.28494    | 0.00813 | 0.10405     | 0.00391 | 0.46                               | 1651.9                        | 34.5  | 1616.2     | 40.8  | 1697.6      | 69.2  | 4.8                                | 1697.6                          | 69.2  |
| 2003_06_80                              | 161          | 97       | 1.66  | 6.09954            | 0.28903 | 0.35736    | 0.01171 | 0.12379     | 0.00511 | 0.49                               | 1990.2                        | 41.3  | 1969.7     | 55.6  | 2011.6      | 73.2  | 2.1                                | 2011.6                          | 73.2  |
| 2003_06_81                              | 155          | 60       | 2.60  | 4.45839            | 0.22858 | 0.30014    | 0.01034 | 0.10774     | 0.00502 | 0.43                               | 1723.3                        | 42.5  | 1692.0     | 51.3  | 1761.5      | 85.2  | 3.9                                | 1761.5                          | 85.2  |
| 2003_06_82                              | 212          | 49       | 4.29  | 13.38367           | 0.57596 | 0.51216    | 0.01669 | 0.18953     | 0.00639 | 0.62                               | 2707.1                        | 40.7  | 2665.8     | 71.2  | 2738.0      | 55.5  | 2.6                                | 2738.0                          | 55.5  |
| 2003_06_83                              | 328          | 88       | 3.73  | 4.42333            | 0.20260 | 0.30245    | 0.00893 | 0.10607     | 0.00429 | 0.47                               | 1716.7                        | 37.9  | 1703.4     | 44.2  | 1732.9      | 74.2  | 1.7                                | 1732.9                          | 74.2  |
| 2003_06_84                              | 145          | 164      | 0.88  | 6.59802            | 0.33375 | 0.37047    | 0.01387 | 0.12917     | 0.00533 | 0.58                               | 2059.1                        | 44.6  | 2031.6     | 65.2  | 2086.7      | 72.6  | 2.6                                | 2086.7                          | 72.6  |
| 2003_06_85                              | 75           | 22       | 3.50  | 5.92743            | 0.32808 | 0.35246    | 0.01440 | 0.12197     | 0.00552 | 0.58                               | 1965.3                        | 48.1  | 1946.4     | 68.6  | 1985.2      | 80.6  | 2.0                                | 1985.2                          | 80.6  |
| 2003_06_86                              | 107          | 68       | 1.57  | 13.64420           | 0.68454 | 0.52981    | 0.02154 | 0.18678     | 0.00701 | 0.66                               | 2725.3                        | 47.5  | 2740.6     | 90.8  | 2714.0      | 61.9  | -1.0                               | 2714.0                          | 61.9  |
| 2003_06_87                              | 81           | 36       | 2.24  | 11.55534           | 0.62906 | 0.49000    | 0.02191 | 0.17104     | 0.00640 | 0.73                               | 2569.1                        | 50.9  | 2570.7     | 94.8  | 2567.8      | 62.6  | -0.1                               | 2567.8                          | 62.6  |
| 2003_06_88                              | 232          | 88       | 2.64  | 5.28620            | 0.27134 | 0.33585    | 0.01259 | 0.11416     | 0.00498 | 0.53                               | 1866.6                        | 43.8  | 1866.7     | 60.8  | 1866.6      | 78.8  | 0.0                                | 1866.6                          | 78.8  |
| 2003_06_90                              | 414          | 35       | 11.77 | 11.59174           | 0.49418 | 0.48013    | 0.01538 | 0.17510     | 0.00567 | 0.66                               | 2572.0                        | 39.9  | 2527.8     | 67.0  | 2607.0      | 54.0  | 3.0                                | 2607.0                          | 54.0  |
| 2003_06_91                              | 43           | 10       | 4.37  | 12.57232           | 0.67663 | 0.50889    | 0.01929 | 0.17918     | 0.00783 | 0.58                               | 2648.2                        | 50.6  | 2651.9     | 82.4  | 2645.3      | 72.5  | -0.3                               | 2645.3                          | 72.5  |
| 2003_06_93                              | 28           | 8        | 3.47  | 3.77363            | 0.47212 | 0.25889    | 0.01868 | 0.10572     | 0.01209 | 0.42                               | 1587.2                        | 100.5 | 1484.2     | 95.7  | 1726.8      | 210.2 | 14.1                               | 1726.8                          | 210.2 |
| Обр. GPS-VAL - туфопесчаник, р. Головка |              |          |       |                    |         |            |         |             |         |                                    |                               |       |            |       |             |       |                                    |                                 |       |
| GPS_VAL_0                               | 353          | 83       | 4.27  | 0.50853            | 0.03072 | 0.06622    | 0.00203 | 0.05569     | 0.00333 | 0.25                               | 417.5                         | 20.7  | 413.4      | 12.3  | 440.2       | 133.1 | 6.1                                | 413.4                           | 12.3  |
| GPS_VAL_1                               | 192          | 88       | 2.19  | 0.12037            | 0.02432 | 0.01730    | 0.00091 | 0.05046     | 0.01039 | 0.05                               | 115.4                         | 22.0  | 110.6      | 5.8   | 216.2       | 438.6 | 48.9                               | 110.6                           | 5.8   |



| Анализ     | Уран и торий |          |      | Отношения изотопов |         |            |         |             |         |                            | Кажущиеся возрасты (млн. лет) |       |            |       |             |       | Дискордантность (%)<br>7/6-6/8 | Лучший возраст<br>(млн. лет) | ± 2 σ |
|------------|--------------|----------|------|--------------------|---------|------------|---------|-------------|---------|----------------------------|-------------------------------|-------|------------|-------|-------------|-------|--------------------------------|------------------------------|-------|
|            | U (ppm)      | Th (ppm) | U/Th | 207Pb/235U         | ± 2 σ   | 206Pb/238U | ± 2 σ   | 207Pb/206Pb | ± 2 σ   | корреляционная погрешность | 207Pb/235U                    | ± 2 σ | 206Pb/238U | ± 2 σ | 207Pb/206Pb | ± 2 σ |                                |                              |       |
| GPS_VAL_2  | 73           | 18       | 4.11 | 0.19039            | 0.03557 | 0.02718    | 0.00133 | 0.05081     | 0.00962 | 0.07                       | 177.0                         | 30.3  | 172.9      | 8.3   | 232.2       | 437.2 | 25.6                           | 172.9                        | 8.3   |
| GPS_VAL_3  | 362          | 164      | 2.20 | 0.13031            | 0.02146 | 0.01754    | 0.00187 | 0.05387     | 0.00891 | 0.31                       | 124.4                         | 19.3  | 112.1      | 11.8  | 365.6       | 374.3 | 69.3                           | 112.1                        | 11.8  |
| GPS_VAL_4  | 113          | 31       | 3.61 | 0.21176            | 0.04087 | 0.02669    | 0.00156 | 0.05755     | 0.01136 | 0.07                       | 195.0                         | 34.2  | 169.8      | 9.8   | 512.8       | 436.2 | 66.9                           | 169.8                        | 9.8   |
| GPS_VAL_5  | 78           | 20       | 3.98 | 0.15732            | 0.04221 | 0.02201    | 0.00173 | 0.05183     | 0.01431 | 0.04                       | 148.4                         | 37.0  | 140.4      | 10.9  | 277.9       | 566.5 | 49.5                           | 140.4                        | 10.9  |
| GPS_VAL_6  | 457          | 57       | 8.07 | 0.17501            | 0.01713 | 0.02577    | 0.00123 | 0.04925     | 0.00485 | 0.22                       | 163.8                         | 14.8  | 164.0      | 7.7   | 159.7       | 230.6 | -2.7                           | 164.0                        | 7.7   |
| GPS_VAL_8  | 179          | 121      | 1.48 | 0.16021            | 0.03051 | 0.02132    | 0.00108 | 0.05451     | 0.01046 | 0.10                       | 150.9                         | 26.7  | 136.0      | 6.8   | 392.0       | 433.0 | 65.3                           | 136.0                        | 6.8   |
| GPS_VAL_9  | 87           | 31       | 2.82 | 0.13630            | 0.03570 | 0.01845    | 0.00143 | 0.05357     | 0.01413 | 0.12                       | 129.7                         | 31.9  | 117.9      | 9.0   | 353.1       | 602.6 | 66.6                           | 117.9                        | 9.0   |
| GPS_VAL_10 | 82           | 24       | 3.37 | 0.12319            | 0.04117 | 0.01695    | 0.00115 | 0.05271     | 0.01781 | 0.04                       | 118.0                         | 37.2  | 108.4      | 7.3   | 316.3       | 660.7 | 65.7                           | 108.4                        | 7.3   |
| GPS_VAL_11 | 206          | 71       | 2.89 | 0.13177            | 0.02438 | 0.01862    | 0.00075 | 0.05133     | 0.00961 | 0.05                       | 125.7                         | 21.9  | 118.9      | 4.8   | 255.6       | 432.7 | 53.5                           | 118.9                        | 4.8   |
| GPS_VAL_12 | 188          | 70       | 2.69 | 0.13154            | 0.02180 | 0.01846    | 0.00094 | 0.05170     | 0.00867 | 0.10                       | 125.5                         | 19.6  | 117.9      | 6.0   | 272.0       | 386.3 | 56.7                           | 117.9                        | 6.0   |
| GPS_VAL_13 | 220          | 70       | 3.14 | 0.14271            | 0.02032 | 0.01986    | 0.00121 | 0.05212     | 0.00752 | 0.17                       | 135.5                         | 18.1  | 126.8      | 7.6   | 290.6       | 330.8 | 56.4                           | 126.8                        | 7.6   |
| GPS_VAL_15 | 158          | 39       | 4.10 | 0.18121            | 0.02545 | 0.02604    | 0.00132 | 0.05047     | 0.00721 | 0.12                       | 169.1                         | 21.9  | 165.7      | 8.3   | 216.5       | 332.0 | 23.5                           | 165.7                        | 8.3   |
| GPS_VAL_16 | 224          | 83       | 2.69 | 0.12000            | 0.02043 | 0.01726    | 0.00085 | 0.05043     | 0.00885 | 0.02                       | 115.1                         | 18.5  | 110.3      | 5.4   | 214.7       | 406.2 | 48.6                           | 110.3                        | 5.4   |
| GPS_VAL_17 | 248          | 140      | 1.77 | 0.12861            | 0.01849 | 0.01823    | 0.00075 | 0.05116     | 0.00745 | 0.08                       | 122.8                         | 16.6  | 116.5      | 4.8   | 247.8       | 336.6 | 53.0                           | 116.5                        | 4.8   |
| GPS_VAL_18 | 1014         | 913      | 1.11 | 0.12661            | 0.01228 | 0.01726    | 0.00051 | 0.05318     | 0.00520 | 0.10                       | 121.0                         | 11.1  | 110.3      | 3.2   | 336.7       | 222.0 | 67.2                           | 110.3                        | 3.2   |
| GPS_VAL_19 | 127          | 25       | 5.10 | 0.38280            | 0.05484 | 0.05425    | 0.00290 | 0.05118     | 0.00759 | 0.08                       | 329.1                         | 40.3  | 340.6      | 17.7  | 248.8       | 342.3 | -36.9                          | 340.6                        | 17.7  |
| GPS_VAL_20 | 222          | 86       | 2.57 | 0.13169            | 0.02038 | 0.01773    | 0.00089 | 0.05387     | 0.00859 | 0.06                       | 125.6                         | 18.3  | 113.3      | 5.7   | 365.4       | 360.9 | 69.0                           | 113.3                        | 5.7   |
| GPS_VAL_21 | 397          | 172      | 2.31 | 0.13505            | 0.02564 | 0.01716    | 0.00084 | 0.05709     | 0.01111 | 0.02                       | 128.6                         | 22.9  | 109.7      | 5.3   | 495.0       | 431.6 | 77.8                           | 109.7                        | 5.3   |
| GPS_VAL_22 | 325          | 78       | 4.14 | 0.41527            | 0.03403 | 0.05472    | 0.00162 | 0.05504     | 0.00449 | 0.17                       | 352.7                         | 24.4  | 343.4      | 9.9   | 413.8       | 182.5 | 17.0                           | 343.4                        | 9.9   |
| GPS_VAL_23 | 70           | 23       | 3.09 | 0.13837            | 0.03688 | 0.01858    | 0.00156 | 0.05402     | 0.01478 | 0.07                       | 131.6                         | 32.9  | 118.7      | 9.9   | 372.0       | 623.4 | 68.1                           | 118.7                        | 9.9   |
| GPS_VAL_24 | 81           | 39       | 2.05 | 0.12670            | 0.04152 | 0.01773    | 0.00164 | 0.05184     | 0.01750 | 0.03                       | 121.1                         | 37.4  | 113.3      | 10.4  | 278.3       | 624.7 | 59.3                           | 113.3                        | 10.4  |
| GPS_VAL_25 | 159          | 49       | 3.26 | 0.19171            | 0.02497 | 0.02661    | 0.00145 | 0.05226     | 0.00718 | 0.06                       | 178.1                         | 21.3  | 169.3      | 9.1   | 296.8       | 314.5 | 43.0                           | 169.3                        | 9.1   |
| GPS_VAL_26 | 277          | 125      | 2.22 | 0.13857            | 0.03191 | 0.01904    | 0.00095 | 0.05280     | 0.01217 | 0.10                       | 131.8                         | 28.5  | 121.6      | 6.0   | 320.0       | 528.2 | 62.0                           | 121.6                        | 6.0   |
| GPS_VAL_27 | 83           | 23       | 3.65 | 0.14326            | 0.03752 | 0.01928    | 0.00150 | 0.05388     | 0.01433 | 0.09                       | 135.9                         | 33.3  | 123.1      | 9.5   | 366.1       | 605.9 | 66.4                           | 123.1                        | 9.5   |
| GPS_VAL_28 | 258          | 102      | 2.52 | 0.11220            | 0.01830 | 0.01720    | 0.00072 | 0.04731     | 0.00784 | 0.05                       | 108.0                         | 16.7  | 109.9      | 4.6   | 64.7        | 251.1 | -70.0                          | 109.9                        | 4.6   |
| GPS_VAL_30 | 214          | 123      | 1.74 | 0.12882            | 0.02491 | 0.01796    | 0.00099 | 0.05203     | 0.01020 | 0.09                       | 123.0                         | 22.4  | 114.7      | 6.2   | 286.6       | 450.8 | 60.0                           | 114.7                        | 6.2   |
| GPS_VAL_31 | 142          | 53       | 2.70 | 0.15078            | 0.03864 | 0.01811    | 0.00146 | 0.06039     | 0.01591 | 0.06                       | 142.6                         | 34.1  | 115.7      | 9.2   | 617.7       | 574.7 | 81.3                           | 115.7                        | 9.2   |
| GPS_VAL_32 | 222          | 57       | 3.90 | 0.41086            | 0.03202 | 0.05505    | 0.00232 | 0.05413     | 0.00402 | 0.34                       | 349.5                         | 23.0  | 345.4      | 14.2  | 376.6       | 167.2 | 8.3                            | 345.4                        | 14.2  |
