

Санкт-Петербургский государственный университет

АЛЕКСАНДРОВ Вадим Николаевич

Магистерская диссертация

Состав и источники сноса верхнепалеозойских отложений центральной части

Охотского массива

Уровень образования: Магистратура

Направление: 05.04.01 «Геология»

Основная образовательная программа: ВМ.5515.2021 «Геология»

Научный руководитель:

д.г.-м.н., проф. Худолей Андрей Константинович

Рецензент:

Геолог 1 категории

Брусницына Екатерина Алексеевна

Санкт-Петербург

2023

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Геолого-структурное положение и строение Охотского массива	5
Глава 2. Стратиграфия верхнепалеозойских отложений центральной части Охотского массива	9
Глава 3. Геохимическая характеристика осадочных центральной части Охотского массива	39
Глава 4. Геологическое развитие Охотского массива в позднем палеозое и источники сноса осадочного материала	54
Заключение	58
Список литературы	59

Введение

Данная работа на тему «Состав и источники сноса верхнепалеозойских отложений центральной части Охотского массива» написана на основе материалов, собранных автором во время двухлетних полевых геолого-разведочных работ в Охотском районе Хабаровского края. Полевые работы проводились по заданию ФГБУ «ВСЕГЕИ», руководителем геологической партии являлся А.М. Нахшкарян, главным геологом – Д.В. Зархидзе. Научно-исследовательская работа проводилась в рамках оценки изученности и подготовки материалов для геологического картирования листов геологической карты Р-54-XXXVI и Р-55-XXXI.

Охотский массив располагается в Дальневосточном регионе России на северном побережье Охотского моря. Это одно из немногих мест на планете, которое еще слабо изучено геологами. Первые систематические работы, включающие стратиграфические, тектонические и геолого-съёмочные исследования на территории Охотского массива проводились лишь в 1960-ых – 1970-ых годах, после этого имели место только «точечные» исследования на выступах докембрийского фундамента и в периферических частях массива [Песков, Умитбаев, 1977; Умитбаев, 1978; Чиков, 1970; Натапов и др. 1995; Кузьмин и др. 2009; Бяков, 2005; Бяков и др., 2010; Бяков, 2010; Казакова и др., 2013].

Отложения верхнего палеозоя слагают значительную часть осадочного чехла Охотского массива. Эти отложения представлены вулканогенно-осадочными и терригенными образованиями. Однако, до сих пор имеется мало материалов по петрографии и геохимии этих пород, а также неизвестны источники сноса и материнские породы, из которых образовывались эти отложения. Подобные исследования проводились только в периферийных частях массива [Бяков и др., 2010]. В связи с этим, объектом исследований автора стали породы верхнего палеозоя, слагающие центральную часть Охотского массива в пределах листов геологической карты Р-54-XXXVI и Р-55-XXXI.

Цель работы: установление источников сноса вулканогенно-осадочных и терригенных пород верхнего палеозоя центральной части Охотского массива, определение палеотектонических обстановок их формирования.

В задачи работы входило:

- Изучение геологического строения и верхнепалеозойской истории Охотского массива;
- Установление литологического состава верхнепалеозойских отложений на основе полевых материалов и петрографических данных;
- Изучение геохимических характеристик и особенностей пород на основе данных силикатного и ИСР анализов;
- Обобщение и интерпретация всех полученных данных;

Автор выражает благодарность своему научному руководителю Андрею Константиновичу Худолею за всестороннюю помощь. Автор признателен Сергею Васильевичу Кашину и Алене Борисовне Морозовой – за консультации по петрографии.

При проведении работ использовались следующие ресурсные центры СПбГУ: РЦ рентгенодифракционных методов исследования и РЦ микроскопии и микроанализа.

Глава 1. Геолого-структурное положение и строение Охотского массива

Охотский массив располагается на северном побережье Охотского моря на территории Хабаровского края.

В геологическом отношении Охотский массив располагается в южной части складчатой системы Верхояно-Колымских мезозоид (рис. 1). Западная граница массива проводится по Билякчанской зоне разломов, которая представляет собой узкую структуру с чешуйчато-надвиговым строением и интенсивным проявлением динамометаморфизма, в которую вовлечены различные породы от архея до триаса и юры. (рис 2). [Натапов, Сурмилова, 1995]

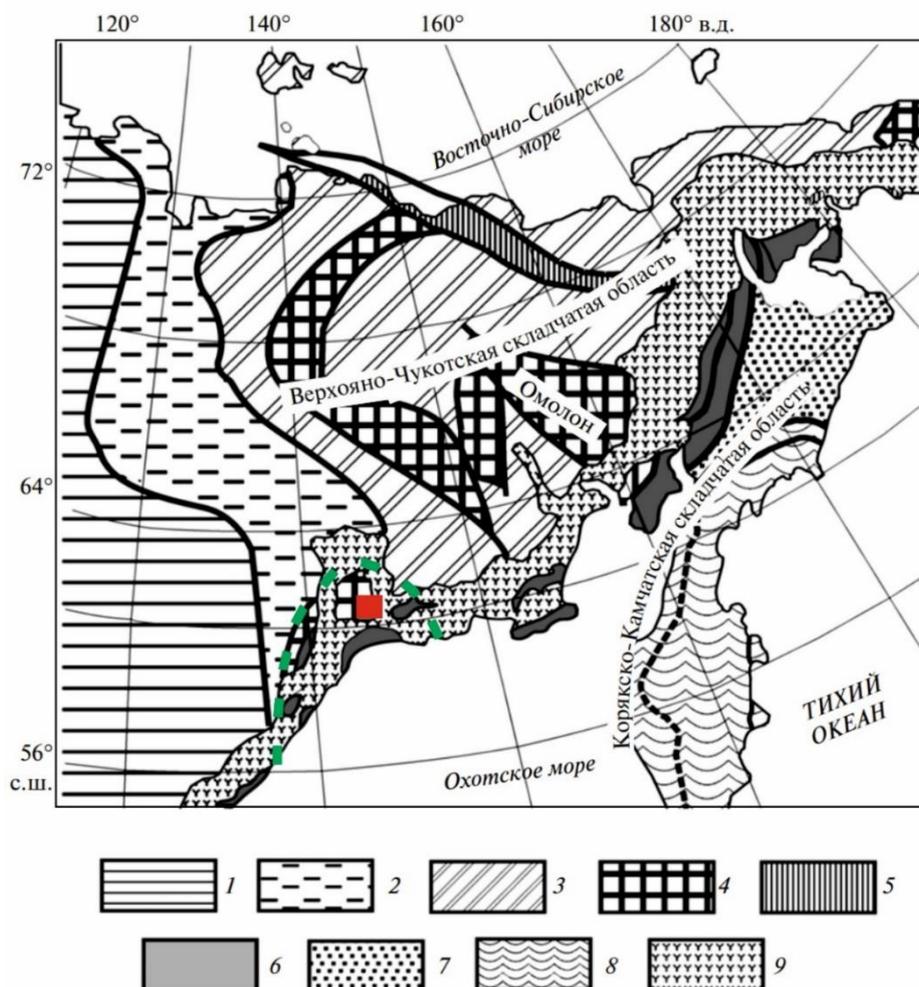


Рис.1. Схема основных тектонических элементов Северо-Востока Азии
1 – Сибирская платформа; 2 – структуры пассивной окраины Сибирского кратона (Верхоянский комплекс); 3-5 – Верхояно-Чукотская складчатая область: 3 – палеозойско-мезозойские отложения, 4 – террейны с континентальной корой, 5 – Южно-Ануйская коллизийная сутура; 6–8 – Корякско-Камчатская складчатая область: 6 – Западно-Корякская складчатая система, 7 – Анадырско-Корякская складчатая система, 8 – Олюторско-Камчатская складчатая система; 9 – Охотско-Чукотский вулканогенный пояс [Соколов С.Д., 2010].

Зеленой пунктирной линией обозначены примерные границы Охотского массива. Красным прямоугольником отмечен район полевых работ исследований пермских отложений.

Северная и восточная границы массива полностью или частично перекрыты терригенными образованиями верхоянского комплекса и терригенно-вулканогенными и вулканогенными породами Охотско-Чукотского пояса. Однако общая конфигурация массива реконструируется с помощью геологических наблюдений и результатов анализа гравитационных и магнитных полей, а также по изменению мощностей современной континентальной коры. Южная часть массива скрыта водами Охотского моря (рис. 2).

Природа Охотского массива является дискуссионной. Ранее он рассматривался в качестве срединного массива – выступа Северо-Азиатского кратона, имеющего раннедокембрийский кристаллический фундамент и полого залегающий рифейско-фанерозойский чехол, аналогичный чехлу Сибирской платформы.

Однако, в настоящее время, исходя из существующих представлений об эволюции этого района в палеозое, можно полагать, что Охотский массив был частью Северо-Азиатского кратона, но в результате рифтогенеза в рифее и девоне, который активнее всего проходил в его северо-западном обрамлении, он частично откололся от континента и испытал поворот по часовой стрелке в восточном направлении. Позднее, в мезозое, Охотский массив был обратно приращен к Сибирскому континенту [Натапов, Сурмилова, 1995, Кузьмин и др., 2018; Парфенов и др., 2003].

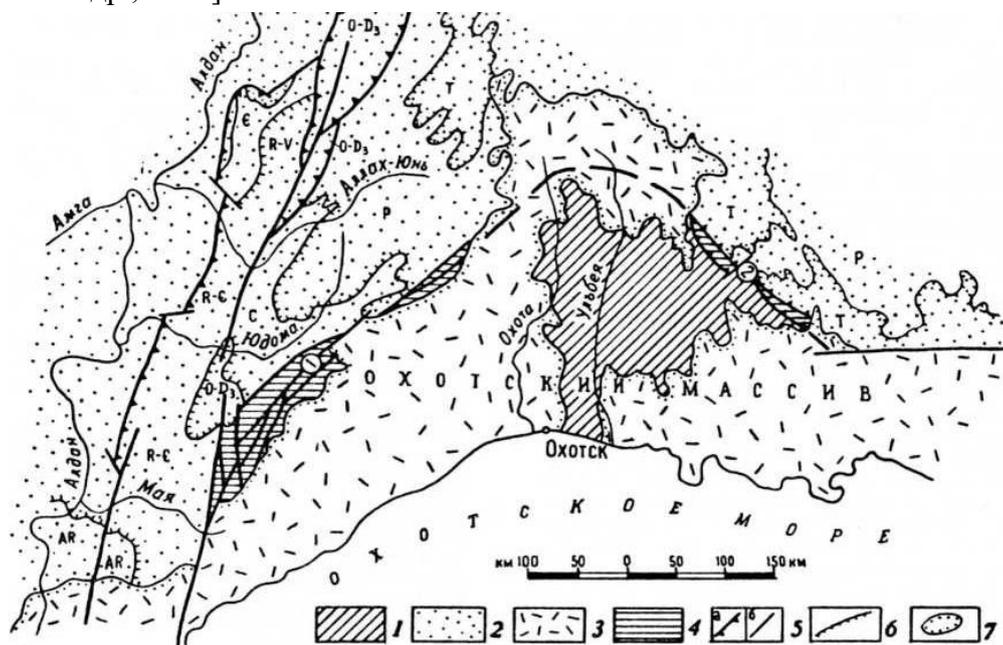


Рис 2. Схема расположения Охотского массива.

Граница Охотского массива показана черной пунктирной линией.

1 — Охотский массив, 2 — Сибирский континент и Верхояно-Колымская складчатая область, 3 — Охотско-Чукотский вулканический пояс, 4 — пограничные зоны Охотского массива (1 — Билякчанская зона, 2 — Хейджанская зона), 5 — разрывные нарушения (а — взбросы, надвиги, б — сдвиги и сбрососдвиги), 6 — границы разновозрастных образований на краю Сибирского континента, 7 — граница позднемезозойских вулканических поясов.

Большая часть территории массива в настоящее время имеет зрелую континентальную кору, утоняющуюся в юго-восточном направлении в сторону Охотского моря. Глубины залегания поверхности Мохо меняются от 42 км до 30 – 33 км на побережье.

Охотский массив состоит из серии вытянутых в северо-восточном и субмеридиональном направлениях клиновидных блоков, разделенных преимущественно взбросами и правыми сдвигами. Эти блоки являются фрагментами расколотого микроконтинента, поскольку сложены породами либо архейского кристаллического фундамента (3,25 – 3,7 млрд лет), либо осадочного чехла. (рис. 3) [Чиков, 1970; Натапов, Сурмилова, 1995; Кузьмин и др., 2005; Казакова и др., 2013].

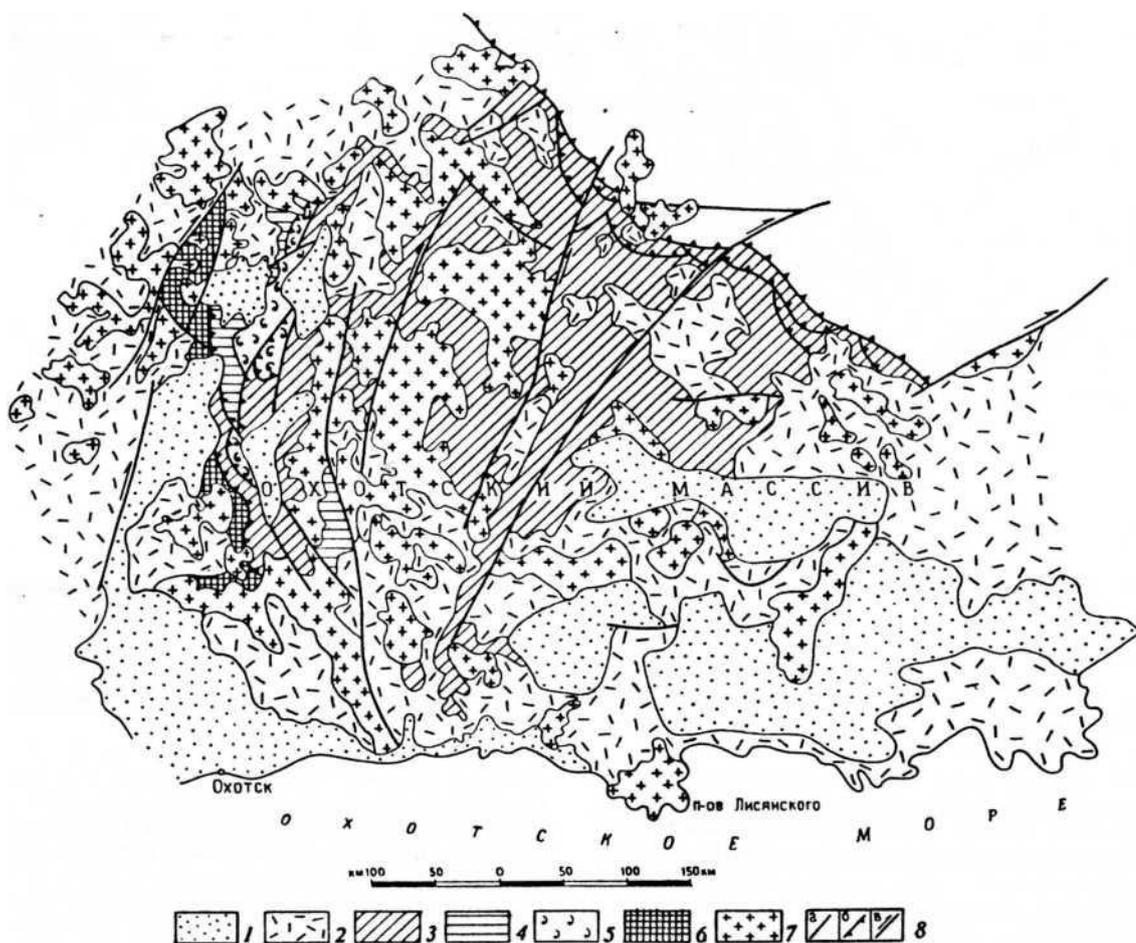


Рис 3. Карта геологического строения Охотского массива.

1 — кайнозойские наложенные впадины, 2 — позднемезозойские вулканиты, 3 — верхнедевонские, карбон-пермские и верхнетриасовые отложения, 4 — рифейские и вендские отложения, 5 — ордовикские, силурийские и нижне-среднедевонские образования, 6 — архейское кристаллическое основание, 7 — позднемезозойские гранитоиды, 8 — разрывные нарушения (а — взбросы, надвиги, б — сдвиги, в — взбросо-сдвиги) [Натапов, Сурмилова, 1995]

В общем строении всех блоков Охотского массива можно выделить четыре структурных этажа, разделенных резкими угловыми несогласиями и отличающихся по степени деформированности и метаморфизма – это архейский, слагающий кристаллический

фундамент; верхнепротерозойско-мезозойский, верхнемезозойский и кайнозойский [Чиков, 1970; Натапов, Сурмилова, 1995; Соколов, 2010; Казакова и др., 2013]. В составе верхнепротерозойско-мезозойского этажа выделяются следующие структурные ярусы: рифейский, вендско-нижнепалеозойский, среднепалеозойский, верхнепалеозойский и триасово-среднеюрский. Верхнемезозойский структурный этаж подразделяется на верхнеюрско-нижнемеловой (доальбский), альб-верхнемеловой и верхнемеловой структурные ярусы.

Образования архейского структурного этажа, слагающие фундамент, обнажены только в центральной части Охотского массива на Кухтуйском выступе (в длину 130 км и в ширину от 20 до 50 км) и ряде мелких поднятий. Здесь они представлены метаморфизованными в амфиболитовой и гранулитовой фациях комплексами пород, состоящих главным образом из биотит-амфиболовых и амфиболпироксеновых гнейсов и кристаллосланцев, амфиболовых, биотитовых и гранатовых гнейсов, мраморов, кальцифиров и кварцитов, в том числе железистых. Эти образования являются самыми древними на территории России, возраст идиоморфных ядер цирконов из гиперстенплагиоклазовых гранулитов был определен в 3,7 млрд лет. При этом большинство изучавшихся метаморфических пород Охотского массива имеет возраст 3,25–3,35 млрд лет, но подверглось гранулитовому и амфиболитовому метаморфизму около 2730 и 1900–1960 млн лет [Песков, Умитбаев, 1977; Натапов, Сурмилова, 1995; Казакова и др., 2013; Кузьмин и др., 2005; Кузьмин и др., 2009; Кузьмин и др., 2018]

Породы верхнепротерозойско-мезозойского структурного этажа с резким несогласием и конгломератами в основании перекрывают метаморфические комплексы фундамента. Отложения представлены терригенными, карбонатными и, в некоторых случаях вулканическими породами, формировавшимися в мелководно-морских и континентальных условиях

Образование верхнемезозойского структурного этажа связано с развитием Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса и его тыловой зоны. Эти отложения с угловым несогласием залегают на самых различных (вплоть до архейских) образованиях Охотского массива. Они представлены главным образом эффузивами (андезитами, риолитами, дацитами, базальтами, их умереннощелочными разностями), их субвулканическими и экструзивными аналогами, вулканогенно-осадочными породами (туффитами, туфопесчаниками, туфоалевролитами и др.) [Казакова и др., 2013; Натапов, Сурмилова, 1995; Песков, Умитбаев, 1977]

Глава 2. Стратиграфия центральной части Охотского массива

В пределах района работ обнажены только породы верхнепротерозойско-мезозойского структурного этажа. В данной главе приводится описание пермских осадочных пород (верхнепалеозойский структурный ярус), развитых на Охотском массиве в пределах листа Р-54-XXXVI и Р-55-XXXI (рис. 4) и являющиеся основным объектом исследования настоящей работы. Породы отобранные из предположительных областей распространения гадекчанской свиты, при петрографических исследованиях были определены как магматические.