| GPS_VAL_34 | 633          | 471      | 1.34 | 0.12531            | 0.01197 | 0.01749    | 0.00065 | 0.05195     | 0.00491 | 0.20                       | 119.9                         | 10.8  | 111.8      | 4.1   | 283.4       | 216.5 | 60.5                           | 111.8                        | 4.1   |
| GPS_VAL_35 | 72           | 28       | 2.55 | 0.13042            | 0.04504 | 0.01773    | 0.00162 | 0.05336     | 0.01876 | 0.06                       | 124.5                         | 40.5  | 113.3      | 10.2  | 344.1       | 699.4 | 67.1                           | 113.3                        | 10.2  |
| GPS_VAL_36 | 83           | 30       | 2.80 | 0.14648            | 0.04020 | 0.01960    | 0.00119 | 0.05421     | 0.01507 | 0.05                       | 138.8                         | 35.6  | 125.1      | 7.6   | 379.7       | 632.5 | 67.1                           | 125.1                        | 7.6   |
| GPS_VAL_37 | 70           | 35       | 1.98 | 0.13590            | 0.04630 | 0.01838    | 0.00162 | 0.05362     | 0.01875 | 0.02                       | 129.4                         | 41.4  | 117.4      | 10.2  | 355.1       | 708.1 | 66.9                           | 117.4                        | 10.2  |
| GPS_VAL_38 | 249          | 83       | 3.00 | 0.39742            | 0.03364 | 0.05454    | 0.00208 | 0.05285     | 0.00451 | 0.19                       | 339.8                         | 24.4  | 342.3      | 12.7  | 322.3       | 193.9 | -6.2                           | 342.3                        | 12.7  |
| GPS_VAL_39 | 95           | 23       | 4.06 | 0.19924            | 0.04767 | 0.02850    | 0.00167 | 0.05070     | 0.01228 | 0.07                       | 184.5                         | 40.4  | 181.2      | 10.5  | 227.0       | 485.1 | 20.2                           | 181.2                        | 10.5  |
| GPS_VAL_40 | 197          | 32       | 6.18 | 0.40058            | 0.05152 | 0.05484    | 0.00244 | 0.05298     | 0.00689 | 0.13                       | 342.1                         | 37.4  | 344.2      | 14.9  | 327.8       | 296.1 | -5.0                           | 344.2                        | 14.9  |
| GPS_VAL_41 | 116          | 28       | 4.11 | 0.20053            | 0.03524 | 0.02808    | 0.00139 | 0.05179     | 0.00931 | 0.05                       | 185.6                         | 29.8  | 178.5      | 8.7   | 276.3       | 413.9 | 35.4                           | 178.5                        | 8.7   |
| GPS_VAL_42 | 246          | 85       | 2.90 | 0.12358            | 0.04223 | 0.01917    | 0.00074 | 0.04674     | 0.01601 | 0.03                       | 118.3                         | 38.2  | 122.4      | 4.7   | 36.2        | 402.0 | -238.4                         | 122.4                        | 4.7   |
| GPS_VAL_43 | 217          | 69       | 3.16 | 0.38804            | 0.03287 | 0.05336    | 0.00172 | 0.05274     | 0.00448 | 0.16                       | 332.9                         | 24.0  | 335.1      | 10.5  | 317.8       | 193.5 | -5.4                           | 335.1                        | 10.5  |
| GPS_VAL_44 | 188          | 65       | 2.87 | 0.18629            | 0.02743 | 0.02537    | 0.00148 | 0.05326     | 0.00783 | 0.20                       | 173.5                         | 23.5  | 161.5      | 9.3   | 340.1       | 334.0 | 52.5                           | 161.5                        | 9.3   |
| GPS_VAL_45 | 37           | 11       | 3.28 | 0.13486            | 0.06808 | 0.01891    | 0.00254 | 0.05174     | 0.02654 | 0.07                       | 128.5                         | 60.9  | 120.7      | 16.1  | 273.8       | 774.5 | 55.9                           | 120.7                        | 16.1  |
| GPS_VAL_47 | 184          | 83       | 2.22 | 0.11252            | 0.02137 | 0.01734    | 0.00096 | 0.04707     | 0.00912 | 0.06                       | 108.3                         | 19.5  | 110.8      | 6.1   | 52.9        | 269.3 | -109.3                         | 110.8                        | 6.1   |
| GPS_VAL_48 | 261          | 85       | 3.06 | 0.40287            | 0.03181 | 0.05412    | 0.00169 | 0.05399     | 0.00419 | 0.22                       | 343.7                         | 23.0  | 339.8      | 10.4  | 370.6       | 174.9 | 8.3                            | 339.8                        | 10.4  |
| GPS_VAL_49 | 198          | 42       | 4.68 | 0.37783            | 0.03691 | 0.05470    | 0.00187 | 0.05010     | 0.00489 | 0.16                       | 325.4                         | 27.2  | 343.3      | 11.4  | 199.5       | 226.9 | -72.1                          | 343.3                        | 11.4  |
| GPS_VAL_50 | 108          | 38       | 2.81 | 0.13507            | 0.02618 | 0.01779    | 0.00141 | 0.05506     | 0.01134 | 0.04                       | 128.6                         | 23.4  | 113.7      | 8.9   | 414.5       | 463.2 | 72.6                           | 113.7                        | 8.9   |
| GPS_VAL_52 | 267          | 98       | 2.73 | 0.14502            | 0.02239 | 0.01997    | 0.00107 | 0.05267     | 0.00846 | 0.05                       | 137.5                         | 19.9  | 127.5      | 6.8   | 314.6       | 366.7 | 59.5                           | 127.5                        | 6.8   |
| GPS_VAL_53 | 115          | 29       | 3.94 | 0.18549            | 0.02306 | 0.02718    | 0.00134 | 0.04950     | 0.00621 | 0.17                       | 172.8                         | 19.8  | 172.9      | 8.4   | 171.5       | 293.6 | -0.8                           | 172.9                        | 8.4   |
| GPS_VAL_54 | 456          | 308      | 1.48 | 0.12411            | 0.01655 | 0.01707    | 0.00088 | 0.05273     | 0.00728 | 0.09                       | 118.8                         | 14.9  | 109.1      | 5.6   | 317.3       | 314.9 | 65.6                           | 109.1                        | 5.6   |

| Анализ      | Уран и торий |          |      | Отношения изотопов |         |            |         |             |         |                                   | Кажиущиеся возрасты (млн. лет) |       |            |       |             |        | Дискордант<br>ность (%)<br>7/6-6/8 | Лучший<br>возраст<br>(млн. лет) | ± 2 σ |
|-------------|--------------|----------|------|--------------------|---------|------------|---------|-------------|---------|-----------------------------------|--------------------------------|-------|------------|-------|-------------|--------|------------------------------------|---------------------------------|-------|
|             | U (ppm)      | Th (ppm) | U/Th | 207Pb/235U         | ± 2 σ   | 206Pb/238U | ± 2 σ   | 207Pb/206Pb | ± 2 σ   | корреляцион<br>ная<br>погрешность | 207Pb/235U                     | ± 2 σ | 206Pb/238U | ± 2 σ | 207Pb/206Pb | ± 2 σ  |                                    |                                 |       |
| GPS_VAL_55  | 361          | 165      | 2.19 | 0.12531            | 0.01691 | 0.01926    | 0.00065 | 0.04719     | 0.00635 | 0.12                              | 119.9                          | 15.3  | 123.0      | 4.1   | 58.9        | 211.9  | -108.9                             | 123.0                           | 4.1   |
| GPS_VAL_56  | 303          | 189      | 1.61 | 0.12226            | 0.01278 | 0.01781    | 0.00066 | 0.04979     | 0.00527 | 0.12                              | 117.1                          | 11.6  | 113.8      | 4.2   | 185.3       | 247.0  | 38.6                               | 113.8                           | 4.2   |
| GPS_VAL_57  | 116          | 29       | 4.04 | 0.18031            | 0.04524 | 0.02733    | 0.00173 | 0.04785     | 0.01210 | 0.09                              | 168.3                          | 38.9  | 173.8      | 10.8  | 91.7        | 366.6  | -89.6                              | 173.8                           | 10.8  |
| GPS_VAL_58  | 229          | 128      | 1.78 | 0.13562            | 0.02276 | 0.01793    | 0.00104 | 0.05485     | 0.00943 | 0.09                              | 129.1                          | 20.3  | 114.6      | 6.6   | 406.0       | 386.4  | 71.8                               | 114.6                           | 6.6   |
| GPS_VAL_59  | 197          | 50       | 3.90 | 0.39528            | 0.12911 | 0.05242    | 0.00631 | 0.05469     | 0.01776 | 0.20                              | 338.2                          | 94.0  | 329.4      | 38.7  | 399.7       | 727.5  | 17.6                               | 329.4                           | 38.7  |
| GPS_VAL_60  | 141          | 57       | 2.49 | 29.72111           | 1.40737 | 0.70409    | 0.02972 | 0.30615     | 0.00923 | 0.77                              | 3477.6                         | 46.5  | 3436.1     | 112.4 | 3501.6      | 46.6   | 1.9                                | 3477.6                          | 46.5  |
| GPS_VAL_61  | 92           | 49       | 1.89 | 1.26406            | 0.08375 | 0.13613    | 0.00645 | 0.06735     | 0.00398 | 0.49                              | 829.7                          | 37.6  | 822.7      | 36.6  | 848.5       | 123.1  | 3.0                                | 822.7                           | 36.6  |
| GPS_VAL_62  | 108          | 29       | 3.77 | 3.06447            | 0.13904 | 0.24395    | 0.00784 | 0.09111     | 0.00350 | 0.54                              | 1423.9                         | 34.7  | 1407.2     | 40.6  | 1448.9      | 73.1   | 2.9                                | 1423.9                          | 34.7  |
| GPS_VAL_63  | 43           | 11       | 4.11 | 0.18238            | 0.05985 | 0.02543    | 0.00195 | 0.05201     | 0.01721 | 0.08                              | 170.1                          | 51.4  | 161.9      | 12.2  | 285.8       | 625.5  | 43.4                               | 161.9                           | 12.2  |
| GPS_VAL_64  | 74           | 25       | 3.00 | 0.15482            | 0.04168 | 0.01959    | 0.00127 | 0.05732     | 0.01564 | 0.06                              | 146.2                          | 36.7  | 125.1      | 8.0   | 503.8       | 607.4  | 75.2                               | 125.1                           | 8.0   |
| GPS_VAL_65  | 113          | 43       | 2.60 | 0.13547            | 0.03477 | 0.01735    | 0.00117 | 0.05664     | 0.01486 | 0.04                              | 129.0                          | 31.1  | 110.9      | 7.4   | 477.4       | 586.1  | 76.8                               | 110.9                           | 7.4   |
| GPS_VAL_66  | 28           | 26       | 1.06 | 0.21145            | 0.09688 | 0.01974    | 0.00190 | 0.07767     | 0.03612 | 0.03                              | 194.8                          | 81.2  | 126.0      | 12.0  | 1138.4      | 953.0  | 88.9                               | 126.0                           | 12.0  |
| GPS_VAL_67  | 345          | 481      | 0.72 | 0.11891            | 0.01824 | 0.01662    | 0.00075 | 0.05189     | 0.00801 | 0.12                              | 114.1                          | 16.6  | 106.3      | 4.8   | 280.6       | 354.4  | 62.1                               | 106.3                           | 4.8   |
| GPS_VAL_68  | 118          | 30       | 3.88 | 0.38656            | 0.05428 | 0.05291    | 0.00238 | 0.05299     | 0.00754 | 0.11                              | 331.9                          | 39.8  | 332.3      | 14.6  | 328.4       | 323.9  | -1.2                               | 332.3                           | 14.6  |
| GPS_VAL_69  | 158          | 49       | 3.23 | 0.37615            | 0.05065 | 0.05090    | 0.00202 | 0.05359     | 0.00724 | 0.12                              | 324.2                          | 37.4  | 320.1      | 12.4  | 354.0       | 306.0  | 9.6                                | 320.1                           | 12.4  |
| GPS_VAL_70  | 190          | 52       | 3.64 | 0.42188            | 0.05139 | 0.05451    | 0.00230 | 0.05614     | 0.00674 | 0.20                              | 357.4                          | 36.7  | 342.1      | 14.0  | 457.7       | 267.1  | 25.3                               | 342.1                           | 14.0  |
| GPS_VAL_71  | 342          | 128      | 2.66 | 0.72014            | 0.04018 | 0.08987    | 0.00249 | 0.05811     | 0.00303 | 0.36                              | 550.8                          | 23.7  | 554.8      | 14.7  | 534.1       | 114.0  | -3.9                               | 554.8                           | 14.7  |
| GPS_VAL_72  | 130          | 45       | 2.87 | 0.12770            | 0.01811 | 0.01789    | 0.00113 | 0.05177     | 0.00768 | 0.11                              | 122.0                          | 16.3  | 114.3      | 7.1   | 275.3       | 341.2  | 58.5                               | 114.3                           | 7.1   |
| GPS_VAL_73  | 151          | 31       | 4.81 | 0.39726            | 0.04558 | 0.05206    | 0.00213 | 0.05534     | 0.00636 | 0.16                              | 339.7                          | 33.1  | 327.2      | 13.1  | 426.0       | 257.0  | 23.2                               | 327.2                           | 13.1  |
| GPS_VAL_74  | 287          | 155      | 1.85 | 0.14513            | 0.03066 | 0.01918    | 0.00123 | 0.05489     | 0.01181 | 0.08                              | 137.6                          | 27.2  | 122.4      | 7.8   | 407.8       | 485.0  | 70.0                               | 122.4                           | 7.8   |
| GPS_VAL_75  | 83           | 20       | 4.24 | 0.20417            | 0.04846 | 0.02717    | 0.00147 | 0.05451     | 0.01298 | 0.09                              | 188.6                          | 40.9  | 172.8      | 9.2   | 392.1       | 539.1  | 55.9                               | 172.8                           | 9.2   |
| GPS_VAL_76  | 28           | 6        | 4.35 | 0.17359            | 0.09924 | 0.01881    | 0.00271 | 0.06692     | 0.03924 | 0.02                              | 162.5                          | 85.9  | 120.1      | 17.2  | 835.4       | 1285.7 | 85.6                               | 120.1                           | 17.2  |
| GPS_VAL_77  | 244          | 64       | 3.81 | 0.53431            | 0.04173 | 0.07115    | 0.00243 | 0.05446     | 0.00418 | 0.24                              | 434.7                          | 27.6  | 443.1      | 14.6  | 390.2       | 172.3  | -13.6                              | 443.1                           | 14.6  |
| GPS_VAL_78  | 97           | 28       | 3.47 | 0.38113            | 0.07136 | 0.05071    | 0.00196 | 0.05451     | 0.01015 | 0.12                              | 327.9                          | 52.5  | 318.9      | 12.0  | 392.2       | 420.2  | 18.7                               | 318.9                           | 12.0  |
| GPS_VAL_79  | 63           | 21       | 3.08 | 0.19612            | 0.05393 | 0.02698    | 0.00182 | 0.05272     | 0.01460 | 0.09                              | 181.8                          | 45.8  | 171.6      | 11.5  | 316.8       | 604.3  | 45.8                               | 171.6                           | 11.5  |
| GPS_VAL_80  | 390          | 123      | 3.16 | 0.40701            | 0.03783 | 0.05347    | 0.00151 | 0.05521     | 0.00512 | 0.14                              | 346.7                          | 27.3  | 335.8      | 9.3   | 420.6       | 207.2  | 20.2                               | 335.8                           | 9.3   |
| GPS_VAL_81  | 72           | 15       | 4.70 | 0.18811            | 0.04840 | 0.02515    | 0.00199 | 0.05425     | 0.01414 | 0.11                              | 175.0                          | 41.4  | 160.1      | 12.5  | 381.4       | 592.3  | 58.0                               | 160.1                           | 12.5  |
| GPS_VAL_82  | 636          | 175      | 3.63 | 0.12906            | 0.01376 | 0.01987    | 0.00071 | 0.04710     | 0.00503 | 0.14                              | 123.2                          | 12.4  | 126.8      | 4.5   | 54.4        | 177.1  | -133.4                             | 126.8                           | 4.5   |
| GPS_VAL_83  | 205          | 79       | 2.60 | 0.59195            | 0.03719 | 0.07577    | 0.00193 | 0.05667     | 0.00355 | 0.17                              | 472.1                          | 23.7  | 470.8      | 11.6  | 478.5       | 138.4  | 1.6                                | 470.8                           | 11.6  |
| GPS_VAL_84  | 182          | 101      | 1.80 | 0.13311            | 0.02751 | 0.01838    | 0.00111 | 0.05253     | 0.01101 | 0.09                              | 126.9                          | 24.6  | 117.4      | 7.0   | 308.6       | 480.6  | 62.0                               | 117.4                           | 7.0   |
| GPS_VAL_85  | 316          | 110      | 2.87 | 0.38378            | 0.03094 | 0.05230    | 0.00135 | 0.05322     | 0.00419 | 0.22                              | 329.8                          | 22.7  | 328.6      | 8.3   | 338.2       | 178.5  | 2.8                                | 328.6                           | 8.3   |
| GPS_VAL_86  | 70           | 16       | 4.47 | 0.14702            | 0.03373 | 0.01999    | 0.00170 | 0.05334     | 0.01269 | 0.08                              | 139.3                          | 29.9  | 127.6      | 10.7  | 343.2       | 543.4  | 62.8                               | 127.6                           | 10.7  |
| GPS_VAL_87  | 149          | 50       | 2.97 | 5.63737            | 0.27980 | 0.33911    | 0.00947 | 0.12057     | 0.00554 | 0.39                              | 1921.8                         | 42.8  | 1882.4     | 45.6  | 1964.7      | 82.0   | 4.2                                | 1921.8                          | 42.8  |
| GPS_VAL_88  | 383          | 126      | 3.05 | 0.39362            | 0.04053 | 0.05177    | 0.00174 | 0.05514     | 0.00563 | 0.17                              | 337.0                          | 29.5  | 325.4      | 10.6  | 418.1       | 228.4  | 22.2                               | 325.4                           | 10.6  |
| GPS_VAL_89  | 259          | 126      | 2.05 | 0.10966            | 0.01597 | 0.01670    | 0.00103 | 0.04763     | 0.00715 | 0.13                              | 105.7                          | 14.6  | 106.8      | 6.6   | 80.9        | 250.1  | -32.0                              | 106.8                           | 6.6   |
| GPS_VAL_90  | 69           | 20       | 3.50 | 0.14312            | 0.03633 | 0.01958    | 0.00187 | 0.05300     | 0.01384 | 0.11                              | 135.8                          | 32.3  | 125.0      | 11.8  | 329.0       | 598.9  | 62.0                               | 125.0                           | 11.8  |
| GPS_VAL_91  | 118          | 23       | 5.10 | 0.37358            | 0.05200 | 0.05245    | 0.00245 | 0.05166     | 0.00709 | 0.20                              | 322.3                          | 38.4  | 329.5      | 15.0  | 270.5       | 315.6  | -21.8                              | 329.5                           | 15.0  |
| GPS_VAL_92  | 74           | 18       | 4.07 | 0.12904            | 0.04005 | 0.01829    | 0.00171 | 0.05117     | 0.01628 | 0.06                              | 123.2                          | 36.0  | 116.8      | 10.8  | 248.3       | 578.3  | 52.9                               | 116.8                           | 10.8  |
| GPS_VAL_93  | 300          | 71       | 4.22 | 0.39866            | 0.03428 | 0.05383    | 0.00148 | 0.05371     | 0.00453 | 0.21                              | 340.7                          | 24.9  | 338.0      | 9.1   | 359.1       | 190.5  | 5.9                                | 338.0                           | 9.1   |
| GPS_VAL_94  | 110          | 38       | 2.91 | 0.14804            | 0.04181 | 0.01772    | 0.00133 | 0.06061     | 0.01759 | 0.02                              | 140.2                          | 37.0  | 113.2      | 8.5   | 625.3       | 633.5  | 81.9                               | 113.2                           | 8.5   |
| GPS_VAL_95  | 419          | 325      | 1.29 | 0.12325            | 0.01504 | 0.01724    | 0.00053 | 0.05184     | 0.00636 | 0.09                              | 118.0                          | 13.6  | 110.2      | 3.4   | 278.2       | 281.4  | 60.4                               | 110.2                           | 3.4   |
| GPS_VAL_96  | 55           | 10       | 5.34 | 0.18400            | 0.05631 | 0.02220    | 0.00179 | 0.06010     | 0.01868 | 0.07                              | 171.5                          | 48.3  | 141.6      | 11.3  | 607.2       | 681.9  | 76.7                               | 141.6                           | 11.3  |
| GPS_VAL_97  | 223          | 76       | 2.94 | 0.38311            | 0.03214 | 0.05217    | 0.00153 | 0.05326     | 0.00455 | 0.09                              | 329.3                          | 23.6  | 327.8      | 9.4   | 339.9       | 193.8  | 3.5                                | 327.8                           | 9.4   |
| GPS_VAL_98  | 352          | 214      | 1.65 | 0.12520            | 0.01562 | 0.01894    | 0.00084 | 0.04795     | 0.00618 | 0.07                              | 119.8                          | 14.1  | 120.9      | 5.3   | 97.0        | 242.8  | -24.7                              | 120.9                           | 5.3   |
| GPS_VAL_99  | 1649         | 545      | 3.02 | 0.70014            | 0.03060 | 0.08315    | 0.00229 | 0.06107     | 0.00250 | 0.38                              | 538.9                          | 18.3  | 514.9      | 13.6  | 641.7       | 87.9   | 19.8                               | 514.9                           | 13.6  |
| GPS_VAL_100 | 106          | 31       | 3.37 | 0.39149            | 0.06491 | 0.05418    | 0.00318 | 0.05241     | 0.00882 | 0.13                              | 335.5                          | 47.4  | 340.1      | 19.4  | 303.2       | 385.2  | -12.2                              | 340.1                           | 19.4  |
| GPS_VAL_101 | 176          | 39       | 4.51 | 0.39391            | 0.05590 | 0.05227    | 0.00186 | 0.05465     | 0.00773 | 0.13                              | 337.2                          | 40.7  | 328.5      | 11.4  | 398.1       | 317.9  | 17.5                               | 328.5                           | 11.4  |

| Анализ                                   | Уран и торий |          |      | Отношения изотопов |         |            |         |             |         |                                   | Кажиущиеся возрасты (млн. лет) |       |            |       |             |       | Дискордант<br>ность (%)<br>7/6-6/8 | Лучший<br>возраст<br>(млн. лет) | ± 2 σ |
|------------------------------------------|--------------|----------|------|--------------------|---------|------------|---------|-------------|---------|-----------------------------------|--------------------------------|-------|------------|-------|-------------|-------|------------------------------------|---------------------------------|-------|
|                                          | U (ppm)      | Th (ppm) | U/Th | 207Pb/235U         | ± 2 σ   | 206Pb/238U | ± 2 σ   | 207Pb/206Pb | ± 2 σ   | корреляцион<br>ная<br>погрешность | 207Pb/235U                     | ± 2 σ | 206Pb/238U | ± 2 σ | 207Pb/206Pb | ± 2 σ |                                    |                                 |       |
| GPS_VAL_102                              | 56           | 17       | 3.23 | 0.25377            | 0.07328 | 0.02993    | 0.00269 | 0.06149     | 0.01819 | 0.07                              | 229.6                          | 59.4  | 190.1      | 16.9  | 656.3       | 642.8 | 71.0                               | x                               | x     |
| GPS_VAL_103                              | 33           | 8        | 4.28 | 0.23995            | 0.07334 | 0.02861    | 0.00283 | 0.06082     | 0.01893 | 0.10                              | 218.4                          | 60.1  | 181.9      | 17.7  | 632.8       | 680.1 | 71.3                               | x                               | x     |
| GPS_VAL_104                              | 313          | 151      | 2.07 | 0.11545            | 0.02399 | 0.01764    | 0.00077 | 0.04746     | 0.00989 | 0.08                              | 110.9                          | 21.8  | 112.8      | 4.9   | 72.2        | 303.0 | -56.1                              | 112.8                           | 4.9   |
| GPS_VAL_105                              | 263          | 63       | 4.18 | 0.38900            | 0.03284 | 0.05263    | 0.00171 | 0.05360     | 0.00462 | 0.11                              | 333.6                          | 24.0  | 330.7      | 10.5  | 354.4       | 195.0 | 6.7                                | 330.7                           | 10.5  |
| GPS_VAL_106                              | 222          | 81       | 2.73 | 0.12583            | 0.02122 | 0.01931    | 0.00126 | 0.04725     | 0.00819 | 0.11                              | 120.3                          | 19.1  | 123.3      | 8.0   | 62.1        | 256.6 | -98.5                              | 123.3                           | 8.0   |
| GPS_VAL_107                              | 253          | 151      | 1.68 | 0.11289            | 0.02261 | 0.01715    | 0.00054 | 0.04775     | 0.00956 | 0.08                              | 108.6                          | 20.6  | 109.6      | 3.4   | 87.0        | 308.6 | -25.9                              | 109.6                           | 3.4   |
| GPS_VAL_108                              | 60           | 20       | 3.08 | 0.12036            | 0.04371 | 0.01717    | 0.00126 | 0.05085     | 0.01866 | 0.05                              | 115.4                          | 39.6  | 109.7      | 8.0   | 234.0       | 610.1 | 53.1                               | 109.7                           | 8.0   |
| GPS_VAL_109                              | 261          | 116      | 2.25 | 0.12203            | 0.02084 | 0.01814    | 0.00065 | 0.04878     | 0.00839 | 0.06                              | 116.9                          | 18.9  | 115.9      | 4.1   | 137.1       | 327.5 | 15.4                               | 115.9                           | 4.1   |
| GPS_VAL_110                              | 168          | 100      | 1.67 | 3.94321            | 0.16734 | 0.28400    | 0.00903 | 0.10070     | 0.00332 | 0.63                              | 1622.6                         | 34.4  | 1611.5     | 45.3  | 1637.1      | 61.2  | 1.6                                | 1622.6                          | 34.4  |
| GPS_VAL_111                              | 205          | 67       | 3.08 | 0.38735            | 0.03695 | 0.05413    | 0.00186 | 0.05190     | 0.00499 | 0.14                              | 332.4                          | 27.0  | 339.8      | 11.4  | 280.9       | 220.3 | -21.0                              | 339.8                           | 11.4  |
| GPS_VAL_112                              | 158          | 52       | 3.02 | 0.11821            | 0.02078 | 0.01861    | 0.00154 | 0.04608     | 0.00870 | 0.06                              | 113.5                          | 18.9  | 118.8      | 9.7   | 1.8         | 214.9 | -6367.0                            | x                               | x     |
| GPS_VAL_113                              | 53           | 21       | 2.56 | 0.12010            | 0.07349 | 0.01872    | 0.00143 | 0.04653     | 0.02865 | 0.01                              | 115.2                          | 66.6  | 119.6      | 9.1   | 25.3        | 634.2 | -372.2                             | 119.6                           | 9.1   |
| GPS_VAL_114                              | 146          | 47       | 3.11 | 0.16091            | 0.02573 | 0.02465    | 0.00142 | 0.04733     | 0.00784 | 0.07                              | 151.5                          | 22.5  | 157.0      | 8.9   | 66.1        | 252.4 | -137.4                             | 157.0                           | 8.9   |
| GPS_VAL_115                              | 110          | 24       | 4.60 | 0.18120            | 0.03412 | 0.02513    | 0.00168 | 0.05231     | 0.00997 | 0.14                              | 169.1                          | 29.3  | 160.0      | 10.6  | 298.8       | 437.1 | 46.5                               | 160.0                           | 10.6  |
| GPS_VAL_116                              | 372          | 162      | 2.29 | 0.40089            | 0.02869 | 0.05287    | 0.00165 | 0.05499     | 0.00394 | 0.19                              | 342.3                          | 20.8  | 332.1      | 10.1  | 411.9       | 160.4 | 19.4                               | 332.1                           | 10.1  |
| GPS_VAL_117                              | 280          | 73       | 3.86 | 0.37912            | 0.02949 | 0.05284    | 0.00163 | 0.05204     | 0.00410 | 0.14                              | 326.4                          | 21.7  | 331.9      | 10.0  | 287.2       | 180.3 | -15.6                              | 331.9                           | 10.0  |
| GPS_VAL_118                              | 207          | 115      | 1.79 | 0.11372            | 0.02192 | 0.01726    | 0.00088 | 0.04779     | 0.00938 | 0.05                              | 109.4                          | 20.0  | 110.3      | 5.6   | 88.9        | 306.4 | -24.1                              | 110.3                           | 5.6   |
| GPS_VAL_119                              | 151          | 55       | 2.75 | 0.16815            | 0.02723 | 0.02532    | 0.00108 | 0.04818     | 0.00792 | 0.06                              | 157.8                          | 23.7  | 161.2      | 6.8   | 107.9       | 291.3 | -49.4                              | 161.2                           | 6.8   |
| Обр. А-12-23 - туфопесчаник, р. Борозда. |              |          |      |                    |         |            |         |             |         |                                   |                                |       |            |       |             |       |                                    |                                 |       |
| A_12_23_1                                | 128          | 49       | 2.59 | 0.17931            | 0.03832 | 0.02349    | 0.00145 | 0.05538     | 0.01188 | 0.13                              | 167.5                          | 33.0  | 149.6      | 9.1   | 427.4       | 481.9 | 65.0                               | 149.6                           | 9.1   |