Глава написана преимущественно по литературным материалам: Песков, Умитбаев, 1977; Умитбаев, 1978; Бяков и др., 2005; Бяков, 2010; Казакова и др., 2013 с учетом полевых наблюдений автора.

Пермская система

Пермские отложения широко представлены на исследуемой территории. Им принадлежит существенная роль в строении чехла Охотского массива. Мощная толща этих пород расчленена на шесть свит: ингычанскую, нонкичанскую, кухтуйскую, эвричанскую, дусканьинскую и нюлкалинскую. Все свиты можно разделить по времени образования на раннепермские – это ингычанская, нонкичанская, кухтуйская, и на позднепермские – эвричанскую, дусканьинскую и нюлкалинскую (рис. 4). Также свиты имеют территориальные границы, например, кухтуйская и нюлкалинская свиты распространены сильнее всего на всем листе Р-54-XXXVI и в западной части листа Р-55-XXXI, а отложения ингычанской, нонкичанской, эвричанской и дусканьинской свит расположены в основном в центральной и восточной части листа Р-55-XXXI и постепенно увеличиваются в мощности на восток (рис. 4 и 5).

Пермские отложения (нижний и верхний отделы по геохронологической шкале, принятой в легендах к геологическим картам масштаба 1:200000 первого поколения) характеризуются сильной фациальной изменчивостью как по вертикали, так и по простиранию. В восточной части исследованного района распространены преимущественно морские толщи, в западной - континентальные.

Нижний отдел

В районе присутствуют три типа нижнепермских отложений: морские, континентально-морские и континентальные. Морская толща нижнепермских пород распространена в бассейне Нюта. Она разделена на две свиты: нижнюю – ингычанскую и верхнюю – нонкичанскую (рис. 5).

В центральной и западной частях района (исключая низовья Асибергана) в нижнепермской толще присутствуют как морские, так и континентальные отложения. Нижние ее горизонты представлены континентальными и, вероятно, прибрежно-морскими

образованиями кухтуйской свиты, а верхние – морскими отложениями нонкичанской свиты (рис. 5).

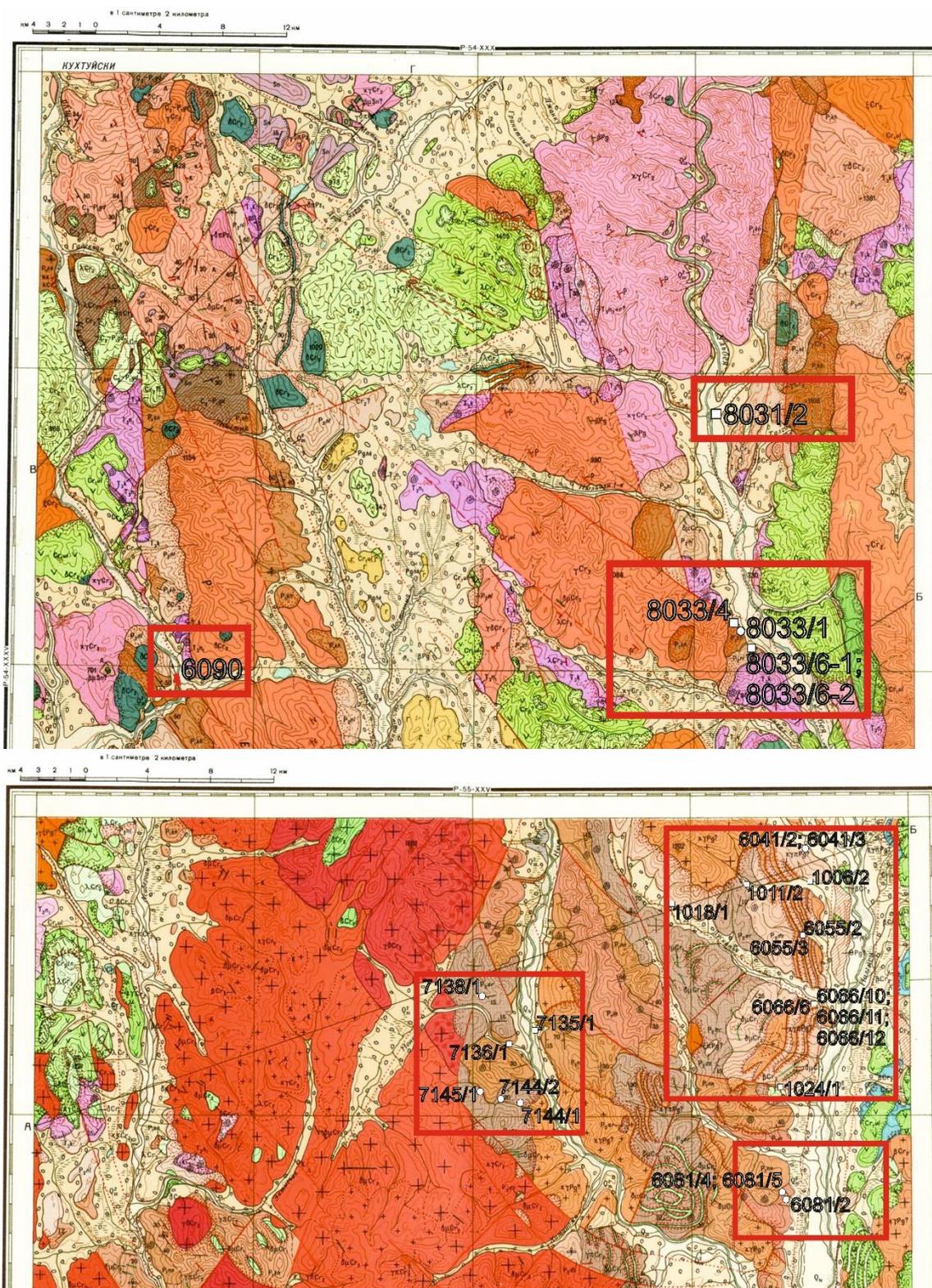


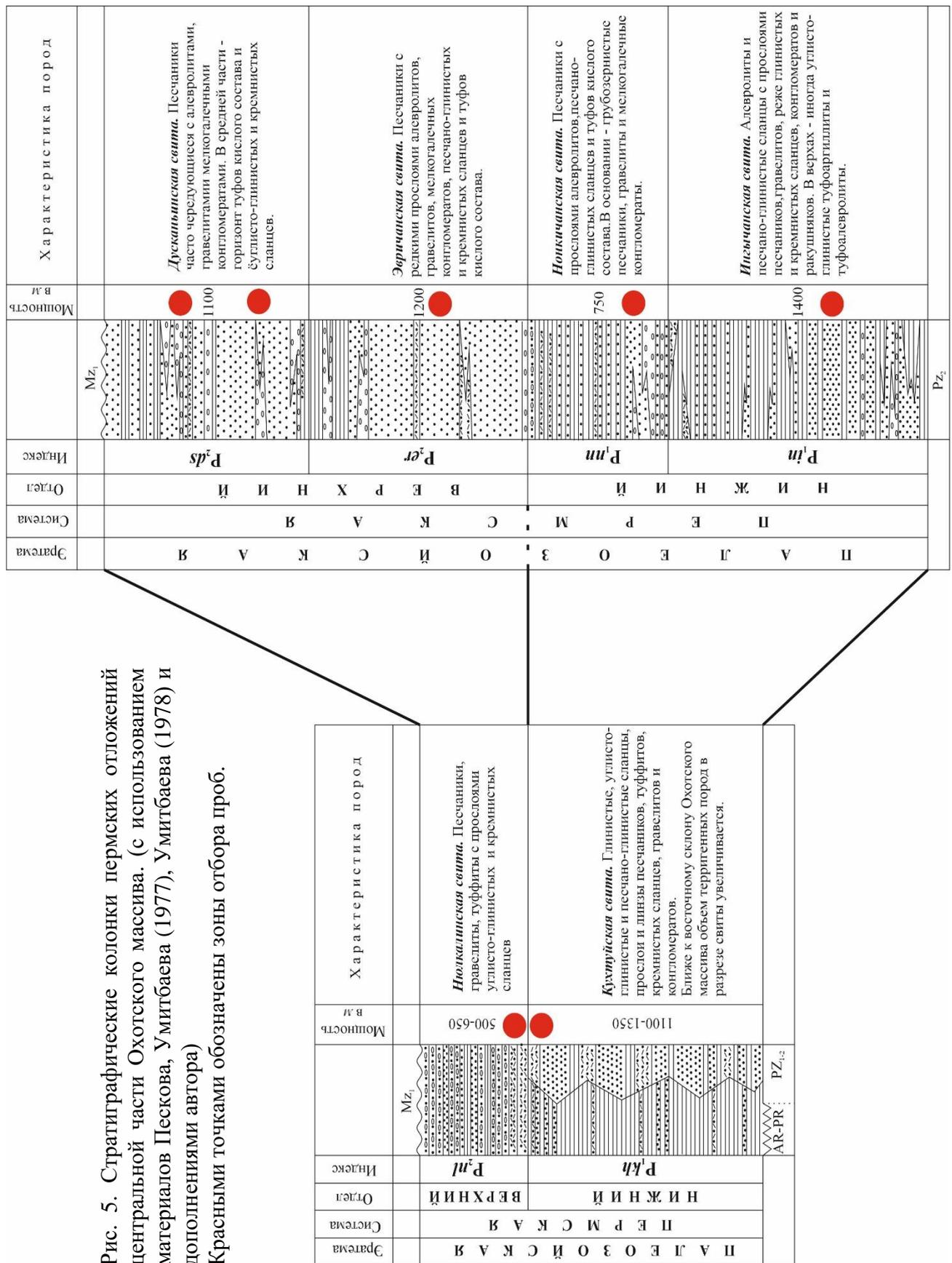
Рис 4. Геологические карты района полевых работ на Охотском массиве: лист P-54-XXXVI (сверху) и P-55-XXXI (снизу) [Песков, Умитбаев, 1968; Умитбаев, 1972].

Цифрами указаны номера проб, используемых в работе.

Точки наблюдения: кружочки – элливиально-делювиальные выходы на склонах гор; квадратики – коренные выходы.

В точке 6090 был описан детальный разрез контакта кухтуйской и нюлкалинской свиты.

Рис. 5. Стратиграфические колонки пермских отложений центральной части Охотского массива. (с использованием материалов Пескова, Умитбаева (1977), Умитбаева (1978) и дополнениями автора)
Красными точками обозначены зоны отбора проб.



Ингчанская свита (Pⁱⁿ) представлена алевролитами и песчано-глинистыми сланцами, часто переслаивающимися с песчаниками и гравелитами. Иногда присутствуют

прослой конгломератов, глинистых углисто-глинистых и кремнистых сланцев, ракушников, туфоаргиллитов и туфоалевролитов. Ингычанская свита согласно залегает на верхнекаменноугольных образованиях и ее нижняя граница проведена в средней части 40-метровой пачки глинистых и песчано-глинистых сланцев по появлению фауны *Jakutoproductus verchojanicus* Fred (рис. 5).

Разрез отложений ингычанской свиты описан предшественниками на Нот-Ингычанском междуречье. Нижние горизонты свиты сложены серыми и темно-серыми, мелко- и среднезернистыми песчаниками, иногда содержащими линзовидные включения углисто-глинистого вещества, в которых встречаются остатки *Jakutoproductus verchojanicus* (Fred.), *Canarinella* sp., *Rhynchopora* sp. indet. (определения В. И. Заводовского). Мощность песчаников около 250 м. Выше залегает мощная (100 м) толща темно-серых алевролитов с остатками *Nuculana* (?) sp. indet., *Pleurotomaria* sp. Алевролитовую толщу сменяют среднезернистые, зеленовато-серые песчаники, мощностью 20 м, и гравелиты с прослоями темно- и зеленовато-серых песчаников различной зернистости. Мощность песчано-гравелитового слоя около 100 м. Здесь можно увидеть яркий пример регрессивного цикла. Трансгрессивный цикл начинают зеленовато-серые крупнозернистые песчаники, мощностью 350 м, с прослоями и пластами гравелитов. В песчаниках встречаются остатки *Jakutoproductus verchojanicus* (Fred.), *Paackelmannia pseudobrama* Zay., *Phricodothyris* sp. indet., *Neospirifer cameratus* (Tschern.), *Linoproductis* sp., *Canaroforia* sp. nov. (?) (определения В. М. Заводовского). Далее следуют более мелкозернистые серые песчаники, переслаивающиеся с темно-серыми алевролитами. В верхней части этого слоя присутствуют небольшие пласты (около 5 м) крупнозернистых песчаников и гравелитов. Мощность пачки мелкозернистых песчаников составляет 120 м. И заканчивает разрез ингычанской свиты мощная 400-метровая пачка темно-серых алевролитов, вмещающих прослой и пласты мелко- и среднезернистых песчаников (от 15 до 20 м), а в низах – гравелитов (0,5-1 м). В средней части пачки присутствует пласт (5-8 м) причудливо слоистых кремнистых сланцев. В низах пачки собраны остатки *Linoproductus* sp., *Neospirifer* sp., *Spiriferina* sp. indet., *Crinoidea* sp., в средней части – *Jakutoproductus* ex gr. *verchojanicus* (Fred.), а в верхах ее залегают ракушники из раковин *Jakutoproductus verchojanicus* (Fred.), *Linoproductus* sp. nov. (?), *Rhynchopora nikitini* Tschera., *Neospirifer cameratus* (Tschern.), определения В.К. Заводовского. Общая мощность разреза свиты около 1100 – 1400 м (рис. 5).

Состав ингычанской свиты как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях непостоянен. Особенно невыдержаны пласты грубообломочных пород, мощность которых на расстоянии 2-3 км изменяется от первых метров до 200-300 м. В приустьевой части р. Нют в

верхних горизонтах свиты присутствует пласт углисто-глинистых туфоаргиллитов и туфоалевролитов мощностью 100 м с остатками раннепермских растений.

Эта свита, помимо специфики литологического состава, отличается от подстилающих и перекрывающих образований присутствием характерного комплекса органических остатков, по которому свита датируется сакмарским – артинским ярусами нижней перми.

В изученных автором крупных эллювиально-делювиальных выходах на правобережье реки Нилгысы породы ингычанской свиты представлены серыми мелко-и среднезернистыми песчаниками с линзами и прослоями углисто-глинистых пород с мелким растительным детритом. Песчаники изучались и опробовались по склонам в долине реки Нилгысы в точках с координатами: точка наблюдения 6081-1 (60° 27' 13" с.ш., 144° 51' 48.3" в.д.) и точка наблюдения 6081-2 (60° 27' 28.4" с.ш., 144° 51' 28.7" в.д.) (рис. 4).

Петрографически отобранные пробы ингычанской свиты под номерами 6081/2, 6081/4, 6081/5 были определены как мелкозернистые аркозовые песчаники (рис. 6). Породы состоят из обломочной (псаммитовой) части (80%) и цемента (20%). Псаммитовая часть представлена обломками кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклаза, циркона и слюды, а также фрагментами пород. Структура мелкозернистая, однако, встречаются зерна размером до 0,4 мм. Сортировка средняя. Микротекстура неоднородная.

Кварцевые зерна размером до 0,4 мм не окатанные, без вторичных изменений и составляют 40% от всей обломочной части. Зерна калиевого полевого шпата размером до 0,4 мм не окатанные или плохоокатанные и оставляют 20% от всей обломочной части. Обломки плагиоклаза имеют меньшие размеры (до 0,15-0,2 мм) и также плохо окатаны. Они оставляют 15% от всей обломочной части. Слюда располагается между крупными обломками минералов и имеет форму небольших чешуек размером до 0,24 мм в длину и до 0,04 мм в ширину. Она составляет 2-3 % от всей обломочной части. Рудные минералы выявлены в виде небольших обломков размером до 0,1 мм. Они имеют плохоокатанные или округлые очертания и составляют примерно 5% от всей обломочной части. В шлифах замечено не большое количество зерен циркона, размером до 0,18 мм. Циркон средне или плохоокатан и составляет 5% от всей обломочной части. (рис. 7)

В песчаниках ингычанской свиты в не большом количестве встречаются обломки пород, размером до 0,2 мм. Средне окатанные. Присутствуют обломки песчаных (70%) и вулканических пород (30%). В целом они обломки пород составляют 13% от всей обломочной части в песчаниках. (рис. 7)

Цемент песчаников представлен гидрослюдистыми и карбонатными минералами. Цемент закрытый поровый (обломки соприкасаются друг с другом), мелкокристаллический, сплошной неравномерный. (рис. 7)

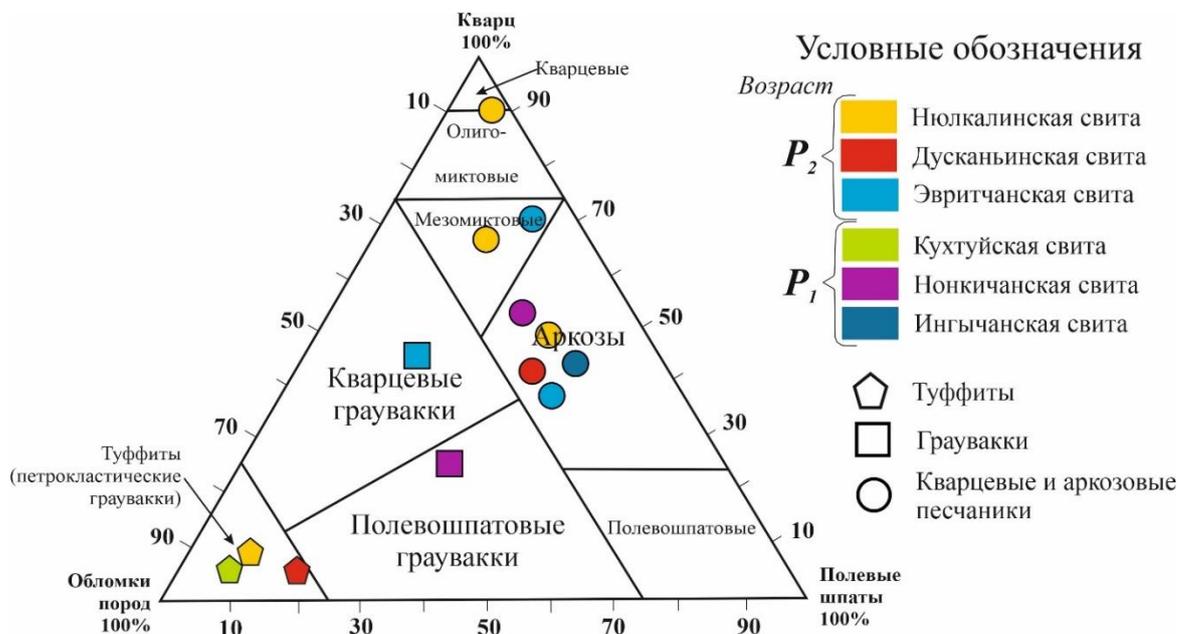


Рис 6. Классификационная диаграмма песчаных пород по В.Н. Шванову (1987) для пермских отложений центральной части Охотского массива.