| A_12_23_3                                | 79           | 24       | 3.23 | 0.16270            | 0.05796 | 0.01825    | 0.00190 | 0.06467     | 0.02334 | 0.10                              | 153.1                          | 50.6  | 116.6      | 12.0  | 763.6       | 775.1 | 84.7                               | 116.6                           | 12.0  |
| A_12_23_4                                | 515          | 156      | 3.31 | 0.26672            | 0.02413 | 0.03717    | 0.00136 | 0.05205     | 0.00459 | 0.25                              | 240.1                          | 19.3  | 235.3      | 8.5   | 287.4       | 202.0 | 18.2                               | 235.3                           | 8.5   |
| A_12_23_5                                | 221          | 190      | 1.17 | 0.31270            | 0.02964 | 0.04475    | 0.00137 | 0.05069     | 0.00486 | 0.10                              | 276.3                          | 22.9  | 282.2      | 8.5   | 226.5       | 222.1 | -24.6                              | 282.2                           | 8.5   |
| A_12_23_6                                | 167          | 72       | 2.32 | 5.83348            | 0.23771 | 0.35273    | 0.00853 | 0.11995     | 0.00460 | 0.36                              | 1951.4                         | 35.3  | 1947.6     | 40.6  | 1955.4      | 68.5  | 0.4                                | 1951.4                          | 35.3  |
| A_12_23_7                                | 182          | 36       | 5.05 | 0.27965            | 0.03191 | 0.03770    | 0.00170 | 0.05380     | 0.00620 | 0.16                              | 250.4                          | 25.3  | 238.5      | 10.6  | 362.8       | 260.4 | 34.3                               | 238.5                           | 10.6  |
| A_12_23_8                                | 207          | 36       | 5.69 | 0.26237            | 0.03873 | 0.03702    | 0.00141 | 0.05140     | 0.00770 | 0.06                              | 236.6                          | 31.2  | 234.3      | 8.8   | 258.8       | 345.2 | 9.5                                | 234.3                           | 8.8   |
| A_12_23_9                                | 175          | 48       | 3.63 | 0.17259            | 0.02795 | 0.02476    | 0.00118 | 0.05055     | 0.00817 | 0.15                              | 161.7                          | 24.2  | 157.7      | 7.4   | 220.3       | 375.7 | 28.4                               | 157.7                           | 7.4   |
| A_12_23_10                               | 245          | 87       | 2.81 | 0.17843            | 0.01918 | 0.02657    | 0.00110 | 0.04871     | 0.00544 | 0.07                              | 166.7                          | 16.5  | 169.0      | 6.9   | 133.7       | 259.9 | -26.5                              | 169.0                           | 6.9   |
| A_12_23_11                               | 122          | 28       | 4.36 | 0.27151            | 0.03888 | 0.03687    | 0.00168 | 0.05341     | 0.00769 | 0.13                              | 243.9                          | 31.0  | 233.4      | 10.4  | 346.2       | 326.6 | 32.6                               | 233.4                           | 10.4  |
| A_12_23_12                               | 90           | 27       | 3.35 | 0.12536            | 0.03401 | 0.01772    | 0.00111 | 0.05131     | 0.01412 | 0.05                              | 119.9                          | 30.7  | 113.2      | 7.0   | 254.6       | 543.6 | 55.5                               | 113.2                           | 7.0   |
| A_12_23_13                               | 595          | 186      | 3.21 | 0.25743            | 0.01776 | 0.03694    | 0.00122 | 0.05054     | 0.00340 | 0.27                              | 232.6                          | 14.3  | 233.8      | 7.6   | 220.1       | 155.6 | -6.3                               | 233.8                           | 7.6   |
| A_12_23_14                               | 840          | 366      | 2.30 | 0.15996            | 0.01177 | 0.02404    | 0.00062 | 0.04825     | 0.00357 | 0.12                              | 150.7                          | 10.3  | 153.2      | 3.9   | 111.5       | 175.0 | -37.3                              | 153.2                           | 3.9   |
| A_12_23_15                               | 227          | 43       | 5.29 | 0.27205            | 0.03614 | 0.03768    | 0.00209 | 0.05237     | 0.00721 | 0.11                              | 244.3                          | 28.8  | 238.4      | 13.0  | 301.7       | 314.8 | 21.0                               | 238.4                           | 13.0  |
| A_12_23_16                               | 89           | 13       | 6.79 | 0.25887            | 0.05364 | 0.03754    | 0.00231 | 0.05001     | 0.01043 | 0.12                              | 233.8                          | 43.3  | 237.6      | 14.4  | 195.6       | 421.5 | -21.5                              | 237.6                           | 14.4  |
| A_12_23_17                               | 190          | 45       | 4.25 | 0.15509            | 0.02044 | 0.02265    | 0.00147 | 0.04965     | 0.00697 | 0.10                              | 146.4                          | 18.0  | 144.4      | 9.3   | 178.7       | 328.1 | 19.2                               | 144.4                           | 9.3   |
| A_12_23_18                               | 103          | 14       | 7.55 | 0.27389            | 0.05645 | 0.03589    | 0.00275 | 0.05535     | 0.01192 | 0.06                              | 245.8                          | 45.0  | 227.3      | 17.1  | 426.5       | 483.5 | 46.7                               | 227.3                           | 17.1  |
| A_12_23_19                               | 195          | 53       | 3.67 | 0.29727            | 0.02617 | 0.03983    | 0.00154 | 0.05413     | 0.00493 | 0.12                              | 264.3                          | 20.5  | 251.8      | 9.6   | 376.5       | 205.3 | 33.1                               | 251.8                           | 9.6   |
| A_12_23_20                               | 288          | 91       | 3.18 | 0.27001            | 0.02729 | 0.03740    | 0.00144 | 0.05237     | 0.00536 | 0.14                              | 242.7                          | 21.8  | 236.7      | 9.0   | 301.5       | 233.8 | 21.5                               | 236.7                           | 9.0   |
| A_12_23_21                               | 94           | 41       | 2.31 | 0.16952            | 0.05519 | 0.01867    | 0.00203 | 0.06584     | 0.02245 | 0.02                              | 159.0                          | 47.9  | 119.3      | 12.9  | 801.4       | 726.2 | 85.1                               | x                               | x     |
| A_12_23_22                               | 108          | 15       | 7.46 | 0.26941            | 0.04088 | 0.04057    | 0.00248 | 0.04816     | 0.00720 | 0.23                              | 242.2                          | 32.7  | 256.4      | 15.4  | 107.2       | 274.8 | -139.1                             | 256.4                           | 15.4  |
| A_12_23_23                               | 316          | 71       | 4.47 | 0.26435            | 0.03019 | 0.03735    | 0.00111 | 0.05133     | 0.00585 | 0.13                              | 238.2                          | 24.2  | 236.4      | 6.9   | 255.9       | 262.4 | 7.6                                | 236.4                           | 6.9   |
| A_12_23_24                               | 241          | 61       | 3.98 | 0.28130            | 0.03019 | 0.03776    | 0.00113 | 0.05403     | 0.00580 | 0.12                              | 251.7                          | 23.9  | 238.9      | 7.0   | 372.3       | 242.3 | 35.8                               | 238.9                           | 7.0   |
| A_12_23_25                               | 155          | 24       | 6.37 | 0.26886            | 0.03455 | 0.03726    | 0.00133 | 0.05233     | 0.00683 | 0.07                              | 241.8                          | 27.6  | 235.8      | 8.3   | 299.9       | 298.6 | 21.4                               | 235.8                           | 8.3   |
| A_12_23_26                               | 137          | 20       | 6.80 | 0.26646            | 0.03961 | 0.03843    | 0.00197 | 0.05029     | 0.00750 | 0.16                              | 239.9                          | 31.8  | 243.1      | 12.2  | 208.3       | 347.2 | -16.7                              | 243.1                           | 12.2  |
| A_12_23_27                               | 303          | 82       | 3.70 | 0.27701            | 0.02462 | 0.03772    | 0.00127 | 0.05327     | 0.00477 | 0.15                              | 248.3                          | 19.6  | 238.7      | 7.9   | 340.2       | 202.9 | 29.9                               | 238.7                           | 7.9   |
| A_12_23_28                               | 103          | 24       | 4.20 | 0.24219            | 0.05970 | 0.03587    | 0.00243 | 0.04898     | 0.01227 | 0.07                              | 220.2                          | 48.8  | 227.2      | 15.1  | 146.7       | 416.8 | -54.8                              | 227.2                           | 15.1  |
| A_12_23_29                               | 317          | 125      | 2.55 | 0.38656            | 0.02813 | 0.05297    | 0.00186 | 0.05293     | 0.00380 | 0.25                              | 331.9                          | 20.6  | 332.7      | 11.4  | 325.6       | 163.1 | -2.2                               | 332.7                           | 11.4  |

| Анализ     | Уран и торий |          |       | Отношения изотопов |         |            |         |             |         |                                    | Кажущиеся возрасты (млн. лет) |       |            |       |             |       | Дискордан-<br>ность (%)<br>7/6-6/8 | Лучший<br>возраст<br>(млн. лет) | ± 2 σ |
|------------|--------------|----------|-------|--------------------|---------|------------|---------|-------------|---------|------------------------------------|-------------------------------|-------|------------|-------|-------------|-------|------------------------------------|---------------------------------|-------|
|            | U (ppm)      | Th (ppm) | U/Th  | 207Pb/235U         | ± 2 σ   | 206Pb/238U | ± 2 σ   | 207Pb/206Pb | ± 2 σ   | корреляцион-<br>ная<br>погрешность | 207Pb/235U                    | ± 2 σ | 206Pb/238U | ± 2 σ | 207Pb/206Pb | ± 2 σ |                                    |                                 |       |
| A_12_23_30 | 141          | 26       | 5.47  | 0.25380            | 0.04617 | 0.03641    | 0.00167 | 0.05056     | 0.00920 | 0.12                               | 229.7                         | 37.4  | 230.5      | 10.4  | 220.9       | 418.7 | -4.4                               | 230.5                           | 10.4  |
| A_12_23_32 | 107          | 28       | 3.79  | 0.28503            | 0.04277 | 0.03854    | 0.00238 | 0.05364     | 0.00847 | 0.07                               | 254.6                         | 33.8  | 243.8      | 14.8  | 356.0       | 357.9 | 31.5                               | 243.8                           | 14.8  |
| A_12_23_33 | 79           | 14       | 5.58  | 0.29830            | 0.06296 | 0.03854    | 0.00320 | 0.05614     | 0.01221 | 0.11                               | 265.1                         | 49.3  | 243.8      | 19.8  | 457.9       | 486.1 | 46.8                               | x                               | x     |
| A_12_23_34 | 907          | 185      | 4.90  | 0.26367            | 0.01712 | 0.03775    | 0.00106 | 0.05066     | 0.00322 | 0.24                               | 237.6                         | 13.8  | 238.9      | 6.6   | 225.4       | 147.0 | -6.0                               | 238.9                           | 6.6   |
| A_12_23_35 | 184          | 41       | 4.54  | 0.24161            | 0.02435 | 0.03505    | 0.00111 | 0.05000     | 0.00499 | 0.18                               | 219.7                         | 19.9  | 222.1      | 6.9   | 194.8       | 232.1 | -14.0                              | 222.1                           | 6.9   |
| A_12_23_36 | 149          | 27       | 5.47  | 0.26026            | 0.05888 | 0.03769    | 0.00171 | 0.05008     | 0.01131 | 0.11                               | 234.9                         | 47.4  | 238.5      | 10.6  | 198.7       | 441.7 | -20.1                              | 238.5                           | 10.6  |
| A_12_23_37 | 301          | 89       | 3.39  | 0.17911            | 0.02272 | 0.02469    | 0.00128 | 0.05261     | 0.00676 | 0.16                               | 167.3                         | 19.6  | 157.2      | 8.0   | 311.9       | 293.1 | 49.6                               | 157.2                           | 8.0   |
| A_12_23_38 | 470          | 151      | 3.12  | 0.27070            | 0.03181 | 0.03776    | 0.00146 | 0.05199     | 0.00612 | 0.15                               | 243.3                         | 25.4  | 238.9      | 9.1   | 285.2       | 269.9 | 16.2                               | 238.9                           | 9.1   |
| A_12_23_39 | 232          | 27       | 8.63  | 0.26007            | 0.03017 | 0.03834    | 0.00135 | 0.04919     | 0.00573 | 0.13                               | 234.7                         | 24.3  | 242.5      | 8.4   | 157.1       | 273.3 | -54.4                              | 242.5                           | 8.4   |
| A_12_23_40 | 153          | 26       | 5.79  | 0.26429            | 0.03058 | 0.03699    | 0.00123 | 0.05182     | 0.00601 | 0.12                               | 238.1                         | 24.6  | 234.1      | 7.6   | 277.6       | 266.3 | 15.6                               | 234.1                           | 7.6   |
| A_12_23_41 | 150          | 71       | 2.12  | 0.17328            | 0.02789 | 0.02447    | 0.00132 | 0.05136     | 0.00846 | 0.09                               | 162.3                         | 24.1  | 155.8      | 8.3   | 257.1       | 380.2 | 39.4                               | 155.8                           | 8.3   |
| A_12_23_42 | 610          | 247      | 2.47  | 0.17865            | 0.02213 | 0.02597    | 0.00122 | 0.04990     | 0.00619 | 0.18                               | 166.9                         | 19.1  | 165.3      | 7.7   | 190.2       | 289.1 | 13.1                               | 165.3                           | 7.7   |
| A_12_23_43 | 178          | 39       | 4.52  | 0.28214            | 0.04427 | 0.03794    | 0.00172 | 0.05394     | 0.00855 | 0.10                               | 252.4                         | 35.1  | 240.0      | 10.7  | 368.6       | 358.5 | 34.9                               | 240.0                           | 10.7  |
| A_12_23_44 | 143          | 29       | 4.86  | 0.26678            | 0.04394 | 0.03659    | 0.00224 | 0.05288     | 0.00878 | 0.16                               | 240.1                         | 35.2  | 231.7      | 13.9  | 323.5       | 378.7 | 28.4                               | 231.7                           | 13.9  |
| A_12_23_45 | 160          | 37       | 4.29  | 0.29637            | 0.04681 | 0.03860    | 0.00157 | 0.05569     | 0.00880 | 0.12                               | 263.6                         | 36.7  | 244.1      | 9.8   | 440.0       | 353.1 | 44.5                               | 244.1                           | 9.8   |
| A_12_23_46 | 98           | 21       | 4.55  | 0.27677            | 0.05335 | 0.03756    | 0.00299 | 0.05344     | 0.01052 | 0.15                               | 248.1                         | 42.4  | 237.7      | 18.6  | 347.4       | 447.7 | 31.6                               | 237.7                           | 18.6  |
| A_12_23_47 | 310          | 84       | 3.67  | 0.26904            | 0.02926 | 0.03814    | 0.00137 | 0.05116     | 0.00559 | 0.14                               | 241.9                         | 23.4  | 241.3      | 8.5   | 248.2       | 251.9 | 2.8                                | 241.3                           | 8.5   |
| A_12_23_48 | 151          | 23       | 6.62  | 0.30575            | 0.04677 | 0.03969    | 0.00232 | 0.05587     | 0.00870 | 0.14                               | 270.9                         | 36.4  | 250.9      | 14.4  | 447.3       | 347.3 | 43.9                               | 250.9                           | 14.4  |
| A_12_23_49 | 102          | 32       | 3.14  | 1.17081            | 0.08431 | 0.13253    | 0.00490 | 0.06407     | 0.00439 | 0.34                               | 787.0                         | 39.4  | 802.3      | 27.9  | 744.0       | 145.0 | -7.8                               | 802.3                           | 27.9  |
| A_12_23_50 | 453          | 223      | 2.03  | 0.12002            | 0.02025 | 0.01757    | 0.00095 | 0.04954     | 0.00850 | 0.10                               | 115.1                         | 18.4  | 112.3      | 6.0   | 173.3       | 362.1 | 35.2                               | 112.3                           | 6.0   |
| A_12_23_51 | 93           | 23       | 4.02  | 0.22204            | 0.03747 | 0.02858    | 0.00160 | 0.05635     | 0.00975 | 0.08                               | 203.6                         | 31.1  | 181.6      | 10.0  | 466.4       | 385.0 | 61.1                               | 181.6                           | 10.0  |
| A_12_23_52 | 201          | 56       | 3.60  | 0.28143            | 0.02986 | 0.04002    | 0.00200 | 0.05101     | 0.00521 | 0.31                               | 251.8                         | 23.7  | 252.9      | 12.4  | 241.1       | 235.6 | -4.9                               | 252.9                           | 12.4  |
| A_12_23_53 | 105          | 32       | 3.32  | 0.13743            | 0.02667 | 0.01759    | 0.00149 | 0.05667     | 0.01183 | 0.03                               | 130.8                         | 23.8  | 112.4      | 9.5   | 478.7       | 464.4 | 76.5                               | x                               | x     |
| A_12_23_54 | 132          | 31       | 4.19  | 5.34670            | 0.26806 | 0.33078    | 0.01139 | 0.11723     | 0.00484 | 0.57                               | 1876.4                        | 42.9  | 1842.2     | 55.2  | 1914.4      | 74.0  | 3.8                                | 1876.4                          | 42.9  |
| A_12_23_56 | 198          | 103      | 1.93  | 0.13397            | 0.01865 | 0.01737    | 0.00106 | 0.05595     | 0.00826 | 0.07                               | 127.7                         | 16.7  | 111.0      | 6.7   | 450.4       | 329.0 | 75.4                               | 111.0                           | 6.7   |
| A_12_23_57 | 174          | 36       | 4.83  | 0.27141            | 0.03546 | 0.03719    | 0.00154 | 0.05293     | 0.00693 | 0.14                               | 243.8                         | 28.3  | 235.4      | 9.5   | 325.8       | 298.0 | 27.7                               | 235.4                           | 9.5   |
| A_12_23_58 | 148          | 29       | 5.20  | 0.19112            | 0.03180 | 0.02504    | 0.00128 | 0.05537     | 0.00947 | 0.05                               | 177.6                         | 27.1  | 159.4      | 8.1   | 427.0       | 383.2 | 62.7                               | 159.4                           | 8.1   |
| A_12_23_59 | 1095         | 31       | 35.66 | 0.26279            | 0.01593 | 0.03681    | 0.00089 | 0.05178     | 0.00304 | 0.26                               | 236.9                         | 12.8  | 233.0      | 5.5   | 275.6       | 134.6 | 15.4                               | 233.0                           | 5.5   |
| A_12_23_60 | 116          | 39       | 2.99  | 0.19003            | 0.05141 | 0.02380    | 0.00218 | 0.05792     | 0.01633 | 0.04                               | 176.7                         | 43.9  | 151.6      | 13.7  | 526.7       | 625.4 | 71.2                               | 151.6                           | 13.7  |
| A_12_23_61 | 298          | 134      | 2.23  | 0.21922            | 0.01848 | 0.03112    | 0.00111 | 0.05109     | 0.00445 | 0.11                               | 201.3                         | 15.4  | 197.6      | 6.9   | 244.8       | 201.0 | 19.3                               | 197.6                           | 6.9   |
| A_12_23_62 | 99           | 40       | 2.47  | 0.11553            | 0.05741 | 0.01766    | 0.00129 | 0.04745     | 0.02376 | 0.02                               | 111.0                         | 52.3  | 112.8      | 8.2   | 72.1        | 579.4 | -56.5                              | 112.8                           | 8.2   |
| A_12_23_63 | 254          | 57       | 4.48  | 0.26198            | 0.03389 | 0.03614    | 0.00132 | 0.05258     | 0.00684 | 0.11                               | 236.3                         | 27.3  | 228.8      | 8.2   | 310.8       | 296.9 | 26.4                               | 228.8                           | 8.2   |
| A_12_23_64 | 200          | 135      | 1.48  | 0.62241            | 0.03596 | 0.07977    | 0.00290 | 0.05659     | 0.00335 | 0.25                               | 491.4                         | 22.5  | 494.7      | 17.3  | 475.7       | 130.9 | -4.0                               | 494.7                           | 17.3  |
| A_12_23_65 | 102          | 57       | 1.81  | 0.20678            | 0.07645 | 0.02651    | 0.00194 | 0.05656     | 0.02108 | 0.06                               | 190.8                         | 64.3  | 168.7      | 12.2  | 474.5       | 840.8 | 64.4                               | 168.7                           | 12.2  |
| A_12_23_66 | 173          | 89       | 1.96  | 0.16623            | 0.03036 | 0.02461    | 0.00112 | 0.04899     | 0.00900 | 0.10                               | 156.1                         | 26.4  | 156.7      | 7.1   | 147.5       | 349.7 | -6.2                               | 156.7                           | 7.1   |
| A_12_23_67 | 105          | 20       | 5.36  | 0.26318            | 0.04732 | 0.03812    | 0.00220 | 0.05007     | 0.00918 | 0.09                               | 237.2                         | 38.0  | 241.2      | 13.7  | 198.2       | 398.4 | -21.7                              | 241.2                           | 13.7  |
| A_12_23_68 | 250          | 73       | 3.42  | 0.26936            | 0.02988 | 0.03774    | 0.00103 | 0.05177     | 0.00576 | 0.09                               | 242.2                         | 23.9  | 238.8      | 6.4   | 275.0       | 255.5 | 13.2                               | 238.8                           | 6.4   |
| A_12_23_69 | 107          | 43       | 2.48  | 0.14047            | 0.02750 | 0.01822    | 0.00148 | 0.05591     | 0.01157 | 0.06                               | 133.5                         | 24.5  | 116.4      | 9.4   | 449.0       | 462.9 | 74.1                               | 116.4                           | 9.4   |
| A_12_23_70 | 113          | 41       | 2.74  | 0.17139            | 0.03641 | 0.02339    | 0.00111 | 0.05314     | 0.01128 | 0.11                               | 160.6                         | 31.6  | 149.0      | 7.0   | 334.9       | 484.3 | 55.5                               | 149.0                           | 7.0   |
| A_12_23_71 | 126          | 25       | 5.08  | 0.28412            | 0.04136 | 0.03806    | 0.00180 | 0.05414     | 0.00806 | 0.08                               | 253.9                         | 32.7  | 240.8      | 11.2  | 376.8       | 336.1 | 36.1                               | 240.8                           | 11.2  |
| A_12_23_72 | 77           | 18       | 4.37  | 0.17373            | 0.04779 | 0.02438    | 0.00248 | 0.05168     | 0.01501 | 0.03                               | 162.6                         | 41.3  | 155.3      | 15.6  | 271.4       | 574.0 | 42.8                               | 155.3                           | 15.6  |
| A_12_23_73 | 191          | 63       | 3.03  | 0.15178            | 0.02142 | 0.02310    | 0.00073 | 0.04765     | 0.00673 | 0.10                               | 143.5                         | 18.9  | 147.2      | 4.6   | 82.1        | 241.6 | -79.3                              | 147.2                           | 4.6   |
| A_12_23_74 | 80           | 20       | 3.97  | 0.13455            | 0.02857 | 0.01760    | 0.00115 | 0.05544     | 0.01205 | 0.07                               | 128.2                         | 25.6  | 112.5      | 7.3   | 430.1       | 488.1 | 73.9                               | 112.5                           | 7.3   |
| A_12_23_75 | 91           | 11       | 7.91  | 0.25263            | 0.05617 | 0.03042    | 0.00143 | 0.06024     | 0.01355 | 0.04                               | 228.7                         | 45.5  | 193.1      | 8.9   | 612.3       | 489.7 | 68.5                               | x                               | x     |
| A_12_23_76 | 313          | 448      | 0.70  | 0.27579            | 0.02280 | 0.04004    | 0.00113 | 0.04996     | 0.00414 | 0.15                               | 247.3                         | 18.1  | 253.1      | 7.0   | 193.1       | 192.7 | -31.0                              | 253.1                           | 7.0   |
| A_12_23_77 | 50           | 16       | 3.17  | 0.17222            | 0.06172 | 0.01967    | 0.00184 | 0.06350     | 0.02297 | 0.09                               | 161.3                         | 53.5  | 125.6      | 11.6  | 725.0       | 782.2 | 82.7                               | 125.6                           | 11.6  |
| A_12_23_78 | 148          | 34       | 4.29  | 0.29551            | 0.04460 | 0.03813    | 0.00215 | 0.05621     | 0.00861 | 0.14                               | 262.9                         | 35.0  | 241.2      | 13.3  | 460.5       | 340.9 | 47.6                               | 241.2                           | 13.3  |

| Анализ     | Уран и торий |          |      | Отношения изотопов |         |            |         |             |         |                                   | Кажущиеся возрасты (млн. лет) |       |            |       |             |       | Дискордант<br>ность (%)<br>7/6-6/8 | Лучший<br>возраст<br>(млн. лет) | ± 2 σ |
|------------|--------------|----------|------|--------------------|---------|------------|---------|-------------|---------|-----------------------------------|-------------------------------|-------|------------|-------|-------------|-------|------------------------------------|---------------------------------|-------|
|            | U (ppm)      | Th (ppm) | U/Th | 207Pb/235U         | ± 2 σ   | 206Pb/238U | ± 2 σ   | 207Pb/206Pb | ± 2 σ   | корреляцион<br>ная<br>погрешность | 207Pb/235U                    | ± 2 σ | 206Pb/238U | ± 2 σ | 207Pb/206Pb | ± 2 σ |                                    |                                 |       |
| A_12_23_79 | 121          | 30       | 4.06 | 0.26017            | 0.04902 | 0.03620    | 0.00216 | 0.05213     | 0.01014 | 0.05                              | 234.8                         | 39.5  | 229.2      | 13.5  | 291.2       | 446.8 | 21.3                               | 229.2                           | 13.5  |
| A_12_23_80 | 18           | 9        | 1.94 | 0.66609            | 0.21104 | 0.09207    | 0.00583 | 0.05247     | 0.01674 | 0.06                              | 518.3                         | 128.8 | 567.7      | 34.4  | 306.1       | 633.6 | -85.5                              | x                               | x     |
| A_12_23_81 | 152          | 41       | 3.72 | 0.27801            | 0.03011 | 0.03881    | 0.00110 | 0.05196     | 0.00561 | 0.13                              | 249.1                         | 23.9  | 245.4      | 6.8   | 283.6       | 247.5 | 13.4                               | 245.4                           | 6.8   |
| A_12_23_82 | 570          | 219      | 2.60 | 0.27222            | 0.02038 | 0.03702    | 0.00124 | 0.05333     | 0.00386 | 0.29                              | 244.5                         | 16.3  | 234.3      | 7.7   | 342.9       | 163.8 | 31.7                               | 234.3                           | 7.7   |
| A_12_23_83 | 60           | 16       | 3.73 | 0.22316            | 0.08284 | 0.02714    | 0.00228 | 0.05964     | 0.02250 | 0.04                              | 204.5                         | 68.8  | 172.6      | 14.3  | 590.4       | 836.0 | 70.8                               | 172.6                           | 14.3  |
| A_12_23_84 | 389          | 105      | 3.69 | 0.27506            | 0.03003 | 0.03795    | 0.00158 | 0.05257     | 0.00580 | 0.15                              | 246.7                         | 23.9  | 240.1      | 9.8   | 310.4       | 251.6 | 22.7                               | 240.1                           | 9.8   |
| A_12_23_85 | 135          | 33       | 4.07 | 0.27707            | 0.04233 | 0.03803    | 0.00176 | 0.05283     | 0.00824 | 0.07                              | 248.3                         | 33.7  | 240.6      | 10.9  | 321.7       | 355.7 | 25.2                               | 240.6                           | 10.9  |
| A_12_23_86 | 353          | 91       | 3.87 | 0.27702            | 0.03223 | 0.03947    | 0.00115 | 0.05090     | 0.00593 | 0.10                              | 248.3                         | 25.6  | 249.6      | 7.1   | 236.3       | 269.3 | -5.6                               | 249.6                           | 7.1   |
| A_12_23_87 | 94           | 19       | 5.01 | 0.69929            | 0.07781 | 0.08355    | 0.00415 | 0.06071     | 0.00692 | 0.16                              | 538.4                         | 46.5  | 517.3      | 24.7  | 628.8       | 246.0 | 17.7                               | 517.3                           | 24.7  |
| A_12_23_88 | 328          | 67       | 4.93 | 6.29258            | 0.21353 | 0.35975    | 0.00764 | 0.12686     | 0.00390 | 0.43                              | 2017.4                        | 29.7  | 1981.0     | 36.2  | 2054.9      | 54.2  | 3.6                                | 2017.4                          | 29.7  |

Примечание: X - отклоненные дискордантные возрасты. Для анализов <1 млрд. лет использованы 206Pb/238U возрасты, а 206Pb/207Pb возрасты использованы для зерен >1 млрд. лет.