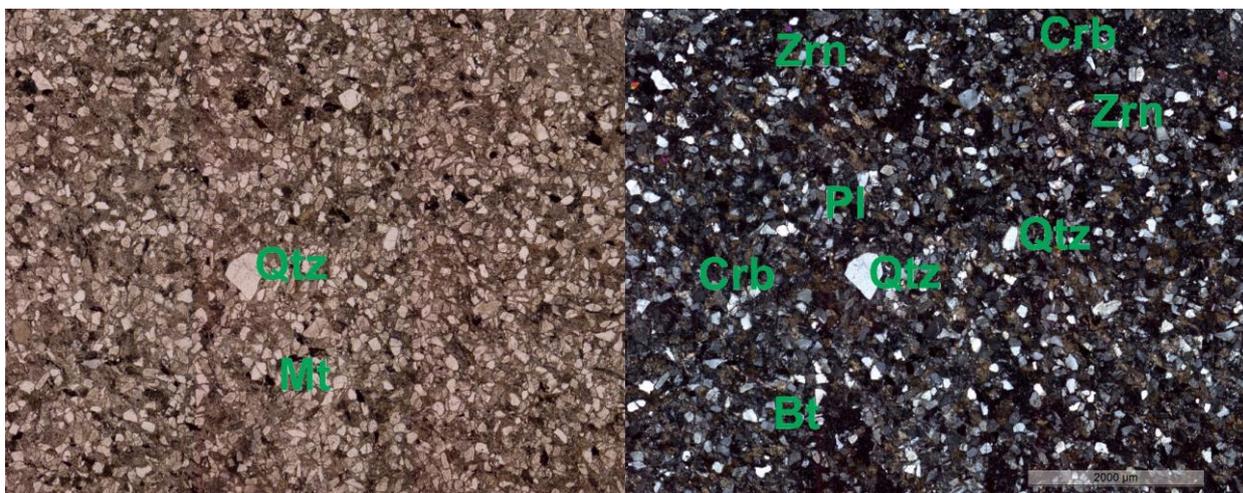


Рис. 7. Ингычанская свита. Шлиф 6081/4. Аркозовые песчаники. Увеличение X5.
 А) без анализатора; Б) с анализатором
 Условные обозначения см. в таблице 1.

Таблица 1. Условные обозначения к фотографиям шлифов	
Буквенное обозначение	Название минерала
Bt	Биотит
Chl	Хлорит
Crb	Карбонат
Fsp	Калиевый калинатровый полевой шпат
Id	Иддингсит
Mt	Магнетит
Pl	Плагиоклаз
Qtz	Кварц
Rm	Рудные минералы
Zrn	Циркон
ООП	Обломки осадочных пород
ОМП	Обломки магматических пород

Нонкичанская свита (P_{1nn}), вероятнее всего, согласно залегает на ингычанской (контакты не вскрыты) и сложена преимущественно мелкозернистыми песчаниками с прослоями и отдельным пачками алевролитов, песчано-глинистых сланцев, средне- и крупнозернистых песчаников, гравелитов, конгломератов и туфов кислого состава. Полный разрез нонкичанской свиты изучен предшественниками в верховьях руч. Ингычана. (рис. 4 и 5)

Нижняя граница свиты проведена по подошве мощной (до 200 м) пачки зеленовато-серых крупнозернистых песчаников с прослоями среднезернистых песчаников, гравелитов и мелкогалечных конгломератов. Выше этой пачки появляется фауна колымий. Далее залегает мощная пачка терригенных пород, сложенная серыми мелкозернистыми песчаниками, с прослоями и пластами (от 0,3 до 10 м) алевролитов и песчано-глинистых сланцев, к верхней части пачки мощность прослоев возрастает. В песчаниках встречаются редкие остатки фауны в виде раковин и *Neospirifer nitienais* (Diep.), *Aviculopecten kolymaensis* Masl., *Nuculana magna* Popow, *Samatophoris* sp. (определения В. М. Заводовского). Общая мощность песчаной пачки составляет около 480 м. В центральной части этой пачки выделяется крупный слой (20 м) темно-серых туфопесчаников и кристаллолитокластических туфов кислого состава и с остатками *Neoplirifer Mtiasla* (Diep.) (определение В.М. Заводовского). Оканчивает разрез нонкичанской свиты не большой слой (50 м) зеленовато-серых средне- и крупнозернистых песчаников с редкими члениками морских лилий. Мощность свиты примерно 750 м (рис. 5).

В других участках района нонкичанская свита такие сложена преимущественно мелкозернистыми песчаниками, лишь в бассейне Асибергана в разрезе увеличивается роль среднезернистых песчаников.

В обнажениях в приустьевой части руч. Нонкчана в одних слоях с различными колымиями собраны крупные экземпляры *Paragastrioceras joseae* Vern, (определение С.Н. Попова), а также *Ptychomphaline umariensis* (Reed), *Mourlonia* (?) cf. *lyndonensis* Diskins которые, по мнению И.П. Бутусовой, являются раннепермскими. По возрасту нонкичанская свита соответствует верхам артинского и кунгурского ярусов.

В обнажениях изученных автором, нонкичанская свита представлена в виде коренных выходов серых полимиктовых песчаников с многочисленными линзами и прослоями темно-серых и черных алевролитов и аргиллитов, мощностью до 1 см. Песчаники изучались и опробовались в точках с координатами: точка наблюдения 7135 (60° 32' 53.3" с.ш., 144° 34' 18.5" в.д.) и точка наблюдения 7136 (60° 32' 29.5" с.ш., 144° 32' 27.6" в.д.) (рис. 4).

В результате петрографических исследований отобранных проб под номерами 7135/1 и 7136/1, породы нонкичанской свиты были разделены на два петрографических класса. (рис. б)

Первый класс пород (проба 7135/1) представлен мелкозернистым аркозовым песчаником. Порода состоит из обломочной (псаммитовой) части (87%) и цемента (13%). Псаммитовая часть сложена обломками кварца, плагиоклаза, калиевого полевого шпата, слюд, а также фрагментами пород. Структура мелкозернистая, встречаются единичные зерна размером до 0,4 мм. Сортировка хорошая. Микротекстура неоднородная (рис. 8).

Зерна кварца, размером от 0,06 до 0,4 мм, плохо окатанные, без вторичных изменений, оставляют 50% от всей обломочной части. Обломки плагиоклаза, размером до 0,22 мм, также плохо окатанные, составляют 20% от всей обломочной части. Калиевый полевой шпат представлен зернами величиной до 0,14 мм, плохо окатанными, Они составляют 10 % от всей обломочной части. Пластинки слюды имеют размер до 0,7 мм в длину и до 0,6 мм в ширину и составляют 2 % от всей обломочной части. Рудные минералы, размером до 0,38 мм, имеют плохо окатанные очертания и оставляют примерно 2% от всей обломочной части. Фрагменты пород имеют размер до 0,4 мм, плохо окатаны и включают в себя обломки песчаных пород (30%) и вулканических пород (70%). В общем фрагменты пород оставляют 16% от всей обломочной части. (рис. 8)

Цемент в песчаниках представлен гидрослюдистыми минералами, хлоритом и боулингитом. Цемент закрытый поровый (обломки соприкасаются друг с другом), мелко-среднекристаллический, сплошной неравномерный. (рис. 8)

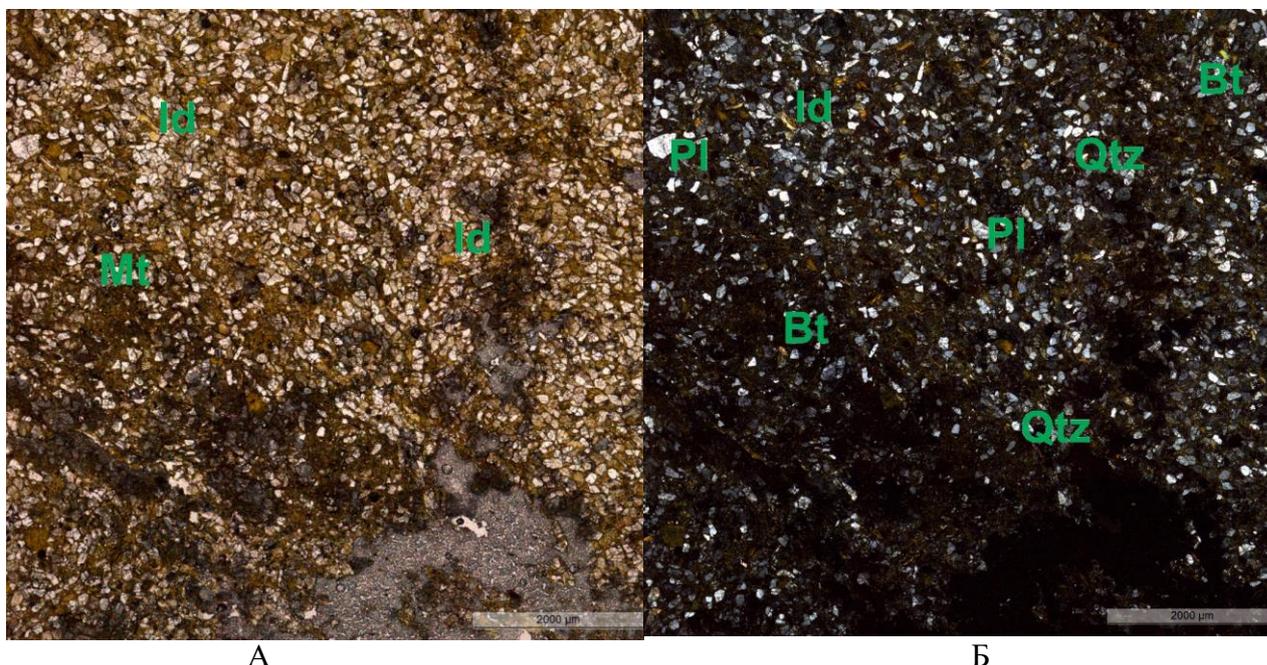


Рис. 8. Нонкичанская свита. Шлиф 7135/1. Аркозовые песчаники.
Увеличение X5.

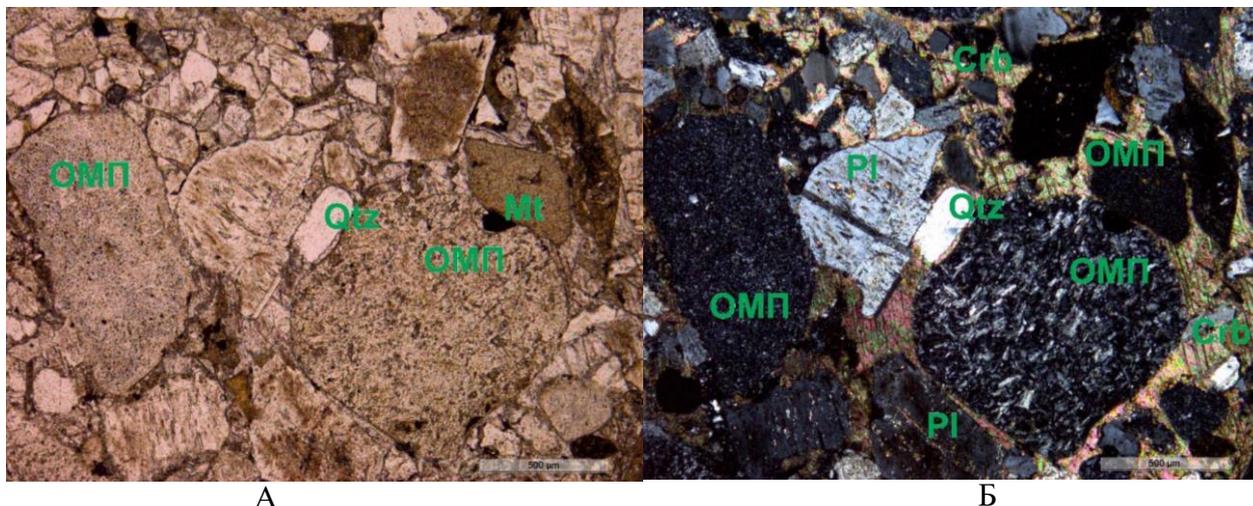
А) без анализатора; Б) с анализатором
Условные обозначения см. в таблице 1.

Порода второго класс (проба 7136/1) являются мелко-крупнозернистой полевошпатовой грауваккой. Порода состоит из обломочной (псаммитовой) части (80%) и

цемента (20%). Псаммитовая часть представлена обломками кварца, плагиоклаза, калиевого полевого шпата, а также фрагментами пород. Структура мелко-крупнозернистая, встречаются зерна размером до 1,1 мм. Сортировка отсутствует. Микротекстура неоднородная. (рис. 9)

Зерна кварца имеют размер до 0,8 мм, плохо окатанные, без вторичных изменений, составляют 25% от всей обломочной части. Обломки плагиоклаза, размером до 1 мм, плохо окатаны и составляют 20% от всей обломочной части. Фрагменты калиевого полевого шпата имеют размер до 0,74 мм, плохо окатаны и составляют 10% от всей обломочной части. Рудные минералы, размером до 0,3 мм, имеют плохо окатанные или округлые очертания и составляют примерно 5% от всей обломочной части. Наибольшее пространство в породе занимают обломки пород. Они имеют размер до 1,1 мм, плохо или средне окатанные. Они включают в себя фрагменты песчаных (20%) и вулканических пород (80%). Вулканиты представлены обломками андезитового состава (№ плагиоклаза 34-35) с характерной порфировой и интерсертальной структурой, эти фрагменты имеют среднюю окатанность. В общем обломки пород составляют 40% от всей обломочной части (рис. 9).

Цемент представлен карбонатными и гидрослюдистыми минералами (располагаются фрагментарно). Цемент среднекристаллический, сплошной неравномерный, в основном закрытый поровый (обломки соприкасаются друг с другом), но местами переходит в открытый поровый (рис. 9).



А Б
Рис. 9. Нонкичанская свита. Шлиф 7136/1. Полевошпатовые граувакки.
Увеличение X5.

А) без анализатора; Б) с анализатором
Условные обозначения см. в таблице 1.

Кухтуйская свита (P₁kh) слагает значительную часть чехла Охотского массива (микроконтинента). В пределах листа Р-54-XXXVI она согласно залегает на гадекчанской свите, в пределах листа Р-55-XXXI нижние горизонты свиты не вскрыты. По некоторым предположениям свита частично с угловым несогласием залегает на древних архейских и рифейских породах. Свита представлена континентальными терригенных образований и,

предположительно, в пределах листа Р-55-XXXI фациально замещает нонкичанскую и ингычанскую (рис. 5). Кухтуйская свита была выделена со стратотипом на правобережье р. Кухтуй. Наиболее широко эта свита распространена на Гусино-Кухтуйском междуречье. Свита сложена углистыми, углисто-глинистыми и песчано-глинистыми сланцами с редкими прослоями и линзами кремнисто-глинистых сланцев, песчаников, гравелитов и конгломератов (рис. 5). Граница между гадекчанской и кухтуйской свитами проводится по появлению в разрезе кухтуйской свиты мощных пачек углистых и углисто-глинистых сланцев.

Нижние горизонты кухтуйской свиты обнажены в устье руч. Гадекчан и на противоположном берегу Кухтуя, где она согласно залегает на породах гадекчанской свиты, и представлены углистыми, углисто-глинистыми и глинистыми сланцами, переслаивающимися с песчаниками и кремнистыми сланцами.

Наиболее представительный разрез свиты мощностью 350 м изучен Е.П. Емельяненко на водоразделе ручьев Липаритовый и Нюлкали-2. В нем преобладают алевролиты с прослоями углистых аргиллитов, слагающие пачки мощностью 10–90 м, разделенные редкими пластами (10–25 м) песчаников суммарной мощностью 90 м. В таком же соотношении алевролиты, углистые аргиллиты и песчаники находятся и в стратотипическом разрезе на правобережье р. Кухтуй, но в него Е.Г. Песковым и Р.Б. Умитбаевым [Песков, Умитбаев, 1977] ошибочно, по данным ГГС-50, были включены субвулканические пластовые тела меловых риодацитов и андезитов, в результате чего мощность свиты (850 м) была существенно завышена.

На правобережье р. Кухтуй, выше устья руч. Мар в разрезе кухтуйской свиты мощностью 660 м отмечаются прибрежно-морские отложения, представленные пластом (120–130 м) глинистых алевролитов с остатками брахиопод *Jakutoproductus verchoyanicus*. Мощность свиты варьирует от 350 до 660 м.

В углистых аргиллитах и алевролитах выявлены многочисленные отпечатки флоры: *Angaridium finale* Neub., *Rufloria theodorii* (Tschirk. et Zal.) S. Meyen, *Cardiocarpus* cf. *krivljakensis* Suchov, *Crassinervia tunguskana* Schv. и др. Они определяют ассельский–сакмарский возраст кухтуйской свиты. Перечисленные формы близки или сходны с формами известными из бургулиндакой свиты в Тунгусоком бассейне.

Преимущественно алевролитовый состав с углистыми аргиллитами свита сохраняет на всем Кухтуйско-Ульбейском междуречье, но роль песчаников в ней на разных участках различная. Например, в разрезе на междуречье Нядбаки–Ульбея на долю песчаников приходится около 50% объема свиты, отмечаются прослои (3–4 м) конгломератов и пласты (до 30 м) гравелитов. На правобережье Гусинки (близ руч. Гранитного) в составе свиты наблюдались горизонты гравелитов и внутриформационных конгломератов мощностью до

200 м. В то же время на юге района (ручьи Угрюмый и Угольный) свита в одних местах почти нацело состоит из алевролитов и аргиллитов, в других содержит прослой (до 10 м) гравелитов и конгломератов. Послойная корреляция даже близко расположенных разрезов здесь практически невозможна.

С удалением от Кухтуйско-Ульбейского междуречья на восток терригенные породы в составе свиты становятся более грубозернистыми. На территории листа Р-55-XXXI в бассейне реки Асиберган свита сложена песчаниками различной зернистости с прослоями и отдельными пластами углисто-глинистых и кремнистых сланцев, алевролитов, гравелитов и мелкогалечных конгломератов, галька в которых обычно состоит из липаритов, реже - андезитов и осадочных пород. Изредка встречаются горизонты туффигов и туфов кислого состава. (рис. 5)

Наиболее полный разрез кухтуйской свиты на территории листа Р-55-XXXI описан предшественниками на правом берегу р. Асибергана, ниже устья руч. Энтыгчака. Здесь свита начинается с пачки зеленовато-серые разномзернистых песчаников остатками кордаит и с маломощными прослоями алевролитов, реже - кремнистых сланцев, а в верхах пачки – гравелитов (до 30 м). Мощность первой пачки составляет 90 м. Выше залегает крупная пачка (мощностью 250 м) темно-серых алевролитов с отдельными прослоями углисто-глинистых сланцев, туфоалевролитов и среднезернистых песчаников (до 35 м). В углисто-глинистых сланцах содержатся остатки *Noeggerathiopsis ex gr. derzawinii Neub.* Далее идет серия крупных пачек вулканогенно-осадочных пород. В основании серии лежит слой (мощность 20 м) гравелитов и мелкогалечных конгломератов с галькой, преимущественно, из кремнистых сланцев. Выше идет 280-ти метровая пачка зеленовато-серых песчаников различной зернистости, с пластами алевролитов, туфоалевролитов и туффигов (2-5 м), а также с прослоями углисто-глинистых сланцев с остатками *Noeggerathiopsis sp.* И завершает серию слой в 235 м темно-серых или черных туфоалевролитов и туфов кислого состава, в верхней части прослой зеленовато-серых грубозернистых туфопесчаников и углисто-глинистых сланцев с остатками кордаит. Далее идет слой серых и светло-серых кремнистых сланцев, содержащих в верхах редкие пласты (до 2 м) серых мелко- и грубозернистых песчаников. Мощность слоя кремнистых сланцев 215 м. Завершает разрез пачка серых, крупнозернистых туфопесчаников с прослоями и линзами кремнистых сланцев, которые в верхней части сменяются прослоями окремненных алевролитов (34 м) и гравелитов (17 м). Мощность слоя туфопесчаников около 110 м. Самые верхние горизонты кухтуйской свиты наблюдались на левобережье Асибергана. Они имеют мощность 60 м и представлены углисто-глинистыми сланцами, часто переслаивающимися с алевролитами и туфоаргиллитами, а в самых верхах - с туфопесчаниками.