**Приложение 4. Содержание петрогенных и рассеянных элементов для вулканогенных пород северной части Алганского террейна**

| Пластина                       | "Нижняя"                     |                   |                   |            |          |            |                  |           |
|--------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|------------|----------|------------|------------------|-----------|
| Комплекс пород                 | Вулканогенно-туфотерригенный |                   |                   |            |          |            |                  |           |
| Номер разреза на рис. 31       | Разрез 1                     |                   |                   |            |          |            |                  | Разрез 2  |
| Название породы                | полушечный базальт           | брекчии базальтов | брекчии базальтов | базальт    | базальт  | базальт    | долерито-базальт | базальт   |
| Выделенный геохимический тип   | 1 тип                        | 2 тип             | 2 тип             | 2 тип      | 3 тип    | 2 тип      | 2 тип            | 1 тип     |
| Номер                          | 1                            | 2                 | 3                 | 4          | 5        | 6          | 7                | 8         |
| петрогенные элементы (масс. %) |                              |                   |                   |            |          |            |                  |           |
| № образца                      | 08-KO-62/1                   | 08-KO-65          | 08-KO-65/1        | 08-KO-66/3 | 08-KO-67 | 08-KO-67-2 | 08-KO-67-1       | А-1192.05 |
| SiO <sub>2</sub>               | 46.35                        | 53.48             | 42.1              | 50.0       | 46.4     | 44.56      | 44.33            | 48.12     |
| TiO <sub>2</sub>               | 1.8                          | 0.82              | 1.12              | 0.69       | 1.13     | 0.66       | 0.74             | 1.28      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14.36                        | 14.4              | 13.5              | 14.9       | 10.5     | 13.69      | 13.79            | 14.65     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 7.19                         | 10.0              | 9.28              | 6.60       | 13.42    | 12.85      | 11.75            | 0.03      |
| FeO                            | 4.4                          | -                 | 3.61              | 4.09       | 0.94     | -          | -                | 11.8      |
| MnO                            | 0.18                         | 0.20              | 0.23              | 0.19       | 0.02     | 0.24       | 0.22             | 0.24      |
| MgO                            | 6.86                         | 5.2               | 3.78              | 6.5        | 3.86     | 6.26       | 6.30             | 6.97      |
| CaO                            | 10.92                        | 11.4              | 15.1              | 9.13       | 9.70     | 10.56      | 11.44            | 9.65      |
| Na <sub>2</sub> O              | 2.21                         | 4.0               | 2.9               | 2.8        | 1.0      | 2.75       | 2.73             | 0.08      |
| K <sub>2</sub> O               | 0.09                         | 0.44              | 0.60              | 0.11       | 3.18     | 0.92       | 0.78             | 2.92      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.15                         | 0.087             | 0.35              | 0.06       | 0.12     | 0.08       | 0.08             | 0.15      |
| п.п.п.                         | 5.11                         | -                 | 7.11              | 4.4        | 9.61     | -          | -                | 2.94      |
| Сумма                          | 99.62                        | 46.52             | 99.62             | 99.46      | 99.90    | -          | -                | 98.83     |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | -                            | -                 | -                 | -          | -        | -          | -                | -         |
| CO <sub>2</sub>                | -                            | -                 | -                 | -          | -        | -          | -                | -         |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  | -                            | -                 | -                 | -          | -        | -          | -                | -         |
| Элемент ы примеси (г/т )       |                              |                   |                   |            |          |            |                  |           |
| Элемент                        | 08-KO-62/1                   | 08-KO-65          | 08-KO-65/1        | 08-KO-66/3 | 08-KO-67 | 08-KO-67-2 | 08-KO-67-1       | А-1192.05 |
| Li                             | 4.3                          | 12.9              | 17.2              | 11.8       | 16.6     | -          | -                | 25.4      |
| Be                             | 0.57                         | 0.20              | 0.20              | 0.16       | 0.42     | -          | -                | 0.33      |
| Sc                             | 48.9                         | 52.0              | 49.6              | 52.8       | 33.3     | 49.25      | 48.55            | 49.4      |
| Ti                             | -                            | -                 | -                 | -          | -        | -          | -                | -         |
| Ti*                            | 10788.3                      | 4929.5            | 6712.7            | 4135.5     | 6772.6   | 3943.7     | 4423.2           | 8181.9    |
| V                              | 379                          | 313               | 265               | 341        | 96.3     | 216.67     | 241.73           | 341       |
| Cr                             | 209                          | 331               | 308               | 67.4       | 198      | 65.06      | 59.46            | 159       |
| Mn                             | -                            | -                 | -                 | -          | -        | -          | -                | -         |
| Fe                             | -                            | -                 | -                 | -          | -        | -          | -                | -         |
| Co                             | 50.4                         | 47.9              | 45.0              | 46.9       | 25.9     | 40.8       | 39.53            | 45.8      |
| Ni                             | 103                          | 69.5              | 75.8              | 54.2       | 96.5     | 39.03      | 36.98            | 118       |
| Cu                             | 155                          | 114               | 147               | 176        | 86.4     | 144.35     | 65.31            | 162       |
| Zn                             | 99.5                         | 98.2              | 95.4              | 99.0       | 84.6     | 88.1       | 91.19            | 88.4      |
| Ga                             | 18.4                         | 12.6              | 12.0              | 14.5       | 12.5     | 15.22      | 15.86            | 17.6      |
| As                             | 0.53                         | 5.0               | 9.1               | 1.3        | 4.7      | -          | -                | 0.7       |
| Se                             | < 1.6                        | < 1               | < 1.2             | < 2        | < 1      | -          | -                | < 1       |
| Rb                             | 0.53                         | 11.9              | 12.8              | 1.3        | 96.6     | -          | -                | 1.5       |
| Sr                             | 163                          | 126               | 156               | 66.3       | 407      | 79.24      | 77.09            | 258       |
| Y                              | 23.2                         | 21.2              | 21.0              | 22.2       | 21.0     | 27.51      | 27.05            | 26.9      |
| Zr                             | 96.0                         | 44.3              | 38.9              | 30.4       | 47.6     | 34.91      | 39.12            | 71.8      |
| Nb                             | 5.9                          | 2.3               | 1.8               | 0.95       | 2.2      | 2.48       | 3.36             | 2.7       |
| Mo                             | 0.78                         | 0.31              | 0.91              | 0.28       | 0.23     | -          | -                | 0.84      |
| Ag                             | 0.060                        | < ПО              | < ПО              | 0.036      | 0.019    | -          | -                | 0.040     |
| Cd                             | 0.13                         | 0.13              | 0.15              | 0.080      | < ПО     | -          | -                | 0.081     |
| Sn*                            | 1.0                          | 0.35              | 0.35              | 0.32       | 0.58     | -          | -                | 0.49      |
| Sb                             | < ПО                         | 0.20              | 0.16              | 0.11       | 0.25     | -          | -                | 0.15      |
| Cs                             | < ПО                         | 0.49              | 0.36              | 0.033      | 3.1      | -          | -                | 0.14      |
| Ba                             | 66.6                         | 25.9              | 32.2              | 88.5       | 720      | 67.88      | 76.78            | 157       |
| La                             | 5.2                          | 2.2               | 2.1               | 1.4        | 8.3      | 1.91       | 1.52             | 2.7       |
| Ce                             | 14.7                         | 6.1               | 5.6               | 3.8        | 13.6     | 4.53       | 3.87             | 8.2       |
| Pr                             | 2.3                          | 1.0               | 1.0               | 0.6        | 2.4      | 0.68       | 0.59             | 1.4       |
| Nd                             | 12.2                         | 5.4               | 5.4               | 3.4        | 11.1     | 3.76       | 3.35             | 7.7       |
| Sm                             | 3.8                          | 1.9               | 1.9               | 1.5        | 3.2      | 1.56       | 1.44             | 2.7       |
| Eu                             | 1.3                          | 0.71              | 0.73              | 0.58       | 0.89     | 0.64       | 0.58             | 1.0       |
| Gd                             | 4.8                          | 3.1               | 3.1               | 2.8        | 4.0      | 2.85       | 2.58             | 3.9       |
| Tb                             | 0.76                         | 0.53              | 0.56              | 0.54       | 0.65     | 0.58       | 0.52             | 0.66      |
| Dy                             | 4.7                          | 3.8               | 3.8               | 4.1        | 4.1      | 4.35       | 3.86             | 4.3       |
| Ho                             | 0.97                         | 0.84              | 0.86              | 0.93       | 0.87     | 1.02       | 0.9              | 0.89      |
| Er                             | 2.8                          | 2.6               | 2.6               | 2.9        | 2.6      | 3.28       | 2.86             | 2.8       |
| Tm                             | 0.38                         | 0.38              | 0.38              | 0.45       | 0.36     | 0.49       | 0.43             | 0.37      |
| Yb                             | 2.4                          | 2.5               | 2.7               | 3.1        | 2.3      | 3.39       | 2.97             | 2.5       |
| Lu                             | 0.35                         | 0.38              | 0.40              | 0.48       | 0.33     | 0.53       | 0.46             | 0.35      |
| Hf                             | 2.9                          | 1.4               | 1.4               | 1.2        | 1.7      | 1.04       | 1.42             | 2.3       |
| Ta                             | 0.30                         | 0.13              | 0.11              | 0.06       | 0.12     | -          | -                | 0.20      |
| W                              | 0.063                        | 0.043             | 0.06              | 0.14       | 0.23     | -          | -                | 0.18      |
| Tl                             | 0.014                        | 0.083             | 0.088             | 0.020      | 0.10     | -          | -                | 0.037     |
| Pb                             | 0.32                         | 0.25              | 0.12              | 0.13       | 7.6      | -          | 1.24             | 0.11      |
| Bi                             | < ПО                         | < ПО              | < ПО              | < ПО       | 0.080    | -          | -                | 0.0068    |
| Th                             | 0.31                         | 0.15              | 0.14              | 0.15       | 1.0      | 4.92       | 3.86             | 0.18      |
| U                              | 0.11                         | 0.20              | 0.30              | 0.072      | 0.19     | -          | -                | 0.075     |

Таблица 4 (окончание)

| Пластина                       | "Нижняя"                     |                 |         | "Верхняя"             |                 |           |                                    |          |          |          |                 |          |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------|---------|-----------------------|-----------------|-----------|------------------------------------|----------|----------|----------|-----------------|----------|
| Комплекс пород                 | Вулканогенно-туфотерригенная |                 |         | Кремнисто-базальтовый |                 |           | Вулканогенно-кремнисто-терригенный |          |          |          | Туфотерригенный |          |
| Номер разреза на рис. 31       | Разрез 2                     | Разрез 1        |         | Разрез 7              | нет             |           |                                    |          |          |          |                 | Разрез 6 |
| Название породы                | долерит                      | гайоклас<br>тит | базальт | микродол<br>ерит      | гайоклас<br>тит | спилит    | базальт                            | толеит   | спилит   | базальт  | микродолерит    |          |
| Выделенный геохимический тип   | 1 тип                        | 1 тип           | 3 тип   |                       |                 |           |                                    |          |          |          |                 |          |
| Номер                          | 9                            | 10              | 11      | 12                    | 13              | 14        | 15                                 | 16       | 17       | 18       | 19              |          |
| петрогенные элементы (масс. %) |                              |                 |         |                       |                 |           |                                    |          |          |          |                 |          |
| № образца                      | A-1192.07                    | A-12-14         | A-12-26 | AB/02                 | 07-195/1        | 08EL-50/2 | 07-164                             | 07-164/2 | 07-184/1 | 07-187/4 | 07-152          |          |
| SiO <sub>2</sub>               | 46.27                        | 44.63           | 56.90   | 49.12                 | 55.53           | 47.2      | 44.76                              | 47.0     | 47.74    | 59.04    | 50.00           |          |
| TiO <sub>2</sub>               | 1.45                         | 2.32            | 0.91    | 0.88                  | 2.0             | 1.55      | 2.06                               | 1.82     | 1.81     | 1.3      | 2.36            |          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13.85                        | 12.78           | 16.12   | 16.10                 | 14.9            | 14.5      | 12.90                              | 12.2     | 10.49    | 13.3     | 12.99           |          |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 8.21                         | 9.43            | 3.83    | 2.00                  | 10.5            | 10.84     | 6.66                               | 5.81     | 8.38     | 9.8      | 7.51            |          |
| FeO                            | 6.43                         | 6.65            | 3.12    | 7.16                  | -               | 2.33      | 7.50                               | 8.02     | 2.16     | -        | 4.63            |          |
| MnO                            | 0.25                         | 0.25            | 0.68    | 0.16                  | 0.21            | 0.18      | 0.17                               | 0.11     | 0.43     | 0.13     | 0.22            |          |
| MgO                            | 5.96                         | 6.70            | 4.55    | 4.70                  | 4.7             | 6.94      | 7.81                               | 7.20     | 5.57     | 3.8      | 5.05            |          |
| CaO                            | 10.13                        | 9.10            | 4.56    | 9.88                  | 9.3             | 6.93      | 10.04                              | 11.0     | 10.50    | 10.5     | 10.02           |          |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.09                         | 1.21            | 0.34    | 0.46                  | 2.2             | 4.4       | 2.97                               | 3.5      | 3.83     | 1.8      | 4.14            |          |
| K <sub>2</sub> O               | 2.92                         | 2.46            | 2.86    | 3.88                  | 0.37            | 0.16      | 0.11                               | 0.14     | 0.43     | 0.019    | 0.36            |          |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.17                         | 0.24            | 0.15    | 0.13                  | 0.24            | 0.17      | 0.24                               | 0.16     | 0.17     | 0.23     | 0.23            |          |
| п.п.п.                         | 3.55                         | 3.50            | 5.65    | 4.73                  | -               | 4.59      | 3.97                               | 2.16     | 8.28     | -        | 2.77            |          |
| Сумма                          | 99.28                        | 99.27           | 99.67   | 99.20                 | 44.47           | 99.74     | 99.19                              | 99.11    | 99.79    | 40.96    | 100.28          |          |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  | -                            | -               | -       | -                     | -               | -         | 0.57                               | -        | 1.43     | -        | 0.53            |          |
| CO <sub>2</sub>                | -                            | -               | -       | -                     | -               | -         | 0.25                               | -        | 3.77     | -        | 0.52            |          |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | -                            | -               | -       | -                     | -               | -         | 2.55                               | -        | 3.25     | -        | 1.53            |          |
| Элемент ы примеси (г/г )       |                              |                 |         |                       |                 |           |                                    |          |          |          |                 |          |
| Элемент                        | A-1192.07                    | A-12-14         | A-12-26 | AB/02                 | 07-195/1        | 08EL-50/2 | 07-164                             | 07-164/2 | 07-184/1 | 07-187/4 | 07-152          |          |
| Li                             | 29.7                         | 13.8            | 61.5    | 10.9                  | 24.4            | 6.0       | -                                  | 1.1      | -        | 9.5      | -               |          |
| Be                             | 0.41                         | 0.80            | 0.76    | 0.18                  | 1.0             | 0.60      | 0.724                              | 0.63     | 0.947    | 0.66     | 0.812           |          |
| Sc                             | 52.6                         | 48.6            | 23.8    | 52.3                  | 41.8            | 47.2      | 36.8                               | 48.7     | 33.9     | 32.9     | 43.9            |          |
| Ti                             | -                            | -               | -       | -                     | -               | -         | 11749                              | -        | 9494     | -        | 14148           |          |
| Ti*                            | 9108.3                       | 16134.8         | 5671.9  | 5598.6                | 12228.1         | 9289.9    | 12346.6                            | 10908.2  | 10848.2  | 7609.7   | 14144.6         |          |
| V                              | 384                          | 498             | 193     | 328                   | 280             | 274       | 355                                | 368      | 324      | 264      | 403             |          |
| Cr                             | 74.4                         | 19.1            | 71.5    | -                     | 237.1           | 246       | 191                                | 241      | 171      | 52.8     | 66.3            |          |
| Mn                             | -                            | -               | -       | -                     | -               | -         | 1114                               | -        | 2869     | -        | 1566            |          |
| Fe                             | -                            | -               | -       | -                     | -               | -         | 87801                              | -        | 77586    | -        | 84650           |          |
| Co                             | 50.3                         | 41.8            | 24.5    | 47.6                  | 44.9            | 45.8      | 42.4                               | 40.2     | 37.5     | 26.4     | 45.5            |          |
| Ni                             | 78.7                         | 36.3            | 49.5    | -                     | 82.5            | 63.2      | 77.8                               | 69.2     | 100      | 39.3     | 57.6            |          |
| Cu                             | 172                          | 59.9            | 65.8    | 36.9                  | 42.8            | 9.3       | 38.5                               | 5.2      | 42.4     | 17.1     | 44.5            |          |
| Zn                             | 100                          | 131             | 100     | 76.8                  | 133             | 96.8      | 55.3                               | 45.2     | 99.8     | 91.5     | 119             |          |
| Ga                             | 17.0                         | 19.5            | 15.4    | 12.7                  | 22.1            | 14.8      | 20.0                               | 15.2     | 16.7     | 21.7     | 19.7            |          |
| As                             | 1.0                          | 0.79            | 1.0     | 0.31                  | 6.4             | 4.1       | -                                  | < ПО     | -        | 9.7      | -               |          |
| Se                             | < 1.3                        | < 3             | < 1     | < 0.9                 | < 2.3           | < 2       | -                                  | < 1.8    | -        | < 2      | -               |          |
| Rb                             | 1.4                          | 24.6            | 9.4     | 11.9                  | 15.9            | 2.3       | 0.791                              | 0.77     | 9.60     | 0.31     | 6.02            |          |
| Sr                             | 339                          | 127             | 559     | 222                   | 128             | 61.5      | 83.7                               | 80.3     | 189      | 184      | 131             |          |
| Y                              | 33.1                         | 60.7            | 19.2    | 21.5                  | 30.3            | 38.7      | 38.9                               | 41.8     | 35.1     | 40.3     | 57.5            |          |
| Zr                             | 82.6                         | 178             | 88.9    | 42.8                  | 121             | 102       | 153                                | 41.7     | 105      | 114      | 179             |          |
| Nb                             | 3.6                          | 5.6             | 3.1     | 1.8                   | 13.6            | 5.4       | 5.652                              | 5.3      | 2.21     | 4.0      | 4.89            |          |
| Mo                             | 1.0                          | 0.69            | 1.3     | 0.067                 | 0.84            | 0.53      | 0.649                              | 0.47     | 1.10     | 1.2      | 0.634           |          |
| Ag                             | 0.037                        | 0.050           | < ПО    | < ПО                  | < ПО            | 0.042     | -                                  | < ПО     | -        | < ПО     | -               |          |
| Cd                             | 0.099                        | 0.11            | 0.554   | 0.11                  | 0.059           | 0.10      | 0.075                              | < ПО     | 0.099    | 0.083    | 0.097           |          |
| Sn*                            | 0.51                         | 1.4             | 0.61    | 0.32                  | 1.6             | 1.2       | -                                  | 1.5      | -        | 1.1      | -               |          |
| Sb                             | 0.10                         | 0.23            | 0.25    | 0.17                  | 0.71            | 0.13      | -                                  | 0.14     | -        | 0.07     | -               |          |
| Cs                             | 0.11                         | 0.59            | 0.57    | 1.1                   | 0.54            | 0.046     | 0.022                              | 0.020    | 0.354    | 0.046    | 0.097           |          |
| Ba                             | 226                          | 65.5            | 4749    | 68.5                  | 47.0            | 26.5      | 11.8                               | 10.8     | 124      | 26.1     | 40.3            |          |
| La                             | 3.4                          | 6.0             | 10.1    | 1.9                   | 11.6            | 4.6       | 5.72                               | 5.6      | 3.78     | 4.8      | 6.03            |          |
| Ce                             | 9.8                          | 19.1            | 26.6    | 5.3                   | 27.3            | 14.2      | 16.6                               | 19.1     | 11.2     | 14.6     | 20.0            |          |
| Pr                             | 1.6                          | 3.2             | 3.2     | 0.89                  | 4.2             | 2.4       | 2.65                               | 3.3      | 1.99     | 2.5      | 3.34            |          |
| Nd                             | 9.1                          | 17.2            | 13.8    | 4.9                   | 20.5            | 13.4      | 13.8                               | 17.4     | 11.0     | 13.5     | 17.9            |          |
| Sm                             | 3.1                          | 6.0             | 3.4     | 1.9                   | 5.7             | 4.5       | 4.64                               | 5.4      | 3.95     | 4.9      | 6.14            |          |
| Eu                             | 1.2                          | 2.0             | 1.0     | 0.73                  | 1.9             | 1.3       | 1.49                               | 2.0      | 1.31     | 1.5      | 2.11            |          |
| Gd                             | 4.5                          | 8.3             | 3.3     | 2.7                   | 6.8             | 6.7       | 6.09                               | 7.6      | 5.36     | 6.8      | 8.32            |          |
| Tb                             | 0.78                         | 1.4             | 0.52    | 0.49                  | 1.1             | 1.1       | 1.08                               | 1.2      | 0.964    | 1.2      | 1.52            |          |
| Dy                             | 5.1                          | 9.4             | 3.2     | 3.3                   | 6.2             | 7.3       | 7.19                               | 8.1      | 6.46     | 7.7      | 10.3            |          |
| Ho                             | 1.1                          | 2.0             | 0.65    | 0.72                  | 1.3             | 1.6       | 1.57                               | 1.7      | 1.40     | 1.7      | 2.31            |          |
| Er                             | 3.4                          | 6.2             | 2.0     | 2.3                   | 3.5             | 4.7       | 4.46                               | 5.1      | 4.00     | 4.9      | 6.82            |          |
| Tm                             | 0.48                         | 0.89            | 0.28    | 0.33                  | 0.48            | 0.68      | 0.651                              | 0.71     | 0.600    | 0.70     | 1.04            |          |
| Yb                             | 3.3                          | 6.1             | 2.0     | 2.2                   | 3.1             | 4.4       | 4.22                               | 4.6      | 3.89     | 4.8      | 6.67            |          |
| Lu                             | 0.49                         | 0.88            | 0.28    | 0.33                  | 0.45            | 0.64      | 0.635                              | 0.64     | 0.594    | 0.70     | 1.03            |          |
| Hf                             | 2.6                          | 5.3             | 2.8     | 1.6                   | 3.9             | 3.6       | 3.80                               | 2.3      | 2.78     | 3.4      | 4.54            |          |
| Ta                             | 0.25                         | 0.41            | 0.20    | 0.13                  | 0.79            | 0.29      | 0.375                              | 0.32     | 0.153    | 0.27     | 0.342           |          |
| W                              | 0.094                        | 0.073           | 0.35    | 0.040                 | 0.33            | 0.19      | -                                  | 0.10     | -        | 0.15     | -               |          |
| Tl                             | 0.011                        | 0.061           | 0.051   | 0.037                 | 0.13            | < ПО      | -                                  | < ПО     | -        | < ПО     | -               |          |
| Pb                             | 0.44                         | 0.80            | 6.3     | 0.19                  | 1.4             | 0.45      | 3.92                               | < ПО     | 8.78     | 0.44     | 5.44            |          |
| Bi                             | 0.0069                       | 0.0067          | 0.14    | 0.0067                | < ПО            | < ПО      | -                                  | < ПО     | -        | < ПО     | -               |          |
| Th                             | 0.25                         | 0.3             | 1.6     | 0.15                  | 0.8             | 0.26      | 0.386                              | 0.25     | 0.230    | 0.25     | 0.352           |          |
| U                              | 0.12                         | 0.23            | 0.65    | 0.094                 | 0.3             | 0.13      | 0.130                              | 0.10     | 0.213    | 0.11     | 0.127           |          |

Примечание. Курсивом выделены петрогенные элементы полученные в лаборатории ГИН РАН, микроэлементов в ИМГРЭ. В остальных случаях содержание главных элементов определены в АСИЦ ИПТМ РАН. Знаком (\*) помечены концентрации Ti в г/т, посчитанные по формуле – ((10000\*TiO<sub>2</sub>wt)\*Ti(amu))/((Ti(amu) + 2\*O(amu))), в остальных случаях содержания получены инструментально. <ПО – ниже порога обнаружения применяемой методики. Прочерк – элемент не определен.

| Приложение 5. Содержание петрогенных и рассеянных элементов в кремнистых породах "Верхней" пластины северной части Алганского террейна |                         |            |           |           |           |            |          |                                        |          |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|----------------------------------------|----------|----------|
| Комплексы пород                                                                                                                        | Вулканогенно-кремнистый |            |           |           |           |            |          | Вулканогенно-кремнисто-туфотерригенный |          |          |
| название породы                                                                                                                        | радиолярит              | радиолярит | алевролит | алевролит | алевролит | радиолярит | яшма     | кремнистая брекчия                     | аргиллит | яшма     |
| Номер                                                                                                                                  | 1                       | 2          | 3         | 4         | 5         | 6          | 7        | 8                                      | 9        | 10       |
| петрогенные элементы (масс. %)                                                                                                         |                         |            |           |           |           |            |          |                                        |          |          |
| № обр.                                                                                                                                 | 07-136                  | 07-136/1   | 07-136/2  | 07-143    | 07-143/3  | 07-193     | 07-193/3 | 07-166                                 | 07-166/8 | 07-185/8 |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                                       | 93.78                   | 93         | 83.26     | 89.98     | 90.42     | 91.29      | 89.64    | 54.64                                  | 58.91    | 94.05    |
| TiO <sub>2</sub>                                                                                                                       | 0.07                    | 0.06       | 0.2       | 0.12      | 0.11      | 0.02       | 0.09     | 1.04                                   | 0.9      | 0.02     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                                         | 0.37                    | 0.48       | 3.5       | 2.88      | 0.94      | 0.57       | 2.31     | 17.3                                   | 14.83    | 1.08     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                                         | 2.43                    | 1.8        | 4.94      | 1.83      | 2.71      | 1.06       | 1.32     | 9.21                                   | 10.49    | 1.5      |
| FeO                                                                                                                                    | 0.18                    | 0.18       | 0.65      | 0.29      | 0.36      | 0.15       | 0.61     | 0.55                                   | 0.4      | 0.15     |
| MnO                                                                                                                                    | 0.01                    | 0.01       | 0.07      | 0.03      | 0.04      | 0.19       | 0.21     | 0.19                                   | 0.13     | 0.25     |
| MgO                                                                                                                                    | 0.24                    | 0.24       | 1.25      | 0.2       | 0.8       | 0.89       | 1.85     | 2.67                                   | 1.59     | 0.47     |
| CaO                                                                                                                                    | 0.62                    | 1.29       | 1.18      | 1.01      | 1.17      | 3.03       | 1.41     | 2.22                                   | 1.88     | 0.79     |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                                      | 0.22                    | 0.19       | 0.67      | 0.36      | 0.37      | 0.07       | 0.23     | 3.52                                   | 5.53     | 0.05     |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                                       | 0.22                    | 0.17       | 0.92      | 0.58      | 0.53      | 0.04       | 0.38     | 3.96                                   | 2.28     | 0.17     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                                                                                          | 0.02                    | 0.02       | 0.13      | 0.03      | 0.08      | 0.01       | 0.03     | 0.21                                   | 0.16     | 0.01     |
| н.п.п.                                                                                                                                 | 1.28                    | 1.94       | 2.66      | 1.98      | 1.9       | 2.75       | 1.74     | 3.88                                   | 2.3      | 0.98     |
| Сумма                                                                                                                                  | 98.16                   | 97.44      | 96.77     | 97.31     | 97.53     | 97.32      | 98.08    | 95.51                                  | 97.1     | 98.54    |
| Элементы примеси (г/т)                                                                                                                 |                         |            |           |           |           |            |          |                                        |          |          |
| № пробы                                                                                                                                | 07-136                  | 07-136-1*  | 07-136/2  | 07-143*   | 07-143/3  | 07-193     | 07-193/3 | 07-166                                 | 07-166/8 | 07-185/8 |
| Li                                                                                                                                     | -                       | -          | -         | -         | -         | -          | -        | -                                      | -        | -        |
| Be                                                                                                                                     | 0.306                   | -          | 0.541     | -         | 0.251     | <0.05      | <0.05    | 0.819                                  | 1.065    | <0.05    |
| Sc                                                                                                                                     | 16.9                    | 1.1        | 17.9      | 47.02     | 19.2      | 27.5       | 21.3     | 27.5                                   | 30.0     | 21.1     |
| Ti                                                                                                                                     | 517                     | -          | 1375      | -         | 853       | 137        | 617      | 6642                                   | 5539     | 478      |
| Ti*                                                                                                                                    | -                       | -          | -         | -         | -         | -          | -        | -                                      | -        | -        |
| V                                                                                                                                      | 16.6                    | 23.81      | 40.8      | 503.36    | 26.3      | 10.8       | 12.3     | 173                                    | 94.9     | 12.2     |
| Cr                                                                                                                                     | 25.2                    | 9.81       | 17.7      | 289.18    | 18.3      | 15.1       | 16.3     | 65.0                                   | 37.0     | 15.5     |
| Mn                                                                                                                                     | 155                     | -          | 489       | -         | 270       | 1419       | 1537     | 1471                                   | 968      | 1860     |
| Fe                                                                                                                                     | 7195                    | -          | 29499     | -         | 15852     | 9105       | 15406    | 65047                                  | 66833    | 13601    |
| Co                                                                                                                                     | 3.04                    | 3.14       | 13.4      | 49.62     | 6.67      | 1.48       | 40.6     | 27.8                                   | 21.2     | 4.15     |
| Ni                                                                                                                                     | 17.8                    | -          | 35.5      | 66.24     | 22.8      | 14.8       | 40.4     | 52.6                                   | 54.1     | 18.8     |
| Cu                                                                                                                                     | 6.08                    | 29.54      | 48.0      | 228.21    | 25.3      | 27.0       | 9.72     | 38.9                                   | 65.4     | 12.2     |