Максимальная видимая мощность кухтуйской свиты в пределах листа Р-55-XXXI доходит до 1300 м.

Верхний возрастной предел свиты в различных изучаемой территории различный; в одних случаях она согласно перекрыта нижнепермскими морскими отложениями, а в других (низовья р. Асибергана) – верхнепермскими континентальными образованиями.

Отложения кухтуйской свиты изучались автором на разрозненных выходах по берегам реки Ульбея и на детальном разрезе на реке Кухтуй, где отлично обнажены верхние горизонты кухтуйской свиты и нижние горизонты нюлкалинской свиты (рис. 4).

В долине реки Ульбея в точке наблюдения 8033 ($60^{\circ} 21' 13,8''$ с.ш., $143^{\circ} 48' 39,4''$ в.д.) были описаны серые среднезернистые, средне-крупнозернистые песчаники и черные слоистые песчаники, в песчаниках встречаются мелкозернистые прослои алевролитов и алевропесчаников с остатками флоры. Также был обнаружен слой темно-серых мелкозернистые кварцевых песчаников и алевропесчаников. Отобраны пробы 8033/1 и 8033/4 (рис. 4).

В детальном разрезе на реке Кухтуй ($60^{\circ} 19' 15.3''$ с.ш., $143^{\circ} 9' 42.9''$ в.д.) (рис. 4). свита представлена разнородным переслаиванием углисто-глинистых сланцев с разнозернистыми песчаниками и гравелитами. Породы залегают под углом 45-55 градусов по азимуту 45-50 градусов. Описанный автором разрез кухтуйской свиты имеет следующий состав:

Пачка 1. Переслаивание песчаников, алевролитов и углеродистых аргиллитов. Песчаники темно-зеленовато-серые, мелко-среднезернистые, массивные. Мощность слоев

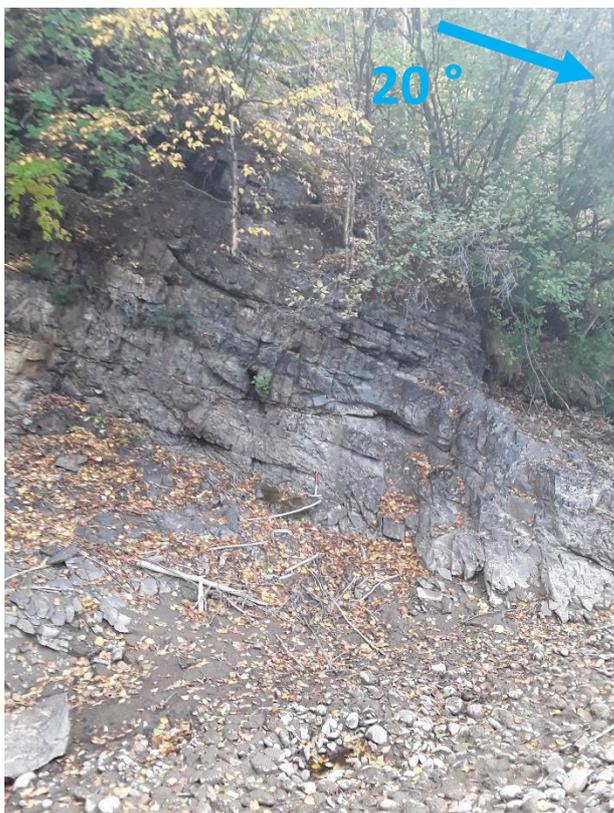


Рис 10. Пачка 1. Переслаивание песчаников, алевролитов и углеродистых аргиллитов. Фото автора.

5-10-
20 см.

Алевролиты темно-серые, мелкозернистые, встречаются редкие гравийные зёрна кварца и полевого шпата. Мощность слоев 10-25 см. Углеродистые аргиллиты черные, с примазками растительного детрита. Мощность слоев 20-40 см. Видимая мощность пачки 10 м (рис. 10).

- Пачка 2.* Песчаники темно-серые, крупнозернистые до гравелитистых. Мощность 21 м.
- Пачка 3.* Песчанистые алевролиты темно-зеленовато-серые. Мощность 30 м.
- Пачка 4.* Песчаники серые, крупнозернистые до гравелитистых. Мощность 33 м.
- Пачка 5.* Песчаники серые, средне-крупнозернистые до гравийной зернистости, полосчатые за счет градационной слоистости и редких прослоев темно-серого алевролита (мощность 0,5-1 см). Мощность 101 м. (проба 6090/54 и 6090/55)
- Пачка 6.* Переслаивание алевролитов и песчаников. Алевролит темно-серый, с углеродисто-глинистыми примазками (мощность 0,5-1 см) и мелкими прослойки песчаника. Мощность слоев 0,5-1-2 м. Песчаник темно-серый мелкозернистый, однородный, мощность 0,8 – 2,5 м. Песчаник кварцевый светло-серый, мелко-среднезернистый до крупнозернистого, слоистый, мощность 1-2 м. (проба 6090/50) К концу пачки размер слоев светло-серых песчаников увеличивается до 3,5 м, а мощности алевролитов и темно-серых песчаников уменьшаются. В процентном соотношении: песчаники светло-серые = 40%; песчаники темно-серые = 30%; алевролиты темно-серые, черные = 30%. Мощность пачки 96 м.
- Пачка 7.* Углеродистый алевролит, темно-серый, с примазкам углеродистого вещества и фрагментами растительного детрита. Мощность 5 м.
- Пачка 8.* Песчаники светло-серые, средне-крупнозернистые, плитчатые, полосчатые за счет размера зерна. Мощность 14 м. (проба 6090/47)
- Пачка 9.* Переслаивание песчаников и алевролитов. Песчаник светло-серый и зеленовато-серый, мелко-среднезернистый, мощностью до 1 м. Алевролит темно-серый и черный с натекми ожелезнения, конкреции сульфидов мощностью 1-1,5 м. Мощность пачки 12 м. (проба 6090/45)

Выше залегают породы нюлкалинской свиты.

В результате петрографических исследований все породы кухтуйской свиты (пробы 6090/45, 6090/47, 6090/50, 6090/54, 6090/55, 8033/1, 8033/4) были объединены в один класс и определены как туффиты (рис. 6). Породы состоят из обломочной (псаммитовой) части (95%) и цемента (5%). Псаммитовая часть представлена обломками кварца, полевого шпата, а также фрагментами пород. Структура крупно-грубозернистая, встречаются зерна размером до 2 мм. Сортировка отсутствует. Микротекстура неоднородная. (рис. 11)

Зерна кварца, размером до 1,8 мм, средне окатанные, без вторичных изменений и составляют 5% от всей обломочной части. Обломки полевого шпата подвержены вторичным изменениям и плохоразделимы на калиевые или натрово-кальциевые. Они имеют размер до 1,4 мм, плохо окатаны и составляют 10% от всей обломочной части. Рудные минералы, размером до 0,3 мм, имеют плохоокатанные или округлые очертания и составляют примерно 5% от всей обломочной части. Обломки пород занимаютнаибольший объем пробы. Они имеют размер до 2 мм, плохо или средне окатанные. Присутствуют обломки песчаных пород (20%) и вулканических пород (80%). Среди терригенных пород явно различаются плотные кварцевые песчаники. Вулканические породы представлены фрагментами пород с хорошо различимыми лейстами плагиоклаза, а также изменёнными обломками стекла, которые начинают преобразовываться в мелкокристаллический кварц. В шлифе пробы 6090/50 песчаник более свежий, в нем имеются не разложившиеся и не сильно измененные фрагменты вулканического стекла с лейстами плагиоклаза. В целом обломки пород оставляют 80% от всей обломочной части (рис. 11).

Цемент представлен гидрослюдистыми минералами (за счет разложения вулканического стекла), хлоритом и боулингитом. Тип цемента закрытый поровый (обломки соприкасаются друг с другом), мелко-среднекристаллический, пятнистый. (рис. 11)

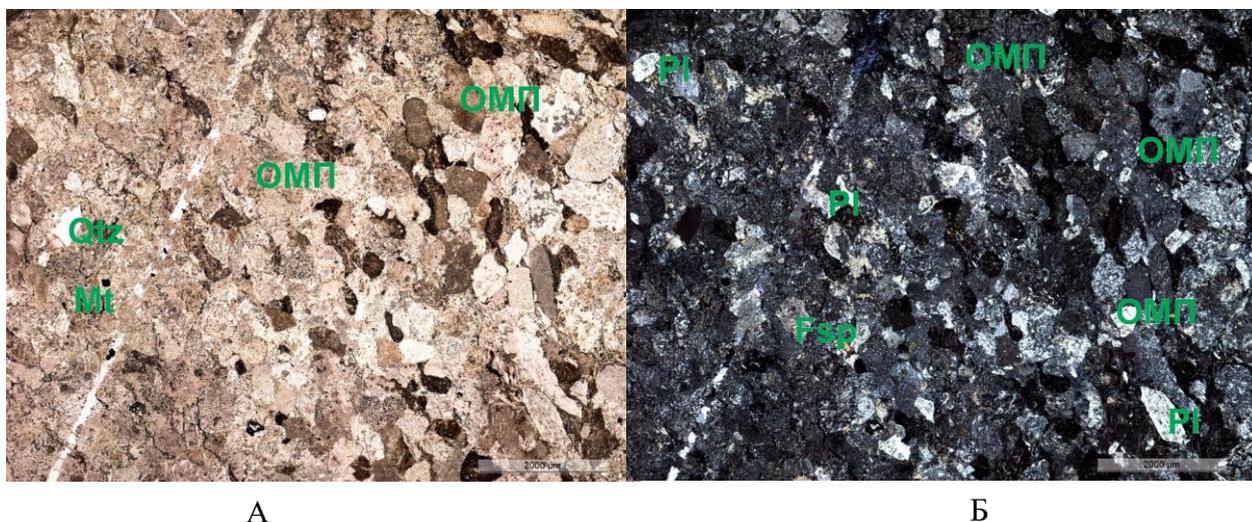


Рис. 11. Кухтуйская свита. Шлиф 6090/50. Туффит.
Увеличение X5.

А) без анализатора; Б) с анализатором
Условные обозначения см. в таблице 1.

Верхний отдел

Верхнепермские отложения без видимого углового несогласий и перерыва залегают на породах нижней перми и представлены в восточной части морскими (эвричанская и дусканьинекея свита), а в западной – континентальными (нюлкалинская свита) образованиями (рис. 4 и 5).

Эвричанская свита (P_{2er}) наиболее широко распространена в долинах р. Нюта и руч. Ингычана. Она сложена песчаниками различной зернистости с прослоями и горизонтами сферолитов, гравелитов, мелкогалечных конгломератов, кремнистых сланцев и туфов кислого состава (рис. 5). Граница между свитами нонкичанской и эвричанской несколько условна; в одних случаях она проведена по появлению лихаревиий (руч. Лих), в других – по появлению верхнепермских гастропод (низовья руч. Ингычана), а в-третьих, по исчезновению гониатитов (руч. Эвричан и Нонкичан) в единых же разрезах фауна нижней и верхней перми в районе не обнаружена.

Нижние горизонты свиты сложены темно-серыми алевролитами с остатками *Licharewia* sp., *Nuculana magna* Popow, *Kolymia* sp., и мощностью до 50 м. Выше залегает три характерные пачки песчаников. Первая сложена серыми и коричневато-серыми, мелко- и среднезернистыми песчаниками, с пластами гравелитов (2-3 м) в средней и верхней частях пачки. В средней ее части в прослоях туфопесчаников, туфов кислого состава и кремнистых сланцев общей мощностью 3 м присутствуют остатки *Noeggerathiopsis* sp. Эта пачка имеет мощность в 400 м. Далее следует 200-метровая пачка зеленовато-серых, мелко- и среднезернистых песчаников, иногда ожелезненные с цилиндрическими стяжениями углесто-глинистого вещества диаметром 2-4 см, а также крупными остатками обуглившейся древесины и обломками раковин гастропод. Завершают разрез серые, мелко- и среднезернистые песчаники, с линзовидными включениями углесто-глинистого вещества и пластами светло-серых туфопесчаников (2-5 м), а в средней части – линзы крупнозернистых песчаников и гравелитов. В песчаниках имеются редкие остатки *Nuculana* sp. гастропод и морских лилий. Мощность пачки 300 м. В низовьях руч. Дусканьи в верхах эвричанской свиты залегает горизонт алевролитов (мощностью до 150 м), в верхней части которого присутствует непостоянный по мощности (0.1-5 м) пласт ракушника, состоящей из раковин колымий. Существенно песчаниковый состав эвричанской свиты хорошо выдержан в ряде других разрезов. Общая мощность отложений свиты составляет около 1200 м. (рис. 5)

Отложения эвричанской свиты изучались автором в нескольких точках. В точке наблюдения 7137 (60° 32' 51.8" с.ш., 144° 30' 47" в.д.) обнажались темно-серые полимиктовые песчаники с большим количеством включений алевролитов или аргиллитов. В песчаниках была встречена раковина, предположительно брахиоподы. Аналогичные темно-серые, плитчатые полимиктовые песчаники с многочисленными линзами и прослоями темно-серых аргиллитов (ширина линз 1-2 мм, длина до 1,5-2 см) были обнаружены на точке 7137-1. На точке 7138 породы эвричанской свиты были определены как кварцитопесчаники, серые, тонкозернистые. На точках наблюдения 7144 и 7144-1 были обнаружены темно-серые

песчаники, аналогичные описанным на точках 7137 и 7137-1, с линзами и прослоями алевролитов и аргиллитов. (рис. 4)

В результате петрографических исследований отобранных проб под номерами 1011/2, 7138/1, 7144/1 и 7144/2, породы эвричанской свиты были разделены на три петрографических класса. (рис. 6)

Породы первого класса (пробы 1011/2, 7138/1) являются аркозовыми песчаниками. Порода состоит из обломочной (псаммитовой) части (90%) и цемента (10%). Псаммитовая часть представлена обломками кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклаза и циркона, а также фрагментами пород. Структура среднезернистая. Сортировка хорошая. Микротекстура неоднородная. (рис. 12)

Зерна кварц, размером до 0,34 мм, не окатанные, без вторичных изменений и составляют 35% от всей обломочной части. Фрагменты калиевого полевого шпата имеют размер до 0,3 мм, они не окатанные или плохо окатанные, составляют 15% от всей обломочной части. Обломки плагиоклазов, размером до 0,32 мм, плохо окатаны и составляют 20% от всей обломочной части. Рудные минералы имеют плохоокатанные или округлые очертания и размеры до 0,32 мм, они составляют примерно 5% от всей обломочной части. В шлифах встречены единичные зерна циркона, размером до 0.16 мм, плохо окатанные, составляют 3% от всей обломочной части. В шлифах имеются хорошо идентифицируемые обломки пород, размером до 0,5 мм, плохо окатанные. Присутствуют обломки терригенных (50%) и вулканических пород (50%). В обломках вулканических пород хорошо видна интерсертальная структура с мелкими лейстами плагиоклаза. Осадочные породы представлены в основном песчаниками или кварцитами с характерными структурами прорастания зерен кварца. Суммарно обломки пород оставляют 20% от всей обломочной части. (рис. 12)

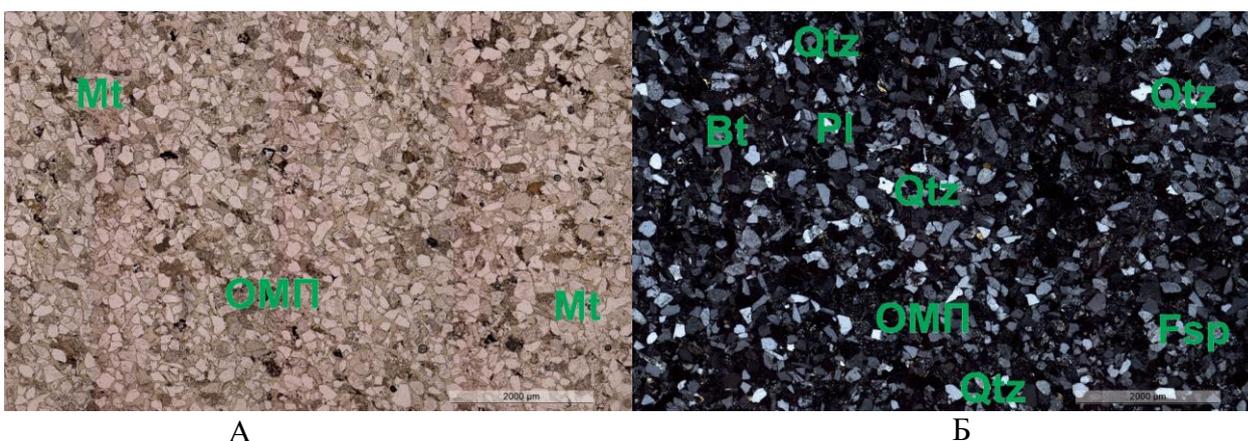


Рис. 12. Эвричанская свита. Шлиф 1011/2. Аркозовый песчаник. Увеличение X5.
А) без анализатора; Б) с анализатором
Условные обозначения см. в таблице 1.

Цемент представлен гидрослюдистыми минералами. Тип цемента пленочный, закрытый поровый (обломки соприкасаются друг с другом), мелкокристаллический, сплошной неравномерный. (рис. 12)

Порода класса 2 (проба 7144/1) была определена как мезомиктовый песчаник. Она состоит из обломочной (псаммитовой) части (85%) и цемента (15%). Псаммитовая часть представлена обломками кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклаза, циркона и слюды. Структура тонко-мелкозернистая, встречаются зерна размером до 0,7 мм. Сортировка отсутствует. Микротекстура неоднородная. (рис. 13)

Обломки кварц имеют размер до 0,7 мм, они плохо или средне окатанные, без вторичных изменений и составляют 60% от всей обломочной части. Калиевый полевой шпат, размером до 0,7 мм, плохо окатан и составляет 10% от всей обломочной части. Фрагменты кристаллов плагиоклаза, размером до 0,5 мм, окатаны плохо и составляют 10% от всей обломочной части. Пластинки слюды, имеют размер до 0,2 мм в длину и до 0,04 мм в ширину и составляют 5% от всей обломочной части. Кристаллы циркона имеют величину до 0,08 мм, они плохо окатанные и составляют 1% от всей обломочной части. Рудные минералы, размером до 0,12 мм, имеют плохоокатанные или округлые очертания и составляют примерно 5% от всей обломочной части. (рис. 13)

Цемент представлен гидрослюдистыми минералами и боулингином. Тип цемента закрытый поровый (обломки соприкасаются друг с другом), мелкокристаллический, сплошной неравномерный (рис. 13).