| Zn                                                                                                                                     | 6.9                     | 9.28       | 41.2      | 77.3      | 15.7      | 15.9       | 33.3     | 95.7                                   | 86.8     | 29.0     |
| Ga                                                                                                                                     | 2.37                    | 1.92       | 6.70      | 17.07     | 3.74      | 1.21       | 4.70     | 19.7                                   | 17.0     | 1.93     |
| As                                                                                                                                     | -                       | -          | -         | -         | -         | -          | -        | -                                      | -        | -        |
| Rb                                                                                                                                     | 8.00                    | 6.65       | 28.8      | 13.98     | 18.0      | 1.56       | 10.7     | 85.2                                   | 62.2     | 5.82     |
| Sr                                                                                                                                     | 4.44                    | 9.33       | 24.6      | 153.08    | 18.3      | 52.6       | 63.5     | 231                                    | 171      | 29.6     |
| Y                                                                                                                                      | 5.36                    | 4.25       | 14.8      | 32.72     | 7.36      | 3.27       | 8.64     | 34.3                                   | 37.0     | 3.17     |
| Zr                                                                                                                                     | 8.9                     | 17.77      | 25.9      | 101.88    | 15.1      | 8.37       | 33.5     | 167                                    | 177      | 10.6     |
| Nb                                                                                                                                     | 1.45                    | 2.44       | 1.10      | 4.85      | 0.318     | 0.252      | 0.556    | 6.03                                   | 7.57     | 0.550    |
| Mo                                                                                                                                     | <1,00                   | -          | <1,00     | -         | <1,00     | <1,00      | 8.99     | <1,00                                  | 23.0     | 4.43     |
| Cd                                                                                                                                     | 0.011                   | -          | 0.030     | -         | 0.031     | 0.020      | 0.044    | 0.150                                  | 0.144    | 0.015    |
| Cs                                                                                                                                     | <0.5                    | -          | <0.5      | -         | <0.5      | <0.5       | <0.5     | 1.61                                   | 1.07     | <0.5     |
| Ba                                                                                                                                     | 62.0                    | 62.76      | 83.9      | 66.97     | 74.2      | 384        | 115      | 200                                    | 170      | 86.9     |
| La                                                                                                                                     | 4.32                    | 2.59       | 14.3      | 3.65      | 6.42      | 5.80       | 4.94     | 21.0                                   | 25.4     | 2.48     |
| Ce                                                                                                                                     | 15.6                    | 9.72       | 30.6      | 11.62     | 14.8      | 3.15       | 18.6     | 55.5                                   | 72.1     | 2.88     |
| Pr                                                                                                                                     | 1.08                    | 0.65       | 3.23      | 1.89      | 1.55      | 1.32       | 1.43     | 6.28                                   | 7.04     | 0.781    |
| Nd                                                                                                                                     | 4.28                    | 2.87       | 12.8      | 10.12     | 6.21      | 5.29       | 5.88     | 27.1                                   | 29.3     | 3.12     |
| Sm                                                                                                                                     | 0.956                   | 0.63       | 2.73      | 3.42      | 1.35      | 1.04       | 1.37     | 6.51                                   | 6.83     | 0.754    |
| Eu                                                                                                                                     | 0.216                   | 0.13       | 0.670     | 1.16      | 0.316     | 0.206      | 0.329    | 1.67                                   | 1.73     | 0.174    |
| Gd                                                                                                                                     | 1.01                    | 0.55       | 2.81      | 4.79      | 1.49      | 0.927      | 1.51     | 6.69                                   | 7.20     | 0.776    |
| Tb                                                                                                                                     | 0.151                   | 0.1        | 0.430     | 0.85      | 0.215     | 0.135      | 0.252    | 1.09                                   | 1.17     | 0.129    |
| Dy                                                                                                                                     | 0.956                   | 0.58       | 2.75      | 5.64      | 1.33      | 0.760      | 1.55     | 6.83                                   | 7.16     | 0.772    |
| Ho                                                                                                                                     | 0.213                   | 0.12       | 0.576     | 1.19      | 0.286     | 0.146      | 0.347    | 1.42                                   | 1.52     | 0.156    |
| Er                                                                                                                                     | 0.631                   | 0.36       | 1.59      | 3.53      | 0.799     | 0.388      | 0.993    | 4.05                                   | 4.27     | 0.434    |
| Tm                                                                                                                                     | 0.100                   | 0.07       | 0.235     | 0.51      | 0.114     | 0.054      | 0.156    | 0.614                                  | 0.651    | 0.072    |
| Yb                                                                                                                                     | 0.701                   | 0.38       | 1.44      | 3.2       | 0.728     | 0.355      | 1.02     | 3.95                                   | 4.15     | 0.410    |
| Lu                                                                                                                                     | 0.116                   | 0.07       | 0.221     | 0.48      | 0.120     | 0.045      | 0.166    | 0.605                                  | 0.640    | 0.059    |
| Hf                                                                                                                                     | 0.209                   | 1.28       | 0.534     | 3.14      | 0.315     | 0.136      | 0.737    | 4.18                                   | 4.97     | 0.137    |
| Ta                                                                                                                                     | 0.092                   | -          | 0.174     | -         | 0.085     | 0.055      | 0.074    | 0.583                                  | 0.562    | 0.064    |
| W                                                                                                                                      | -                       | -          | -         | -         | -         | -          | -        | -                                      | -        | -        |
| Th                                                                                                                                     | -                       | -          | -         | -         | -         | -          | -        | -                                      | -        | -        |
| Pb                                                                                                                                     | 0.270                   | 13.46      | 3.37      | -         | 1.38      | 0.700      | 0.796    | 3.04                                   | 7.40     | 0.256    |
| Th                                                                                                                                     | 1.70                    | 0.94       | 2.92      | 3.32      | 1.53      | 0.167      | 1.37     | 4.58                                   | 6.49     | 0.313    |
| U                                                                                                                                      | 0.625                   | 0.46       | 0.539     | -         | 0.237     | 0.120      | 0.162    | 0.994                                  | 1.11     | 0.122    |

| Таблица 5 (окончание)                  |          |                    |                    |          |            |                 |            |           |
|----------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|----------|------------|-----------------|------------|-----------|
| Вулканогенно-кремнисто-туфотерригенный |          |                    |                    |          |            | Туфотерригенный |            |           |
| название породы                        | яшма     | кремнистая брекчия | кремнистая брекчия | кремень  | радиолярит | туфосилицит     | радиолярит | Алевролит |
| Номер                                  | 11       | 12                 | 13                 | 14       | 15         | 16              | 17         | 18        |
| <b>петрогенные элементы (масс. %)</b>  |          |                    |                    |          |            |                 |            |           |
| № обр.                                 | 07-186/3 | 07-186/6           | 07-188             | 07-190/2 | 07-190/3   | 07-146          | 144a       | 07-145a   |
| SiO <sub>2</sub>                       | 96.74    | 95.62              | 90.94              | 93.83    | 89.6       | 71.69           | 90.0       | 86.8      |
| TiO <sub>2</sub>                       | 0.01     | 0.01               | 0.09               | 0.04     | 0.03       | 0.44            | 0.06       | 0.36      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>         | 0.1      | 0.1                | 2.79               | 0.3      | 0.77       | 9.11            | 1.4        | 5.4       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>         | 1.52     | 1.91               | 1.66               | 2.03     | 2.53       | 2.87            | 1.12       | 1.65      |
| FeO                                    | 0.12     | 0.14               | 0.14               | 0.38     | 0.26       | 0.75            | 1.52       | 1.38      |
| MnO                                    | 0.04     | 0.05               | 0.11               | 0.1      | 0.22       | 0.11            | 0.04       | 0.04      |
| MgO                                    | 0.1      | 0.18               | 0.46               | 0.32     | 0.52       | 0.98            | 0.31       | 0.78      |
| CaO                                    | 0.7      | 0.97               | 1.21               | 1.47     | 2.99       | 3.97            | 0.38       | 0.49      |
| Na <sub>2</sub> O                      | 0.04     | 0.05               | 0.21               | 0.04     | 0.06       | 1.47            | 0.2        | 0.4       |
| K <sub>2</sub> O                       | 0.03     | 0.03               | 0.68               | 0.26     | 0.15       | 0.81            | 0.21       | 0.47      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>          | 0.02     | 0.02               | 0.04               | 0.01     | 0.02       | 0.1             | 0.03       | 0.07      |
| n.n.n.                                 | 0.56     | 0.57               | 1.47               | 1.1      | 2.57       | 7.09            | 2.15       | 2.02      |
| Сумма                                  | 99.42    | 99.08              | 98.33              | 98.78    | 97.15      | 92.3            | 95.33      | 97.832268 |
| <b>Элементы примеси (г/т)</b>          |          |                    |                    |          |            |                 |            |           |
| № пробы                                | 186/3    | 07-186/6           | 07-188             | 07-190/2 | 07-190/3   | 07-146          | 144a       | 145a      |
| Li                                     | 4.6      | -                  | -                  | -        | -          | -               | 39.6       | 47.0      |
| Be                                     | 0.21     | 0.486              | 0.049              | <0.05    | 0.264      | 0.941           | 0.42       | 0.41      |
| Sc                                     | 1.1      | 6.2                | 23.0               | 25.6     | 23.0       | 23.2            | 2.8        | 3.7       |
| Ti                                     | -        | 119                | 630                | 460      | 317        | 3315            | -          | -         |
| Ti*                                    | -        | -                  | -                  | -        | -          | -               | -          | -         |
| V                                      | 46.1     | 53.6               | 17.8               | 28.6     | 43.9       | 60.2            | 13.3       | 17.9      |
| Cr                                     | 56.7     | 17.2               | 6.85               | 24.9     | 7.60       | 20.4            | 48.8       | 40.0      |
| Mn                                     | -        | 293                | 794                | 948      | 1515       | 856             | -          | -         |
| Fe                                     | -        | 11488              | 13327              | 10552    | 21430      | 30208           | -          | -         |
| Co                                     | 2.3      | 1.67               | 12.7               | 3.11     | 2.71       | 4.76            | 4.2        | 10.2      |
| Ni                                     | 16.5     | 13.6               | 27.6               | 25.1     | 19.1       | 9.27            | 17.8       | 23.5      |
| Cu                                     | 29.6     | 7.10               | 14.2               | 24.6     | 19.9       | 32.6            | 45.4       | 57.1      |
| Zn                                     | 29.5     | 15.7               | 23.1               | 15.2     | 26.2       | 40.9            | 14.5       | 27.3      |
| Ga                                     | 1.5      | 1.36               | 3.52               | 2.78     | 2.35       | 12.5            | 2.4        | 3.6       |
| As                                     | 3.3      | -                  | -                  | -        | -          | -               | 3.5        | 1.5       |
| Rb                                     | 1.5      | 0.96               | 20.0               | 9.17     | 4.53       | 25.7            | 7.9        | 13.9      |
| Sr                                     | 5.7      | 9.1                | 51.1               | 32.1     | 41.8       | 1020.2          | 77.0       | 45.6      |
| Y                                      | 4.6      | 2.87               | 8.94               | 5.43     | 9.65       | 19.8            | 6.2        | 3.3       |
| Zr                                     | 9.8      | 1.80               | 22.6               | 13.6     | 10.7       | 129             | 19.1       | 17.6      |
| Nb                                     | 0.44     | <0.05              | 1.03               | 0.741    | 0.332      | 3.06            | 2.8        | 1.7       |
| Mo                                     | 4.6      | 144                | 8.10               | 3.40     | <1,00      | 12.2            | 4.6        | 3.9       |
| Cd                                     | 0.039    | <0.005             | 0.019              | 0.017    | 0.020      | 0.274           | < ПО       | < ПО      |
| Cs                                     | 0.058    | <0.5               | 1.89               | <0.5     | <0.5       | 0.530           | 0.50       | 0.76      |
| Ba                                     | 14.0     | 7.86               | 112                | 31.5     | 32.7       | 1449            | 3115       | 5448      |
| La                                     | 2.4      | 2.99               | 5.03               | 5.95     | 8.16       | 12.1            | 5.8        | 4.6       |
| Ce                                     | 1.8      | 1.77               | 16.1               | 9.16     | 3.81       | 31.8            | 14.9       | 15.5      |
| Pr                                     | 0.80     | 0.656              | 1.45               | 1.57     | 2.51       | 4.24            | 1.4        | 1.2       |
| Nd                                     | 3.6      | 2.69               | 6.19               | 6.52     | 10.3       | 17.0            | 5.5        | 4.7       |
| Sm                                     | 1.0      | 0.538              | 1.50               | 1.43     | 2.34       | 4.03            | 1.2        | 1.0       |
| Eu                                     | 0.20     | 0.104              | 0.328              | 0.346    | 0.538      | 0.747           | 0.18       | 0.10      |
| Gd                                     | 1.2      | 0.560              | 1.70               | 1.43     | 2.50       | 3.89            | 1.2        | 0.92      |
| Tb                                     | 0.18     | 0.086              | 0.281              | 0.206    | 0.393      | 0.641           | 0.18       | 0.13      |
| Dy                                     | 1.1      | 0.519              | 1.71               | 1.16     | 2.36       | 3.98            | 1.1        | 0.73      |
| Ho                                     | 0.23     | 0.113              | 0.365              | 0.245    | 0.489      | 0.826           | 0.23       | 0.15      |
| Er                                     | 0.63     | 0.344              | 1.00               | 0.652    | 1.34       | 2.43            | 0.7        | 0.45      |
| Tm                                     | 0.086    | 0.046              | 0.165              | 0.090    | 0.200      | 0.380           | 0.10       | 0.065     |
| Yb                                     | 0.59     | 0.297              | 1.04               | 0.565    | 1.21       | 2.47            | 0.67       | 0.47      |
| Lu                                     | 0.075    | 0.044              | 0.174              | 0.087    | 0.171      | 0.378           | 0.11       | 0.074     |
| Hf                                     | 0.18     | <0,003             | 0.497              | 0.269    | 0.091      | 3.25            | 0.61       | 0.56      |
| Ta                                     | < ПО     | 0.010              | 0.115              | 0.072    | 0.031      | 0.393           | 0.16       | 0.11      |
| W                                      | 0.60     | -                  | -                  | -        | -          | -               | 0.66       | 1.0       |
| Tl                                     | < ПО     | -                  | -                  | -        | -          | -               | 0.045      | 0.084     |
| Pb                                     | 2.9      | 0.588              | 1.08               | 1.40     | 2.39       | 3.37            | 4.9        | 7.2       |
| Th                                     | 0.26     | 0.149              | 1.37               | 0.639    | 0.325      | 5.67            | 1.7        | 2.1       |
| U                                      | 0.13     | 0.166              | 0.106              | 0.233    | 0.203      | 1.63            | 0.83       | 0.23      |

Примечание. Содержания петрогенных элементов получены в лаборатории ГИН РАН. Курсивом выделены микроэлементы полученные в АСИЦ ИПТМ РАН. В остальных случаях содержание главных элементов определены в ИМГРЭ. Знаком (\*) помечены образцы, где содержания редких земель определены рентгено-флюоресцентным методом в Университете г. Хиросима (Япония). <ПО – ниже порога обнаружения применяемой методики. Прочерк – элемент не определен.