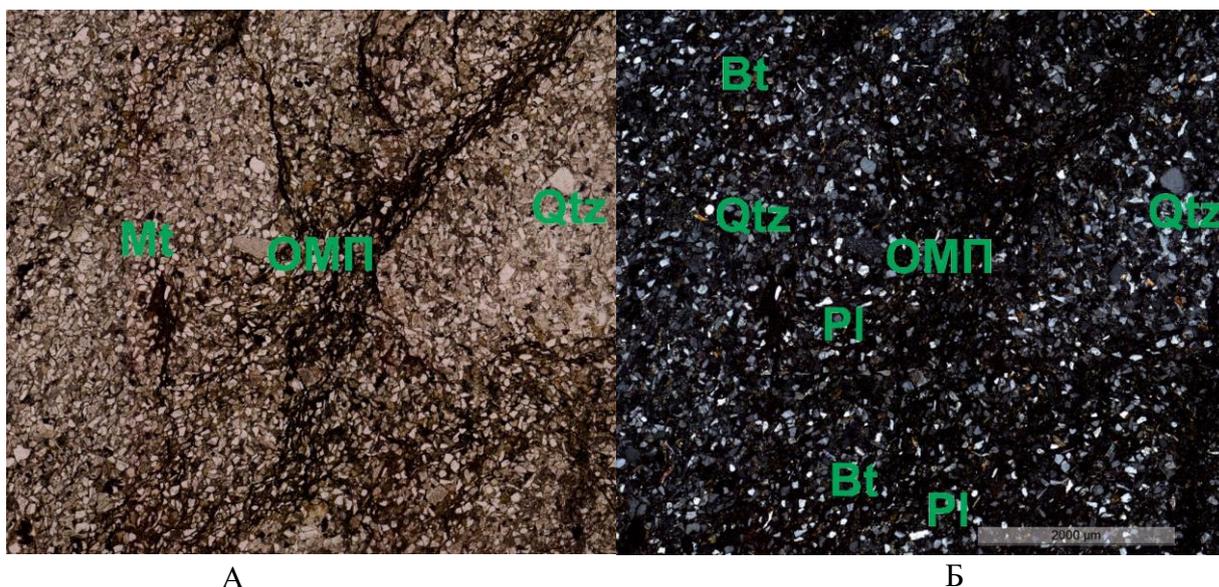


Рис. 13. Эвричанская свита. Шлиф 7144/1. Мезомиктовый песчаник.
Увеличение X5.

А) без анализатора; Б) с анализатором
Условные обозначения см. в таблице 1.

Породы, выделенные в третий петрографический класс (проба 7144/2), сложены мелко-среднезернистой кварцевой грауваккой. Порода состоит из обломочной (псаммитовой) части (80%) и цемента (20%). Псаммитовая часть представлена обломками кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклаза и циркона, а также фрагментами пород. Структура мелко-среднезернистая, встречаются зерна размером до 0,74 мм. Сортировка отсутствует. Микротекстура неоднородная. (рис. 14)

Обломки кристаллов кварц, размером до 0,74 мм, не окатанные или плохо окатанные, без вторичных изменений и составляют 40% от всей обломочной части. Фрагменты калиевого полевого шпата имеют размер до 0,6 мм, не окатанные или плохо окатанные и оставляют 20% от всей обломочной части. Рудные минералы, размером до 0,3 мм, имеют плохо окатанные или округлые очертания и составляют примерно 5% от всей обломочной части. Кристаллы циркона имеют размер до 0,1 мм, они плохо окатанные, хорошо ограненные и оставляют 1% от всей обломочной части. Обломки пород, величиной до 0,5 мм, средне окатаны. Присутствуют обломки песчаных пород (60%) и вулканических пород (40%). В целом обломки пород составляют 35% от всей обломочной части. (рис. 14)

Цемент глинистый представлен гидрослюдистыми минералами. Цемент закрытый поровый (обломки соприкасаются друг с другом), мелкокристаллический, сплошной неравномерный. В цементе развивается радиально-лучистый цоизит (рис. 14)

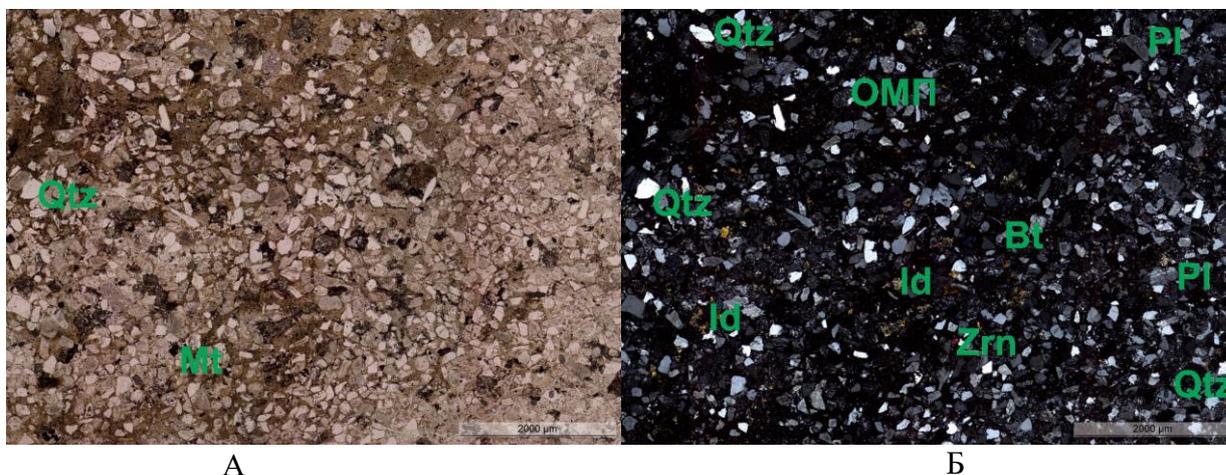


Рис. 14. Эвричанская свита. Шлиф 7144/2. Кварцевая граувакка. Увеличение X5.

А) без анализатора; Б) с анализатором

Условные обозначения см. в таблице 1.

Дусканьинская толща (P_{2ds}) широко распространена в долине руч. Дусканьи и на правобережье р. Нилгысы (рис. 4). Она сложена средне- и крупнозернистым песчаником и туфопесчаниками, часто чередующимися с гравелитами, мелкогалечными конгломератами и алевролитами. Изредка отмечаются кремнистые и углистые сланцы и туфы кислого состава (рис. 5). В долине руч. Дусканьи нижняя граница толщи откартирована по подошве пласта характерных коричневато-серых песчаников мощностью 30-50 м.

В целом разрез свиты состоит из песчаников разной зернистости. Нижняя пачка представлена коричневато-серыми, мелко- и среднезернистыми песчаниками с шероховатым изломом. Встречаются редкие растительные остатки и обломки раковин колымий. Мощность первой пачки 50 м. Далее следует небольшой слой, мощностью в 40 м, крупнозернистых песчаников и гравелитов. На этом слое залегает большая 250-ти метровая пачка серых и зеленовато-серых, мелкозернистых песчаников с линзовидными включениями углесто-глинистого вещества, в верхней части пачки пласты гравелитов (1-3 м). Далее снова идет небольшой слой (мощность 30 м) крупнозернистых песчаников и гравелитов. Выше находится пачка серых и коричневато-серых, мелко- и среднезернистых песчаников, мощностью в 90 м. Далее залегают серые и зеленовато-серые песчаники различной зернистости с пластами (10-15 м) гравелитов; изредка прослой и пласты (<0,5-2 м) кремнистых сланцев, туфогравелитов и туфов кислого состава. В породах встречаются единичные раковины колымий. Общая мощность дусканьинской толщи в бассейне руч. Дусканьи около 600 м. (рис. 5)

В обрывах по руч. Инегнекич вскрыты более высокие горизонты толщи, представленные средне- и мелкозернистыми туфопесчаниками красновато- и коричневатосерыми, в нижней части разреза с горизонтами гравелитов, алевролитов, кремнистых и углистых сланцев с остатками *Sphenopteris burusensis* Badcz. Мощность горизонтов до 50 м. Общая видимая мощность толщи на этом участке около 500 м. Полная мощность дусканьинской толщи ориентировочно 1100 м.

Дусканьинская свита подробно изучалась автором в разрезах на правом берегу реки Нилгысы. Было описано 8 мест выхода свиты (т.н. – точка наблюдения) (рис. 4):

1. т.н. 6041-1 (60° 39' 8.9" с.ш., 144° 53' 20.9" в.д.) светло-серые мелко-среднезернистые песчаники. Минеральный состав: кварц, полевой шпат, чешуйки слюды. (пробы 6041/2 и 6041/3)
2. т.н. 6055-1 (60° 36' 13" с.ш., 144° 52' 38.6" в.д.) темно-серые, мелко-среднезернистые, полимиктовые песчаники. (проба 6055/2)
3. т.н. 6055-2 (60° 36' 14.2" с.ш., 144° 52' 30.9" в.д.) серый, гравелитистый разнозернистый песчаник; гравийные зерна от 0,5 до 2 см, представлены кварцем и полевым шпатом. (Проба 6055/3)
4. т.н. 6066-4 (60° 33' 55.3" с.ш., 144° 53' 40.3" в.д.) серые, средне-крупнозернистые песчаники (проба 6066/6)
5. т.н. 6066-5 (60° 33' 55.5" с.ш., 144° 53' 41.4" в.д.) большой выход мелко-среднезернистых и крупнозернистых песчаников с прослоями гравелитов. Гравелит темно-серый располагается в подошвенной части разреза, мощность слоя 5-10 см. Выше гравелит сменяется серым, крупнозернистым, песчаником, мощностью 25-40 см, после чего снова

появляются гравелиты. Над вторым слоем гравелитов залегает мелко-среднезернистый песчаник с углеродистыми линзами и прослоями, богатыми фрагментами флоры. В высыпках под обнажением встречены фрагменты кремнистых сланцев, переслаивающихся с кремнисто-углеродистыми сланцами, содержащими фрагменты растений, мощность прослоев кремнисто-углеродистых сланцев от 2 мм до 1,5-2 см. (пробы 6066/10, 6066/11, 6066/12)

6. т.н. 1006 (60° 37' 51" с.ш., 144° 53' 29.7" в.д.) серо-жёлтый, среднезернистый, слоистый песчаник (проба 1006/2)
7. т.н. 1011-1 (60° 37' 52.3" с.ш., 144° 48' 54.6" в.д.) чёрный, среднезернистый песчаник (проба 1011/2)
8. т.н. 1024 (60° 31' 6.8" с.ш., 144° 51' 9.9" в.д.) темно-серый мелко-среднезернистый песчаник; минеральный состав: кварц, полевой шпат, возможно, темноцветные слюды. (проба 1024/1)

По результатам изучения шлифов, пробы были разделены на два петрографических класса (рис. 6).

Породы первого класса (пробы 6041/2, 6041/3, 6055/2, 6066/12, 1006/2, 1018/1, 1024/1) представлены аркозовыми песчаниками. Порода состоит из обломочной (псаммитовой) части (80%) и цемента (20%). Псаммитовая часть представлена обломками кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклаза, циркона и слюды, а также фрагментами пород. Структура средне-мелкозернистая, встречаются зерна размером до 0,8 мм. Сортировка отсутствует. Микротекстура неоднородная. (рис. 15)

Зерна кварца имеют размер до 0,5 мм, они плохо или средне окатанные, без вторичных изменений и составляют 40% от всей обломочной части. Обломки калиевого полевого шпата, размером до 0,8 мм, плохо окатаны и составляют 20% от всей обломочной части. Фрагменты кристаллов плагиоклаза, размером до 0,2 мм, также плохо окатаны и составляют 15% от всей обломочной части. Чешуйки слюды имеют размер до 0,2 мм в длину и до 0,02 мм в ширину и составляют 2 % от всей обломочной части.

Рудные минералы. Размеры до 0,16мм. Имеют плохоокатанные или округлые очертания. Составляют примерно 2% от всей обломочной части. Кристаллы циркона, величиной до 0,14 мм, окатаны плохо, видны сохранившиеся грани кристаллов. Циркон составляет 1% от всей обломочной части. Обломки пород имеют размер до 0,18 мм. Они плохо окатанные. Присутствуют обломки песчаных пород (70%) и вулканических пород (30%). В целом они составляют 20% от всей обломочной части. (рис. 15)

Цемент представлен гидрослюдистыми минералами, карбонатными минералами, хлоритом и боулингом. Цемент закрытый поровый (обломки соприкасаются друг с другом),

мелкокристаллический, сплошной неравномерный. Карбонатный цемент распространён пятнами неравномерно. (рис.15)

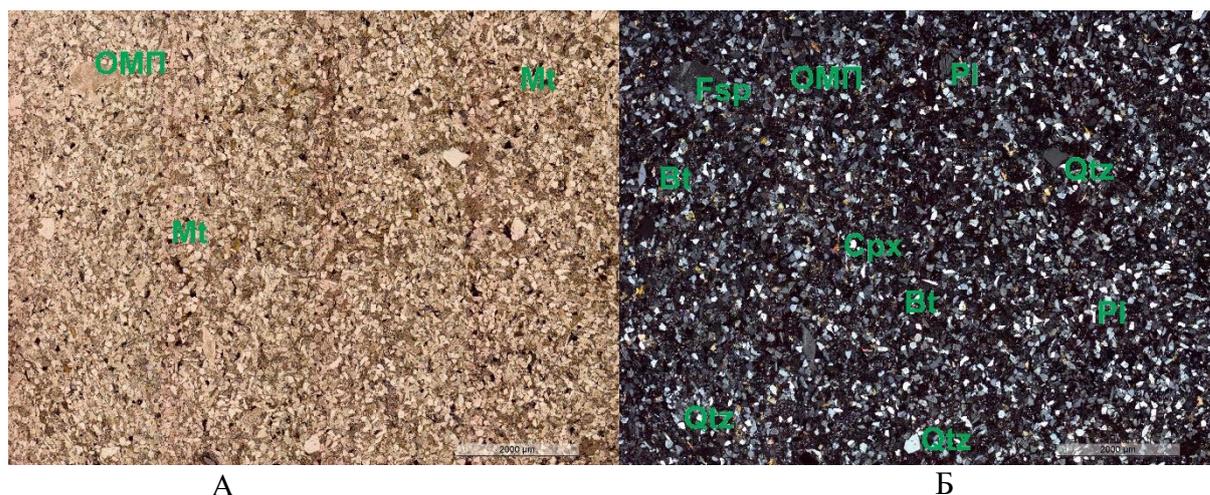


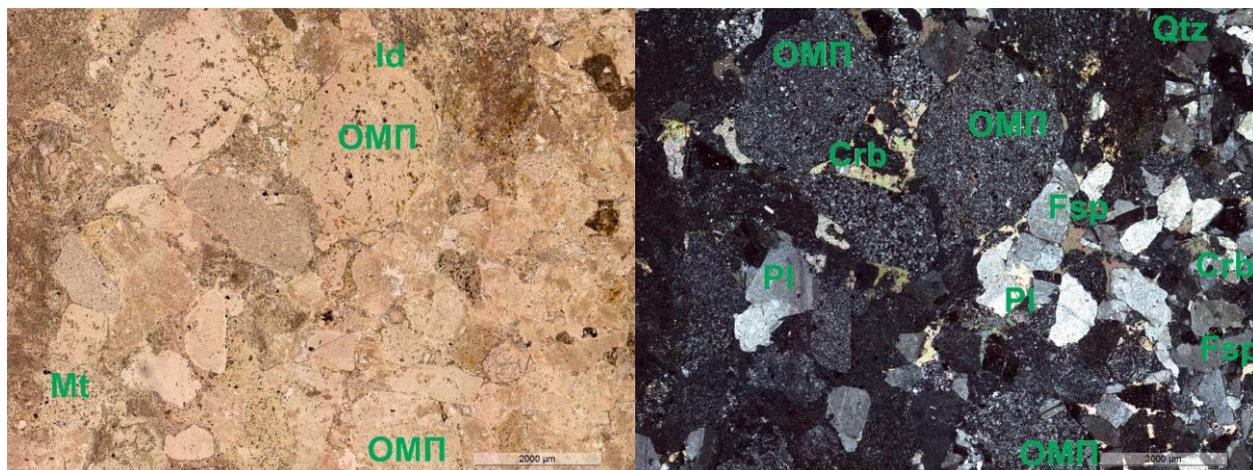
Рис. 15. Дусканьинская свита. Шлиф 6055/2. Аркозовый песчаник. Увеличение X5.
А) без анализатора; Б) с анализатором
Условные обозначения см. в таблице 1.

Породы второго класса сильно отличаются от пород первого класса, они представляют собой гравелистые туффиты (пробы 6055/3, 6066/6, 6066/10, 6066/11)

Порода состоит из обломочной (псаммитовой) части (90%) и цемента (10%). Псаммитовая часть представлена обломками кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклаза, циркона, а также фрагментами пород. Структура грубозернистая – гравелитовая, встречаются зерна размером до 4 мм. Сортировка отсутствует. Микротекстура неоднородная. (рис. 16)

Кварцевые зерна, размером до 0,8 мм, плохо или средне окатаны, без вторичных изменений и оставляют 5% от всей обломочной части. Обломки калиевого полевого шпата имеют размер 1,2 мм, они не окатанные или плохо окатанные и составляют 18% от всей обломочной части. Фрагменты кристаллов плагиоклаза, размером до 1,4 мм, не окатанные или плохо окатанные и составляют 14% от всей обломочной части. Рудные минералы, величиной до 0,3 мм, плохоокатанные и оставляют примерно 2% от всей обломочной части. Кристаллы циркона, размером до 0,2 мм, плохоокатанные, видны сохранившиеся грани кристаллов, составляют 1% от всей обломочной части. Наибольший объем породы занимают обломки пород. их размер доходит до 4 мм. Обломки плохо окатанные и представлены несколькими типами магматических пород. Обломки первого типа имеют интерсервальную структуру и содержат порфиновые вкрапленники плагиоклаза; обломки второго типа имеют мелкокристаллическую структуру и состоят из кристаллов кварца (вероятнее всего преобразованное вулканическое стекло) в некоторых случаях имеются сферолиты; обломки третьего типа содержат не измененное вулканическое стекло с вкрапленниками, в котором иногда просматривается флюидальная текстура. Суммарно обломки пород составляют 60% от всей обломочной части. (рис. 16)

Цемент представлен гидрослюдистыми минералами, карбонатными минералами, хлоритом и боулингитом. Тип цемента закрытый поровый (обломки соприкасаются друг с другом), мелкокристаллический, пятнистый. (рис. 16)



А Б
Рис. 16. Дусканьинская свита. Шлиф 6066/10. Туффит. Увеличение X5.
А) без анализатора; Б) с анализатором
Условные обозначения см. в таблице 1.

Нюлкалинская свита (P_{1-2nl}). Как преимущественно песчаниковая толща, в отличие от кухтуйской, она была выделена Е.Г. Песковым и Р.Б. Умитбаевым [Песков, Умитбаев, 1977] со стратотипической местностью в бассейне руч. Нюлкали-2 на листе Р-54-XXXVI. Наиболее полный разрез её здесь был изучен Е.П. Емельяненко в 80-х годах. В разрезе им было выделено 28 пачек, из которых лишь единичные являются монопородными, а большинство из них представляют собой переслаивание разнозернистых песчаников, гравелитов, алевролитов и углистых аргиллитов в различных количественных соотношениях (рис. 5). Граница между кухтуйской и нюлкалинской свитой проводится по кровле мощной сланцевой пачки, выше которой залегает толща с резким преобладанием песчаников и гравелитов. Там, где нюлкалинская свита залегает на нонкичанской, граница между ними проведена по резкой смене нонкичанских песчаников породами пестрого петрографического состава (рис. 5).

Наиболее полный разрез описан на правом берегу руч. Нюлкали 2-го, где на сланцах кухтуйской свиты залегают (рис. 4):

1. Серые полимиктовые песчаники с линзами и прослоями гравелитов, мощностью 105 м.
2. Глинистые и кремнистые тонкослоистые сланцы. Мощность 55 м.
3. Песчаники грубозернистые, плохо сортированные, переслаивающиеся с гравелитами. Мощность 35 м.
4. Углистые сланцы с растительными остатками. Мощность 17 м.
5. Гравелиты с прослоями кавернозных углистых сланцев. Мощность пластов до 20 м. В средней части прослой туфогравелитов мощностью 5 м. Мощность 63 м.

6. Серые грубослоистые гравелиты. Мощность 80 м.
 7. Серые и темно-серые, мелко- и среднезернистые косослоистые песчаники. Мощность 30 м.
 8. Углистые сланцы. Мощность 5 м.
 9. Гравелиты. Мощность 20 м.
 10. Глинистые и кремнистые ленточно-слоистые сланцы. Мощность 37 м.
 11. Гравелиты с прослоями кремнистых сланцев в верхней части. Мощность 48 м.
- Общая мощность разреза на правобережье руч. Нюлкали 2-го около 500 м.

В стратотипической местности в породах свиты выявлены отпечатки ископаемой флоры: *Paracalamites usovi* Chachl., *Rufloria* cf. *subangusta* (Zal.) S. Meyen, *R. ex gr. ensiformis* (Zal.) S. Meyen, *R. Khalfinii* G. Luch. и др. Кроме того, в бассейне руч. Угрюмый в алевролитах встречены *Crassinervia* cf. *kuznetskia* (Chachl.) Neub. Этот комплекс флоры характеризует отложения кунгурского–казанского ярусов (приуральско-биармийские).

Состав и мощность нюлкалинской свиты в других разрезах несколько отличается от вышеприведенного. Несколько южнее этого разреза (бассейны ручьев Угрюмый, Угольный, Знойный) в составе свиты появляются прослойки конгломератов, а количество алевролитов-аргиллитовых пачек заметно уменьшается. Общая мощность нюлкалинской свиты на листе Р-54-XXXVI порядка 500-650 м.

На листе Р-55-XXXI (рис. 4) состав свиты становится практически полностью терригенным. Она образует серию небольших выходов в бассейне реки Асиберган. Свита сложена песчаниками различной зернистости с прослоями гравелитов, мелкогалечных конгломератов, реже алевролитов, кремнистых и углисто-глинистых сланцев, а также туфов кислого состава (рис. 5).

Ввиду плохой обнаженности на данной территории нет единого стратотипического разреза свиты. Примерный ее состав можно понять по нескольким разрозненным выходам.

В нижних слоях разреза отмечен характерный горизонт черных листоватых туфоаргиллитов и туфоалевролитов с белыми обломками кислых эффузивов (5-30%) размером от 0,5 мм до 4 см, наиболее крупные из них похожи на лапилли. Мощность этого слоя достигает до 120 м. На нем с неясным контактом залегают углисто-глинистые сланцы и тонкослоистые алевролиты, мощностью 80 м, с маломощными прослоями песчаников и гравелитов. Далее снова идет мощный слой (150 м) сложенный глинистыми и песчано-глинистыми сланцами с редкими прослоями туфогравелитов (до 1 м). Отдельные пачки сланцев содержат до 30% угловатых обломков (до 3 мм) кислых эффузивов. Завершают разрез две пачки терригенных пород. первая сложена туфогравелитами (мощность 70 м) с галькой эффузивов и осадочных

пород. Вторая пачка состоит из крупнозернистых косослоистых песчаников и гравелитов с пластами (2-5 м) алевролитов, углистых туфоаргиллитов и туфов кислого состава.

Примерную мощность свиты можно оценить по разобщенным выходам: в бассейне руч. Хеаджан - до 800 м, в долине Асиберган - до 600 м.

Отложения нюлкалинской свиты изучались автором на разрозненных выходах по берегам реки Ульбея и на детальном разрезе на реке Кухтуй, где отлично обнажены верхние горизонты кухтуйской свиты и нижние горизонты нюлкалинской свиты (рис. 4).

В долине реки Ульбея в точке наблюдения 8031 ($60^{\circ} 28' 44,1''$ с.ш. $143^{\circ} 46' 5,8''$ в.д.) были описаны черные, мелкозернистые, полимиктовые песчаники с прослоями черных алевроито-песчаников. Слоистость часто отчетливо ритмичная, к основанию ритмов материал грубеет. Отобрана проба 8031/2. (рис. 4)

В 890 м ниже по течению реки Ульбея от точки наблюдения 8033 были описаны светло-серые, кварцевые, мелкозернистые песчаники. Отобрано пробы 8033/6-1 и 8033/6-2. (рис. 4)

В детальном разрезе на реке Кухтуй ($60^{\circ} 19' 28,8''$ с.ш., $143^{\circ} 9' 41,8''$ в.д.) (рис. 4) свита по большей части представлена разнозернистыми песчаниками с прослоями алевролитов, кремнистых и углисто-глинистых сланцев. Описанный автором разрез нюлкалинской свиты имеет следующий состав:

Пачка 1. Песчаник темно-зеленовато-серый, мелкозернистый до гравийной зернистости.

Встречаются прослойки песчаников (мощность 2-3 м) серых, мелко-среднезернистых. Мощность пачки 23 м.

Пачка 2. Переслаивание песчаников, алевролитов, кремнистых сланцев и углеродистых алевролитов. Песчаники светло-серые, средне-мелкозернистые с градационной слоистостью. Алевролиты темно-серые и черные, слоистые с примазками углистого вещества. Кремнистые сланцы серые, однородные. Мощность пачки 50 м. (рис. 17)

Пачка 3. Песчаники темно-серые, средне-мелкозернистые, массивные. Мощность 19 м.

Пачка 4. Алевролит темно-серый, полосчатый за счет прослоев белого кремнистого сланца (мощность от 5-10 см до 15-50 см), черного углеродистого аргиллита (мощность 1-3-10 см) и светло-серого мелкозернистого песчаника (мощность 3-5 см). Мощность пачки 6 м.

Пачка 5. Песчаники кварцевые светло-серые, мелко-среднезернистые, массивные. Мощность 28 м. (проба 6090/35 и 6090/36)

Пачка 6. Кремнистый сланец светло-серый со слабым зелёным оттенком, полосчатый, с раковистым изломом и ровными поверхностями наслоения, слоистость за счет

прослоев углеродисто-глинистого материала (мощность 0,3-0,5 м). Мощность пачки 2 м.

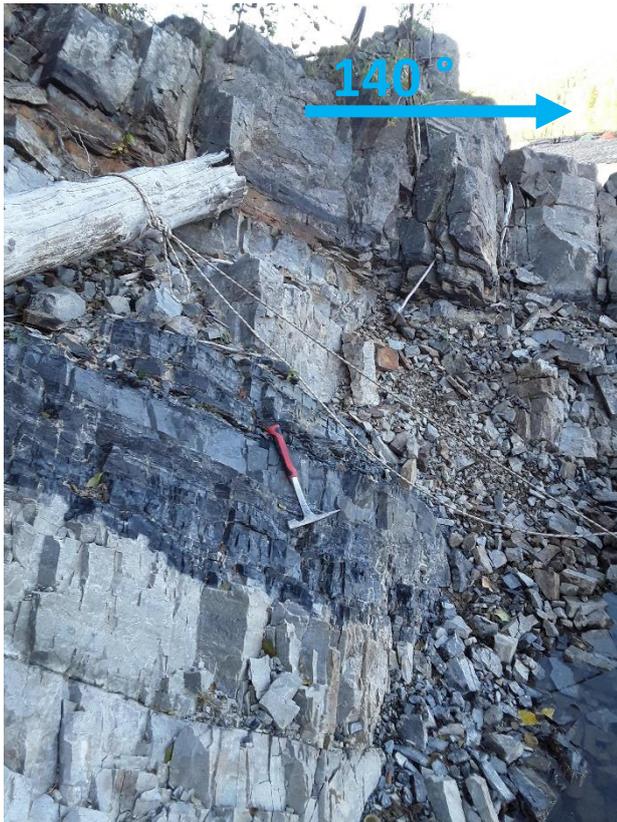


Рис 17. Пачка 2. Переслаивание песчаников (светло-серые), алевролитов (темно-серые), кремнистых сланцев (серые) и углеродистых алевролитов (черные). Фото автора.

- Пачка 7. Углеродистые аргиллиты чёрные и темно-серые, с тонкими прослоями (мощность 1-3 см) светло-серого песчаника и алевропесчаника. По плоскостям наложения углеродистые примазки с блестящими поверхностями за счет углеродистого материала. Отмечаются прослойки белесых кремнистых сланцев. Слоистость слабоволнистая, неровная. Мощность 8 м.
- Пачка 8. Алевропесчаники зеленовато-серые, плитчатые, массивные, слабополосчатые. Структура мелкозернистая до алевитовой. Мощность 8 м.
- Пачка 9. Углеродистые тонкослоистые аргиллиты чёрного цвета. По плоскостям рассланцевания углеродистые примазки, отмечаются прослойки (мощность 1-5 см) светло-серого песчаника. Слоистость волнистая, не ровная. Мощность 12 м. (рис. 18)
- Пачка 10. Песчаник серый алевролитистый, с прослоями мелкозернистого светло-серого песчаника (мощность 1-5-10 см) и редкими прослоями (мощность 0,3-1 см) чёрного углеродистого аргиллита. Мощность 6 м.



Рис 18. Контакт пачки 9 (тонкослоистые аргиллиты) и пачки 10 (серые песчаники). Фото автора.

- Пачка 11. Углеродистый аргиллит с тонкими прослойчиками (до 0,5 см) светло-серых мелкозернистых песчаников. Мощность пачки 3 м.
- Пачка 12. Переслаивание кварцевых песчаников и алевропесчаников. Песчаники кварцевые, светло-серые, полосчатые, мелкозернистые, слоистость за счет алевропесчаного темно-серого и серого материала (мощность прослоев 1-5-10 см) и примазок чёрного алевритисто-углеродистого материала (мощность 0,3-0,5-1 см). Мощность 6 м.
- Пачка 13. Алевролиты темно-серые и серые с обрывками аргиллитов и обломками черного аргиллита (размером до 1-2 см). Мощность 27 м.
- Пачка 14. Песчаники зеленовато-серые разнозернистые от мелкозернистых до гравийных зерен, полосчатость за счет темно-серых слоев алевролита и светло-серых мелкозернистых песчаников. Мощность 7 м.
- Пачка 15. Алевролиты песчаные серые с редкими крупнозернистыми песчинками кварца и обломками чёрных аргиллитов. Мощность 14 м.
- Пачка 16. Гравелит мелкообломочный, зеленовато-серый. Гравийные зерна кварца, полевого шпата, углеродисто-кремнистого сланца, размером 0,1-0,4 см, беспорядочно и неравномерно распределены в крупнозернистой песчаной общей массе. Мощность 2 м. (проба 6090/15)

- Пачка 17. Алевролит песчанистый серый, массивный. Мощность 9 м.
- Пачка 18. Песчаники косослоистые темно-серые, тонко-мелкозернистые до алевритистых, полосчатые за счет светлых белесо-серых алевропесчаников (мощность 0,3-4 см). Мощность 15 м. (пробы 6090/13 и 6090/11)
- Пачка 19. Алевропесчаник тонкозернистый темно-серый, крепкий, с раковистым изломом, плитчатый. Мощность 37 м.
- Пачка 20. Алевролит темно-серый до чёрного, интенсивно трещиноватый с раковистым изломом, массивный. Мощность 4.
- Пачка 21. Песчаники мелко-среднезернистые зеленовато-серые, имеют не ровную волнистую слоистость за счет прослоев гравелитов (мощность от 5 до 25 см), прослой редкие через 20-50 см, и за счет редких прослойчиков светло-зеленовато-серого алевролита и песчаника (мощность 1-5 см) и чёрных аргиллитов (1-8 см). Гравелитистые зерна кварца и полевого шпата (размер от 0,2 до 0,4-0,5 см) расположены в мелко- крупнозернистой, зеленовато-серой песчаной массе. Мощность 18 м. (проба 6090/4)
- Пачка 22. Песчаники мелко-среднезернистые серые, крепкие, со слабой волнистой слоистостью за счет кремнистого светло-серого материала. Мощность 22 м.

Далее местность задернована.

В результате исследования шлифов, все породы нюлкалинской свиты были разделены на три петрографических класса (рис. 6).

Породы первого класса (6090/4, 6090/13, 6090/15, 6090/35, 6090/36) являются туффитами. Порода состоит из обломочной (псаммитовой) части (90%) и цемента (10%). Псаммитовая часть представлена обломками кварца, полевого шпата, а также фрагментами пород. Структура крупно-грубозернистая, встречаются зерна размером до 4 мм. Сортировка отсутствует. Микротекстура неоднородная. (рис. 19)

Зерна кварца, размер до 1,2 мм, средне окатаны, без вторичных изменений и составляют 7% от всей обломочной части. Фрагменты кристаллов полевого шпата подвержены вторичным изменениям и плохо делимы на калиевые или натрово-кальциевые шпаты. Размер обломков до 1,4 мм, зерна плохо- средне окатанные и составляют 13% от всей обломочной части. Рудные минералы, размером до 0,2 мм, имеют плохо окатанные или округлые очертания и составляют примерно 5% от всей обломочной части. Основную часть пробы составляют обломки пород, размером до 4 мм, плохо или средне окатанные. Присутствуют обломки песчаных (20%) и вулканических пород (80%). Среди терригенных пород явно различаются плотные кварцевые песчаники. Вулканические породы представлены фрагментами пород с хорошо различимыми лейстами плагиоклаза, а также изменёнными обломками стекла, которые начинают

преобразовываться в мелкокристаллический кварц. В фрагментах вулканических пород сохраняется не сильно измененные вкрапленники полевого шпата и пироксена, которые погружены в массу из лейст плагиоклаза. Суммарно обломки пород составляют 85% от всей обломочной части. (рис. 19)

Цемент представлен гидрослюдистыми минералами (за счет разложения вулканического стекла), хлоритом и боулингитом. Тип цемента закрытый поровый (обломки соприкасаются друг с другом), мелко-среднекристаллический, пятнистый. (рис. 19)

Породы второго класса (проба 8031/2, 8033-б/2) были определены как кварцево-

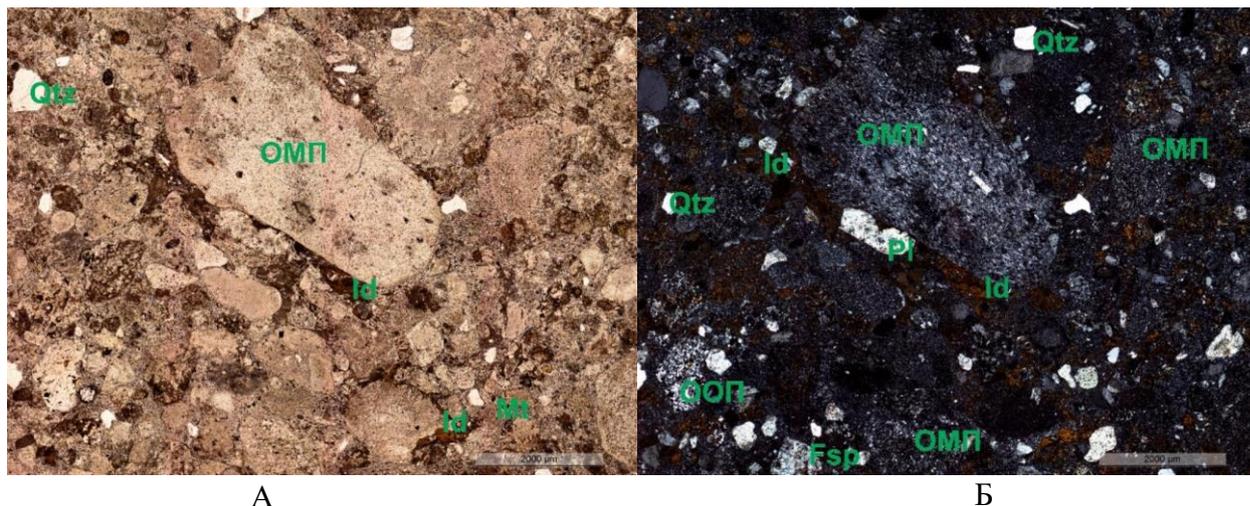


Рис. 19. Ньюкалинская свита. Шлиф 6090/13. Гравелитистый туфопесчаник. Увеличение X5.
А) без анализатора; Б) с анализатором
Условные обозначения см. в таблице 1.

мезомиктовые тонко-мелкозернистые песчаники. Порода состоит из обломочной (псаммитовой) части (80%) и цемента (20%). Псаммитовая часть представлена обломками кварца и плагиоклаза. Структура тонко - мелкозернистая, встречаются зерна размером до 0,5 мм. Микротекстура неоднородная, слоистая. Сортировка средняя. (рис. 20)

Зерна кварца составляют основную часть породы - 90% от всей обломочной части. Размер зерен до 0,15 мм, они плохо окатанные, без вторичных изменений. Фрагменты кристаллов плагиоклаза, размером до 0,15 мм, плохоокатанные и оставляют 7% от всей обломочной части. Кристаллы циркона имеют размер до 0,03 мм, они плохо окатанные, видны сохранившиеся грани кристаллов, оставляют 1% от всей обломочной части. Рудные минералы, размером до 0,4 мм, имеют плохо окатанные или округлые очертания и составляют примерно 2% от общей обломочной части. (рис. 20)

Цемент представлен гидрослюдистыми и глинистыми минералами. Цемент открытый поровый, скрыто-мелкокристаллический, пленочный. (рис. 20)

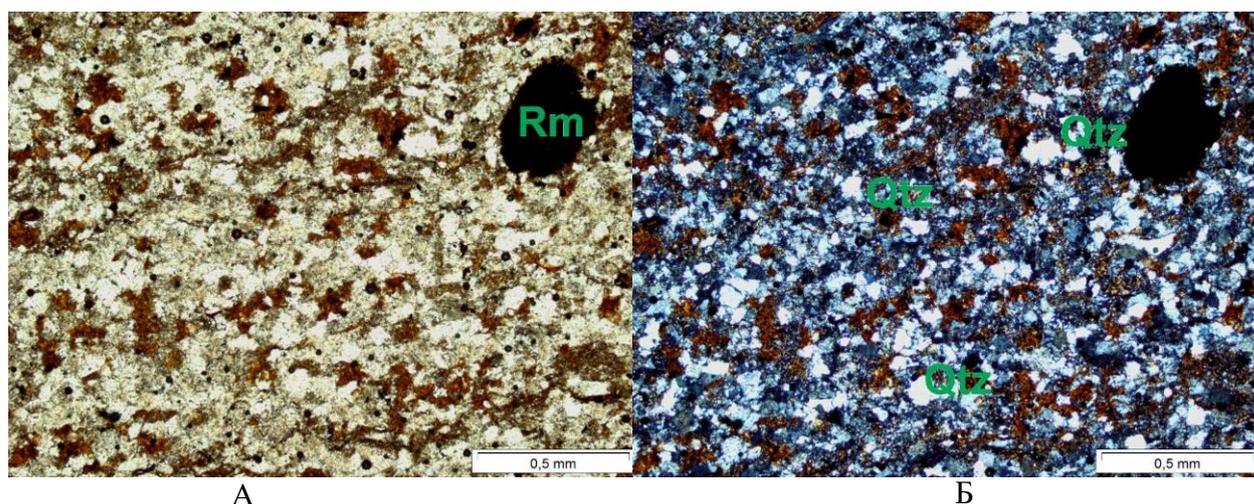


Рис. 20. Ньюкалинская свита. Шлиф 8031/2. Кварцевый песчаник. Увеличение X5.
 А) без анализатора; Б) с анализатором
 Условные обозначения см. в таблице 1.

Породы третьего класса (пробы 8033/6-1, 8033/6-2) представлены мелко-среднезернистыми аркозовым песчаником. Породы состоят из обломочной (псаммитовой) части (80%) и цемента (20%). Псаммитовая часть представлена обломками кварца, плагиоклаза, калиевого полевого шпата, а также фрагментами пород. Структура мелко-среднезернистая, встречаются зерна размером до 1,1 мм. Сортировка плохая или средняя. Микротекстура неоднородная. (рис. 21)

Кварц, размером до 0,7 мм, средне-плохоокатаны, без вторичных изменений и составляет 55% от всей обломочной части. Зерна плагиоклаза и калиевого полевого шпата из-за вторичных изменений плохоразличимы. Они имеют размер до 0,4 мм (в редких случаях до 1,1 мм), плохо или средне окатаны. По зернам развиваются гидрослюдистые минералы. Зерна плагиоклаза составляют 18% от всей обломочной части. Кристаллы циркона, размером до 0,1 мм, плохоокатанные, видны сохранившиеся грани кристаллов. Циркон составляет 1-2% от общей обломочной части. Обломки пород имеют размер до 1,2 мм, они среднеокатанные. Присутствуют обломки песчаных пород (50%) и глинистого материала (50%). Суммарно обломки пород составляют 25% от всей обломочной части. (рис. 21)

Цемент представлен гидрослюдистыми минералами. Цемент открытый поровый, мелкокристаллический, пленочный. (рис. 21)

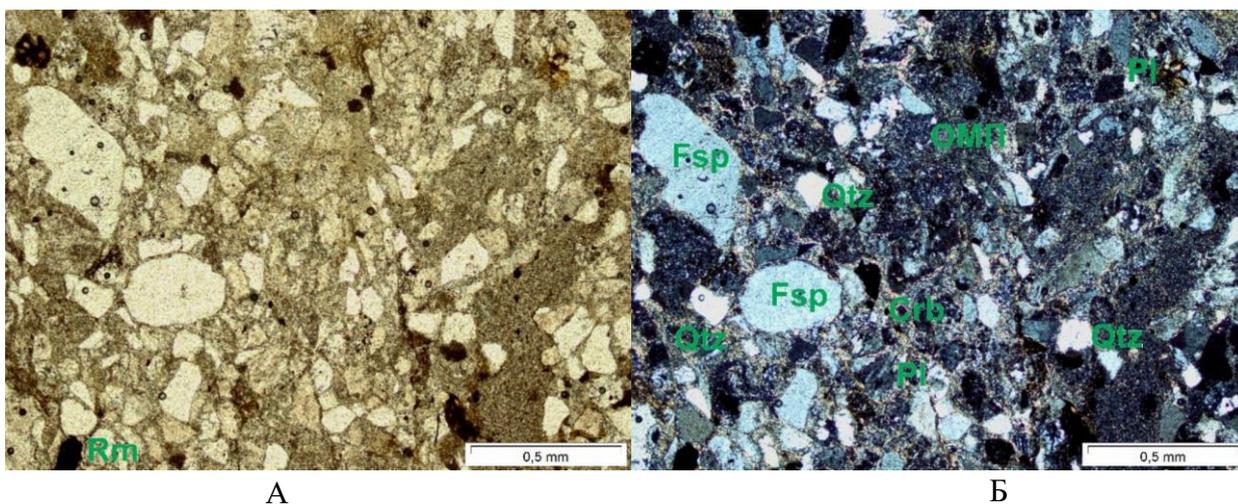


Рис. 21. Ньюкалинская свита. Шлиф 8033/6-2. Мезомиктовый песчаник.
Увеличение X5.

А) без анализатора; Б) с анализатором
Условные обозначения см. в таблице 1.

В результате петрографического исследования пород центральной части Охотского массива было выявлено, что закартированные свиты на листах Р-54-XXXVI и Р-55-XXXI имеют очень неоднородный литологический состав и, соответственно, породы этих свит имели разные источники сноса. Все исследованные породы можно разделить на 3 группы: туффиты, граувакки, а также аркозовые и кварц-мезомиктовые песчаники (рис. 6).

Наиболее грубыми и незрелыми породами являются туффиты (петрокластические граувакки по классификации Шванова 1987 года). Эти породы содержат в себе информацию о двух источниках сноса: первый источник поставлял большое количество обломков магматических пород базальтового и андези-базальтового состава. В этих обломках полностью сохраняются текстурно-структурные особенности вулканических пород. Однако в этих породах также присутствуют значительные количества обломков кварца и плагиоклаза андезин-олигоклазового состава, и из этого можно сделать вывод, что эти обломки были принесены из области распространения магматических пород дацитового и риолитового состава. В граувакках также обнаруживаются как обломки пород основного и среднего, так и большое количество кварца и полевых шпатов, в том числе калиевых.

Породы аркозового состава не лишены обломков магматических пород, но в большей части состоят из кварца и различных полевых шпатов. В кварцевых и мезомиктовых песчаниках практически не встречаются обломки пород. В итоге, можно предположить, что эти породы имели другой источник поступления кварцевого и полевошпатового вещества, отличный от описанных ранее, потому что зерна в песчаниках также слабо окатанные как в граувакках и туффитах, но концентрация кварца и полевого шпата намного выше.

Глава 3. Геохимическая характеристика осадочных пород Охотского массива

Для получения геохимического состава исследуемых осадочных пород были проведены силикатный и ICP-MS анализы 23 проб, которые представляли собой осадочные или вулканогенно-осадочные породы.

Анализы проводились в Центральной лаборатории ФГУОП «ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского».

Полученные результаты по содержанию петрогенных элементов, а также редкоземельных и редклометальных элементов позволили построить классификационные, дискриминационные диаграммы и спайдерграммы. Результаты химических анализов приведены в таблицах № 2 и 3.

В результате изучения комплекса литературы о геохимических исследованиях осадочных пород был выбран ряд широко используемых диаграмм и соотношений элементов, необходимых для интерпретации условий формирования изучаемых пермских пород Охотского массива [Тейлор, Мак-Леннан, 1988; Sun, McDonough, 1989; McLennan et al, 1993; Condie, 1993; Скляров, 2001; Gu et al, 2002; Маслов, 2005].

Для понимания насколько исследуемые породы были преобразованы в результате химического выветривания была построена треугольная диаграмма соотношения Al_2O_3 , K_2O и Na_2O+CaO (рис. 22). Значения на диаграмме указаны в молярных концентрациях.

По треугольной диаграмме соотношений Al_2O_3 , K_2O и Na_2O+CaO можно сделать вывод, что все пермские породы были невыветрелые или только слабо преобразованы в ходе химического выветривания, что подтверждают данные петрографических исследований (глава 2) – все породы в шлифах имеют свежий облик (рис. 22).

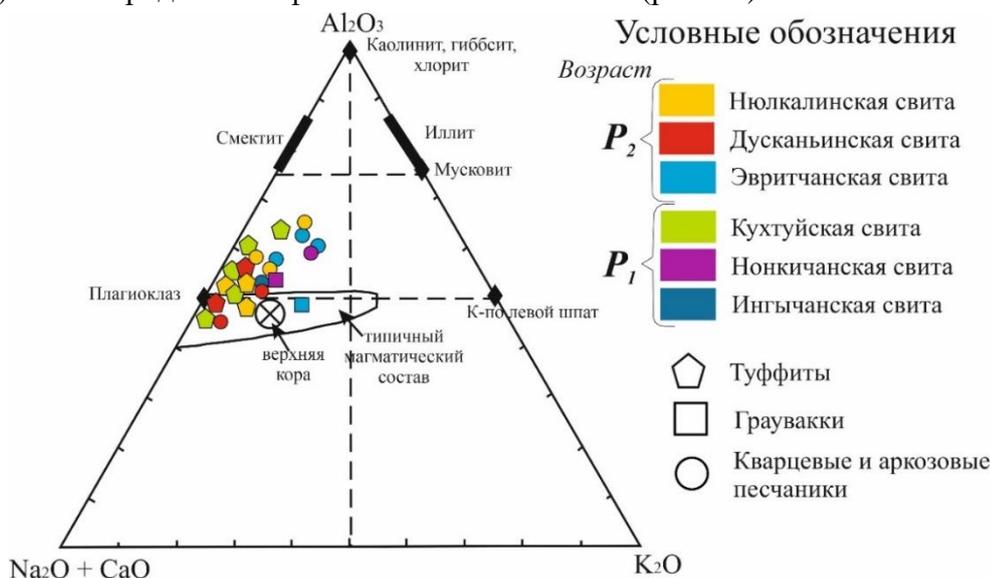


Рис. 22. Треугольная диаграмма соотношения Al_2O_3 , K_2O и Na_2O+CaO (построена по McLennan et al., 1993).

Таблица 2. Содержание петрогенных оксидов в исследуемых породах.

№ пробы	Свита	Класс	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ общ%	MnO%	MgO%	CaO%	Na ₂ O%	K ₂ O%	P ₂ O ₅ %	ППП%	Сумма%
6090/4	нюлкалинская	Туффиты	69.20	14.94	0.80	4.233	0.1484	1.274	2.412	4.524	1.461	0.1486	0.933	100
6090/36	нюлкалинская		62.36	22.57	1.43	1.972	0.125	0.5886	1.592	3.585	3.484	0.141	1.95	99.79
6090/13	нюлкалинская		70.02	13.26	0.65	5.941	0.254	1.243	3.556	2.689	1.157	0.1704	0.85	99.79
6090/15	нюлкалинская		68.87	13.71	0.73	4.966	0.2768	1.386	3.944	3.288	1.718	0.1546	0.86	99.9
8031/2	нюлкалинская	Кварцевый песчаник	71.44	12.51	0.73	5.923	0.0668	1.493	1.663	3.089	1.893	0.1373	0.865	99.81
8033-06/1	нюлкалинская	Аркозовый песчаник	75.75	13.51	0.39	2.861	0.055	0.2522	1.509	3.776	0.9425	0.0678	0.833	99.95
8033-06/2	нюлкалинская	Мезомикт. песчаник	69.38	18.47	0.51	2.202	0.0419	0.3137	0.85	2.971	3.119	0.0853	2.07	100
6041/3	дусканьинская	Туффиты	66.70	14.90	0.39	3.592	0.1289	0.655	4.98	4.385	1.588	0.1213	2.14	99.58
6055/2	дусканьинская		69.67	13.55	0.51	3.99	0.067	1.028	2.58	4.788	1.546	0.1316	1.83	99.69
6066/10	дусканьинская	Аркозовые песчаники	63.80	18.59	0.63	4.208	0.1286	0.7148	1.42	6.583	1.298	0.1436	2.12	99.64
6066/11	дусканьинская		67.40	15.53	0.48	3.454	0.173	0.4844	2.10	7.202	0.54	0.1101	2.08	99.55
1011/2	эвричанская	Аркозовые песчаники	61.10	16.94	0.70	8.697	0.055	2.494	1.01	3.322	2.641	0.0907	2.74	99.79
7138/1	эвричанская		66.98	16.69	0.53	4.781	0.0883	1.347	2.10	3.842	2.245	0.0912	1.1	99.8
7144/1	эвричанская	Мезомикт. песчаник	64.96	15.98	0.64	5.379	0.0582	1.834	0.51	3.653	3.504	0.1414	2.67	99.33
7144/2	эвричанская	Кварцевая граувакка	69.44	13.75	0.39	3.509	0.0588	0.7446	2.502	3.116	4.441	0.0634	0.894	98.91
6090/50	кухтуйская	Туффиты	59.86	22.18	1.66	2.629	0.2031	0.4868	3.509	6.746	1.126	0.5023	0.743	99.64
6090/54	кухтуйская		64.78	14.93	0.62	6.936	0.3812	1.037	6.782	3.121	0.6623	0.2095	0.648	100
6090/55	кухтуйская		66.50	17.19	0.63	3.779	0.1547	0.6682	3.285	5.359	1.386	0.1703	0.71	99.83
8033/1	кухтуйская		64.13	18.88	0.87	5.51	0.08	0.8604	0.87	4.607	1.759	0.0629	2.07	99.69
8033/4	кухтуйская		67.33	15.93	0.73	6.346	0.1293	1.109	1.92	4.069	0.5977	0.075	1.57	99.8
7135/1	нонкичанская	Аркозовый песчаник	70.40	13.84	0.35	3.926	0.0728	1.168	0.63	3.172	3.091	0.115	2	98.76
7136/1	нонкичанская	Полевошпатовая граувакка	61.45	16.06	0.48	7.508	0.1219	1.706	1.84	4.484	2.762	0.0955	2.57	99.08
6081/4	ингычанская	Аркозовый песчаник	67.68	13.91	0.52	4.286	0.1079	1.23	2.51	3.374	2.04	0.1047	3.53	99.3

Таблица 3. Содержание редкометалльных и редкоземельных элементов в исследуемых породах.

№ пробы	Свита	Класс	Sc	V	Cr	Co	Ni	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pr	Nd
			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
6090/4	нюлкалинская	Туффиты	11.9	57.4	13.6	5.93	14	42.5	239	33.1	156	3.79	385	16.3	35.5	4.67	20.7
6090/36	нюлкалинская		34.5	122	11.2	2.62	7.26	93.3	310	31.8	137	3.65	746	12.8	33.6	3.82	18.4
6090/13	нюлкалинская		12.3	39.1	12.9	4.99	12.6	24.1	277	31.9	129	3.98	393	18.5	40.7	5.55	24.2
6090/15	нюлкалинская		11	45.2	12.7	9.41	13.5	38.6	307	29.5	114	3.36	348	13.3	30.7	3.88	17.9
8031/2	нюлкалинская	Кварцевый песчаник	10.5	118	83.9	11.8	30.2	69.4	227	17.5	176	12.5	590	27.8	57.6	7.25	26.8
8033-06/1	нюлкалинская	Аркозовый песчаник	7.19	38.9	17.5	4.29	11.4	25.4	190	18.5	201	8.22	324	25.5	48	5.63	20.6
8033-06/2	нюлкалинская	Мезомикт. песчаник	10.8	54.8	14.6	4.79	8.14	64.3	140	25.2	268	11.2	700	36.2	66.8	7.51	26.7
6041/3	дусканьинская	Туффиты	8.58	51.8	16.7	3.67	12.9	44.5	339	17.4	110	7.24	383	20.6	42.7	4.81	18.4
6055/2	дусканьинская		10.1	75	32	7.39	15.6	40	239	23.8	251	9.91	641	33.6	74.1	8	31.6
6066/10	дусканьинская	Аркозовые песчаники	16.6	37.5	8.27	3.51	8.19	38.6	273	26.7	96.4	3.13	302	11.4	28.6	3.38	15.6
6066/11	дусканьинская		12.4	32.9	9.78	3.15	10.7	18.9	210	23.5	75.1	2.36	170	9.37	22.9	2.91	14
1011/2	эвричанская	Аркозовые песчаники	11	69.7	18.9	3.89	8.25	65	193	23.2	390	16.1	817	45.5	92.2	9.49	33.1
7138/1	эвричанская		15.3	61.6	14.8	6.07	12.6	55.6	300	23	158	6.49	743	24	48.3	5.5	20
7144/1	эвричанская	Мезомикт. песчаник	12.2	99.5	33.6	2.54	9.49	88.2	213	14.8	343	13.7	735	27.5	58.4	6.35	22.5
7144/2	эвричанская	Кварцевая граувакка	6.82	82.1	33.7	3.64	16.4	95.6	301	22.3	198	9.32	856	34.8	70.7	7.92	26.4
6090/50	кухтуйская	Туффиты	30.7	183	12.9	14.7	14.5	22.7	365	35.8	165	4.3	706	14.4	33	3.92	16.9
6090/54	кухтуйская		49.6	79.1	12.2	12.1	18.7	14.8	329	28.2	92.1	2.45	222	6.06	15.9	2.2	11
6090/55	кухтуйская		17.5	50.8	15.8	5.11	16.2	40.5	292	24.4	97.7	2.62	415	9.39	21.8	2.76	12.1
8033/1	кухтуйская		22	110	22	14.3	9.27	37.8	243	24.6	95.1	3.38	681	13.4	26.8	3.52	15.2
8033/4	кухтуйская		17.1	90.4	18.6	11.7	9.77	18.6	216	26.8	83.6	2.65	255	11	21.6	2.94	12.7
7135/1	нонкичанская	Аркозовый песчаник	6.84	76	26.7	4.64	13.1	78.5	195	24.2	182	8.58	705	31.1	65.5	7.26	27.2
7136/1	нонкичанская	Полевошпатовая граувакка	11.7	89.2	25.7	3.36	11.3	59.8	294	19.4	166	9.16	717	32.9	68.4	6.91	25.1
6081/4	ингычанская	Аркозовый песчаник	9.54	74.9	29.5	6.26	15.7	59.9	216	26.2	411	14.8	362	48.7	104	11	40.4
Нижние пределы			0.2	2.5	1	0.5	1	2	1	0.1	0.5	0.5	3	0.01	0.01	0.01	0.01

Продолжение таблицы 3. Содержание редкометалльных и редкоземельных элементов в исследуемых породах.

№ пробы	Свита	Класс	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	Th	U
			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
6090/4	нюлкалинская	Туффиты	5	1.59	4.67	0.78	5.56	1.17	3.65	0.56	3.75	0.59	3.8	0.28	2.42	0.95
6090/36	нюлкалинская		4.57	1.62	4.63	0.81	5.6	1.22	3.62	0.54	3.54	0.62	3.52	0.33	2.01	0.9
6090/13	нюлкалинская		5.95	2.51	5.31	0.87	5.24	1.13	3.26	0.51	3.24	0.49	3.15	0.23	2.36	1.02
6090/15	нюлкалинская		4.24	2	4.33	0.73	4.88	1.07	3.02	0.44	2.9	0.5	2.71	0.21	1.89	0.82
8031/2	нюлкалинская	Кварцевый песчаник	5.05	1.18	4.46	0.62	3.52	0.68	2.07	0.32	1.79	0.33	4.39	0.93	7.13	1.5
8033-06/1	нюлкалинская	Аркозовый песчаник	4.07	1.1	3.83	0.58	3.39	0.7	1.91	0.32	1.96	0.34	4.7	0.56	6.57	1.44
8033-06/2	нюлкалинская	Мезомикт. песчаник	4.11	1.14	4.07	0.65	4.27	0.96	2.9	0.42	2.83	0.45	6.58	0.76	9.27	2.42
6041/3	дусканьинская	Туффиты	3.29	0.92	3.11	0.49	3.14	0.59	1.89	0.24	1.7	0.27	2.73	0.46	6.28	1.59
6055/2	дусканьинская		5.33	1.34	4.47	0.75	4.4	0.83	2.64	0.39	2.62	0.41	5.63	0.72	8.4	2.33
6066/10	дусканьинская	Аркозовые песчаники	3.8	1.71	3.84	0.62	4.52	1.04	2.91	0.38	2.76	0.43	2.04	0.19	1.2	0.62
6066/11	дусканьинская		3.87	1.62	3.66	0.61	3.82	0.85	2.46	0.36	2.34	0.4	1.86	0.15	1.09	0.54
1011/2	эвричанская	Аркозовые песчаники	5.71	1.26	4.69	0.77	4.22	0.93	2.41	0.39	2.38	0.39	9.21	1.38	11.6	2.24
7138/1	эвричанская		4.22	1.19	3.7	0.64	3.85	0.89	2.63	0.37	2.49	0.42	3.8	0.48	5.48	1.44
7144/1	эвричанская	Мезомикт. песчаник	3.77	0.86	2.7	0.46	2.62	0.55	2.15	0.37	2.46	0.42	7.73	0.95	11.8	3.34
7144/2	эвричанская	Кварцевая граувакка	5.12	1.25	4.18	0.66	3.82	0.78	2.18	0.33	1.95	0.29	4.6	0.66	8.95	2.63
6090/50	кухтуйская	Туффиты	4.2	1.69	4.68	0.73	5.52	1.29	4.31	0.7	4.24	0.63	4.38	0.37	2.98	1.19
6090/54	кухтуйская		3.14	1.68	3.24	0.63	4.42	1.04	3.01	0.44	2.84	0.45	2.15	0.19	1.01	0.5
6090/55	кухтуйская		3.3	1.27	3.16	0.59	3.69	0.88	2.65	0.44	2.59	0.39	2.34	0.16	1	0.49
8033/1	кухтуйская		3.78	1.78	4.28	0.7	4.35	0.99	2.83	0.43	2.66	0.45	2.67	0.2	2.08	0.86
8033/4	кухтуйская		3.21	1.61	4.24	0.71	4.75	1	2.96	0.42	2.88	0.41	2.21	0.16	1.76	0.75
7135/1	нонкичанская	Аркозовый песчаник	4.84	1.33	4.77	0.72	4.28	0.86	2.38	0.35	2.28	0.33	4.42	0.73	8.36	2.28
7136/1	нонкичанская	Полевошпатовая граувакка	4.42	1.26	3.64	0.67	3.65	0.73	2.11	0.33	1.94	0.3	4.02	0.71	8.33	1.83
6081/4	ингычанская	Аркозовый песчаник	6.81	1.32	5.86	0.86	5.21	1.06	2.88	0.44	2.95	0.46	9.81	1.09	11.4	2.89
Нижние пределы			0.005	0.005	0.01	0.1	0.1	0.1								

Также для вычисления степени выветривания были рассчитаны индексы изменчивости и выветривания: CIA – химический индекс изменчивости, $CIA = \{Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O)\} \times 100$; PIA – плагиоклазовый индекс изменчивости, $PIA = \{(Al_2O_3 - K_2O) / ((Al_2O_3 - K_2O) + CaO^* + Na_2O)\} \times 100$; CIW – химический индекс выветривания, $CIW = \{Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O)\} \times 100$ [Маслов, 2005]. Индексы рассчитываются в молярных концентрациях. Все значения по трем индексам показали, что исследуемые породы невыветрелые или слабо выветрелые. Значения индекса CIA составили от 45,0 до 65,3 (среднее 54,8), значения индекса PIA колеблются от 44,7 до 70,1 (среднее 56,0), показатели индекса выветривания составили от 46,0 до 74,1 (среднее 59,5).

Для того чтобы удостовериться, что переотложения пород не было и есть возможность определить состав первичного источника обломочного материала была построена диаграмма Th/Sc и Zr/Sc отношения (рис. 23).

По диаграмме Th/Sc и Zr/Sc отношения можно сказать, что все породы не претерпевали перемыва и переотложения. Также на этой диаграмме пробы разделяются на две группы. В первую группу входят все туффииты (породы кухтуйской свиты, нюлкалинской свиты и дусканьинской свиты). Первая группа имеет пониженное Th/Sc отношение, что объясняется присутствием обломков магматических пород основного-среднего состава. Кроме того, можно заметить особенное положение большей части проб нюлкалинской свиты и их тяготение к породам более кислого состава. (рис. 23)

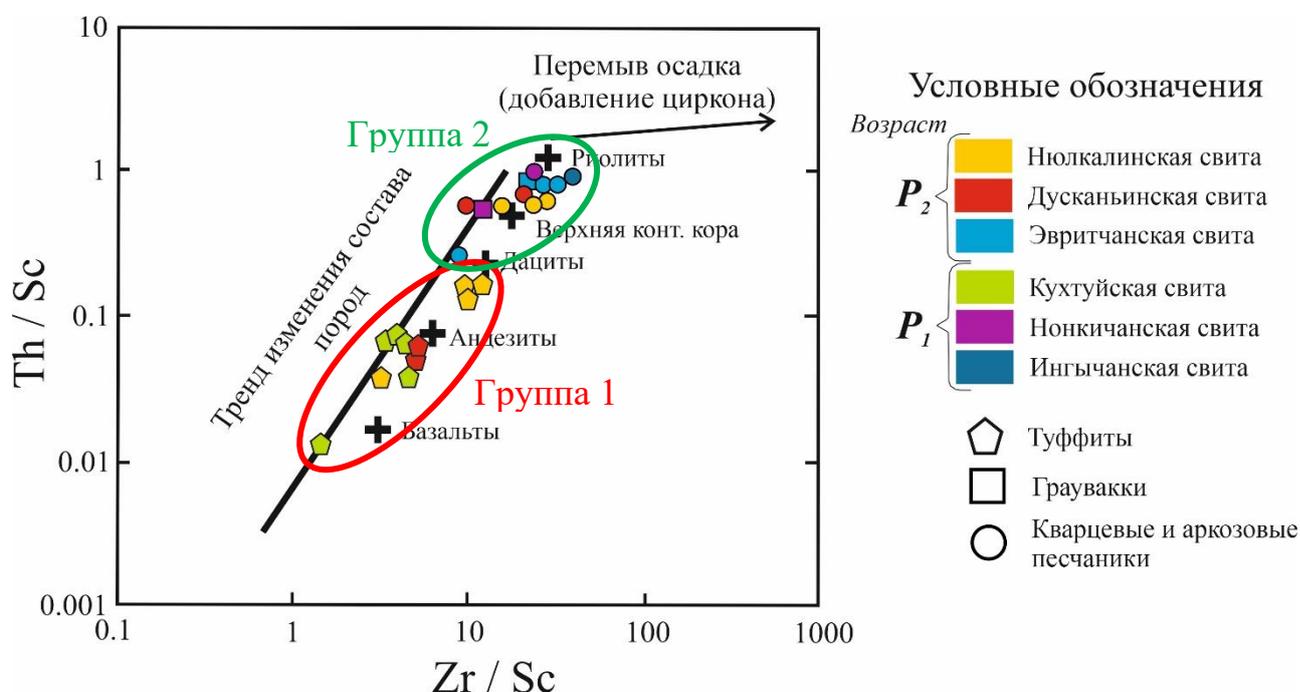


Рис. 23. Диаграмма зависимости Th/Sc и Zr/Sc отношения (построена по McLennan et al., 1993).

Вторая группа (породы ингычанской, нонкичанской и эвритчанской свит, а также аркозовые песчаники дусканьинской свиты, аркозовые и кварц-мезомиктовые песчаники

нюлкалинской свиты) состоит из большого комплекса пород, таких как различные граувакки, аркозовые, мезомиктовые и кварцевые песчаники. Данная группа пород имеет более высокое Th/Sc отношение из-за более высокой концентрацией полевошпатовой компоненты в породах, что отвечает обломочным породам, образованным за счет размыва пород верхней коры и магматических пород кислого состава (рис. 23).

Для петрохимической классификации исследуемых осадочных пород была построена классификационная диаграмма Ф. Петтиджона арениты – граувакки $\log(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$ и $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ (рис. 24). На диаграмме практически все осадочные породы попали в поле граувакк. Также видно, что туффиты кухтуйской и дусканьинской свит имеют большое содержание Na_2O и малое содержание SiO_2 , вероятнее всего из-за присутствия обломков основных магматических пород повышенной щелочности (субщелочного ряда). Единственная проба, попавшая в поле литаренитов из 3 класса эвритчанской свиты, была определена петрографически как кварцевая граувакка.

Совместное расположение проб аркозовых и мезомиктовых песчаников в полях граувакк вероятнее всего можно объяснить погрешностью, вызванную наличием значительного количества цемента.

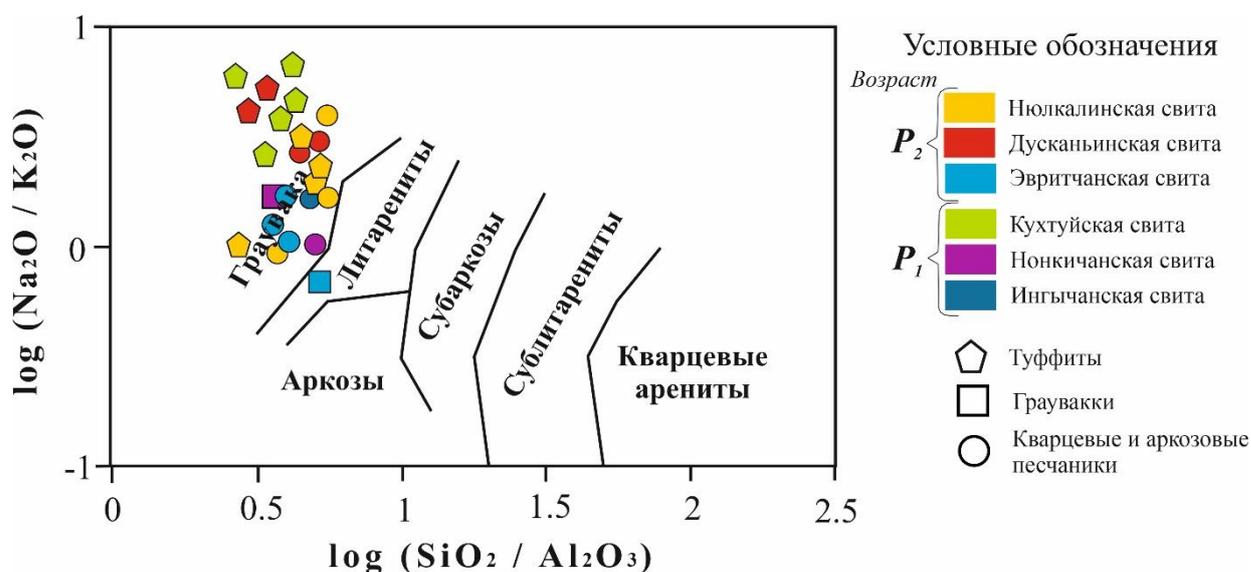


Рис. 24. Классификационная диаграмма Ф. Петтиджона арениты – граувакки (построена по Herron, 1988)

Для более точного определения состава материнских пород для исследуемых проб была построена диаграмма зависимости La/Sc и Co/Th отношения (рис. 25) и треугольная диаграмма Th-La-Sc (рис. 26).

По диаграмме зависимости La/Sc и Co/Th отношения видно, что в районе исследования в пермское время были два источника вещества. Первый источник был более основного – среднего состава, в эту область попали туффиты из кухтуйской, нюлкалинской и дусканьинской свит. Второй источник был кислого состава, в эту область попали песчаники

различного состава из ингычанской, нонкичанской и эвритчанской свит, а также аркозовые песчаники дусканьинской свиты, аркозовые и кварц-мезомиктовые песчаники нюлкалинской свиты (рис. 25).

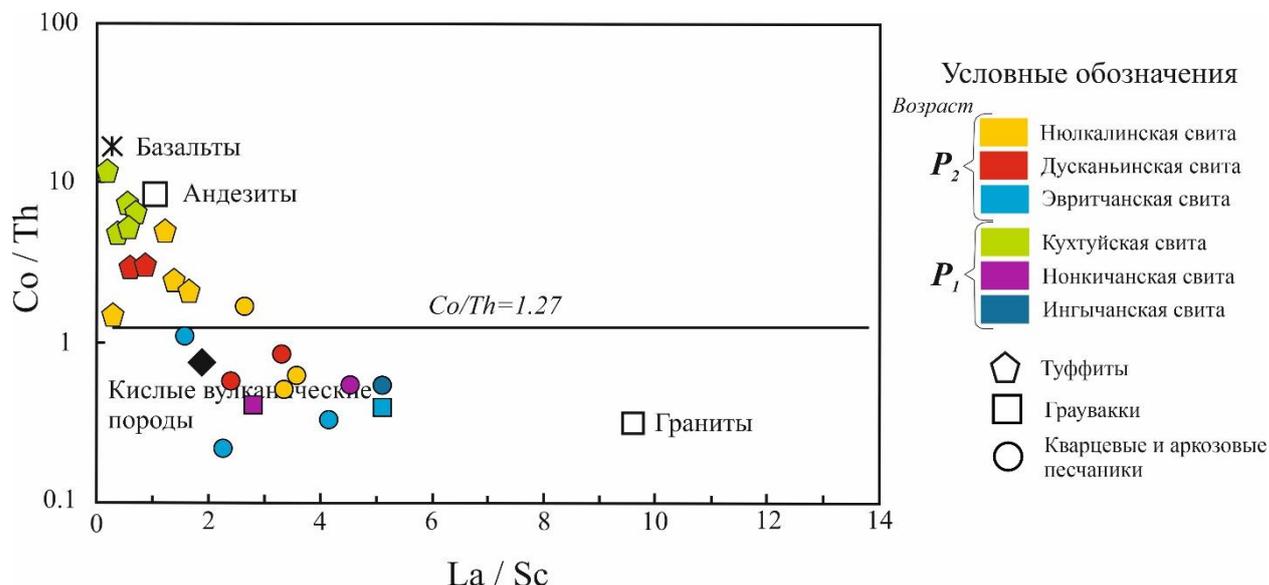


Рис. 25. Диаграмма зависимости La/Sc и Co/Th отношения (построена по McLennan et al., 1993).

На диаграмме Th-La-Sc также хорошо видно разделение проб на группу туффигов и песчаников разного состава (рис. 26). Породы группы туффигов в основном сосредоточены вокруг поля пород андезитового состава, однако три пробы туффигов нюлкалинской свиты расположены около поля пород риолитового состава, что говорит о более кислом по составу

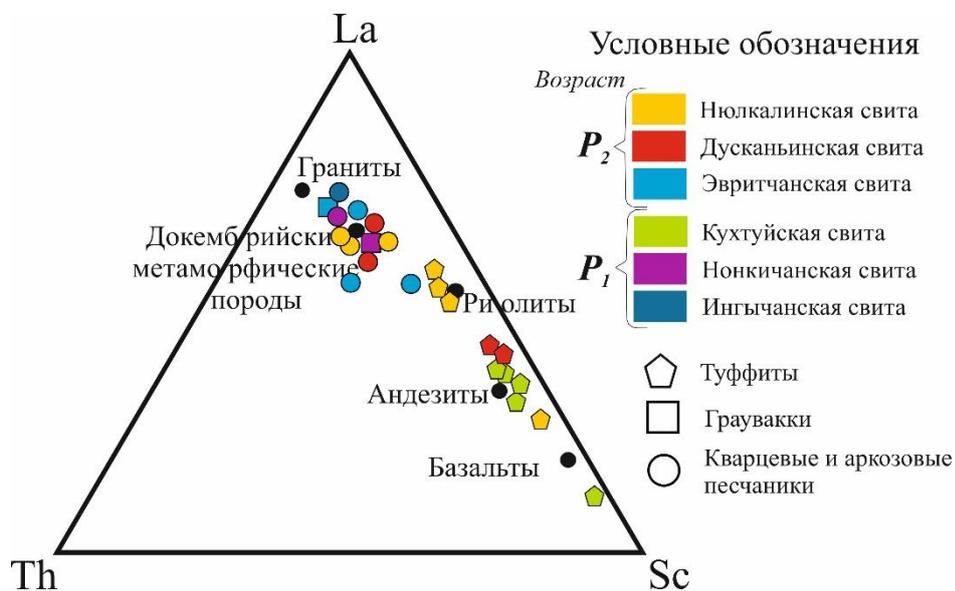


Рис. 26. Диаграмма состава материнских пород Th-La-Sc (построена по Wronkiewicz, 1987 с дополнениями автора).

источнике вещества для этих пород. Аналогичное разделение проб можно было видеть на диаграмме зависимости Th/Sc и Zr/Sc отношения. Пробы из ингычанской, нонкичанской и эвритчанской свит, а также аркозовые песчаники дусканьинской свиты, аркозовые и кварц-

мезомиктовые песчаники нюлкалинской свиты располагаются в области докембрийских метаморфических пород и гранитов. (рис. 26)

Чтобы определить из какой области выплавлялись материнские породы была построена диаграмма зависимости Th и Th/U отношения (рис. 27). По диаграмме пробы можно разделить на две группы. У первой группы (туффиты кухтуйской, нюлкалинской и дусканьинской свит) источник вещества был мантийный и относился к области деплетированной мантии. Вторая группа пород (состоящая из песчаников разного состава) образовывалась преимущественно из корового вещества. (рис. 27).

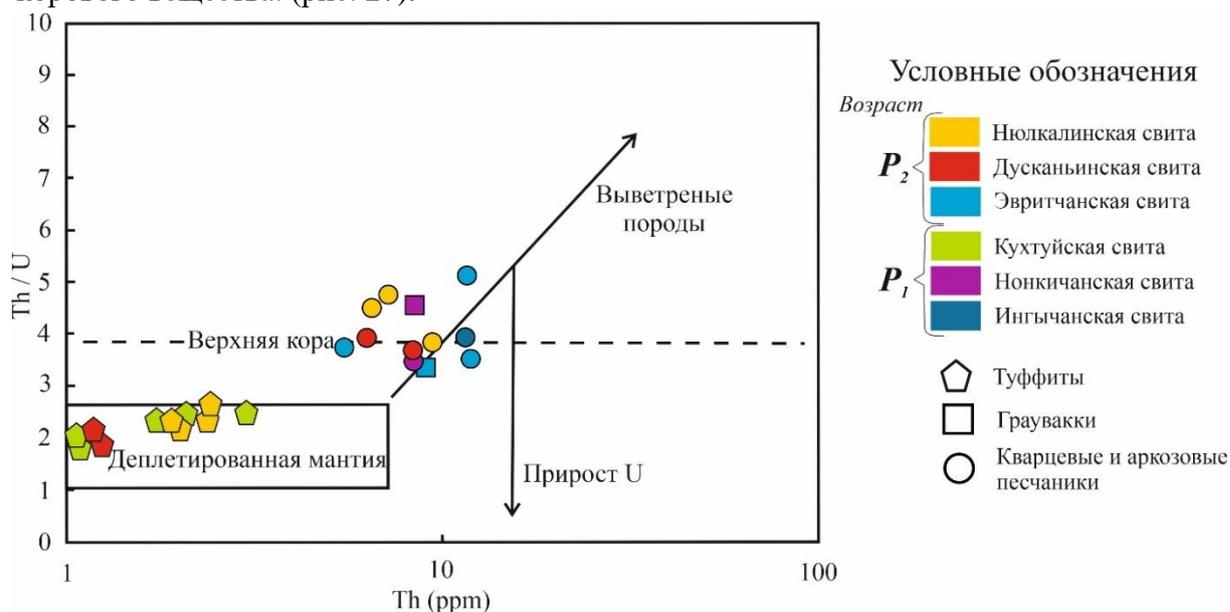


Рис. 27. Диаграмма зависимости Th и Th/U отношения (построена по McLennan et al.,

Для выявления геодинамических обстановок образования исследуемых пород была построена диаграмма соотношения $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (рис. 28) и $\text{Ti}/\text{Zr} - \text{La}/\text{Sc}$ отношений (рис. 29). На диаграмме $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ отношения видно, что пробы были разделены на три группы: часть проб попала в поля пород островной дуги (поля A1 и A2), а некоторые пробы оказались в поле пород активной континентальной окраины (поле АСМ). Первая группа в поле A1 характеризуется большим количеством обломков основных магматических пород, в нее попали все туффиты кухтуйской и дусканьинской свит. Во вторую группу в поле A2, характеризующуюся большим содержанием обломков пород кислого состава, попали туффиты нюлкалинской свиты, аркозовые песчаники из дусканьинской и эвритчанской свиты, а также граувакки нонкичанской свиты. Третья группа пород в поле АСМ представлена аркозовыми песчаниками ингычанской, нонкичанской, эвритчанской и нюлкалинской свит, а также граувакками эвритчанской свиты. Все данные, полученные с этой диаграммы, подтверждаются петрографическими исследованиями (рис. 28).

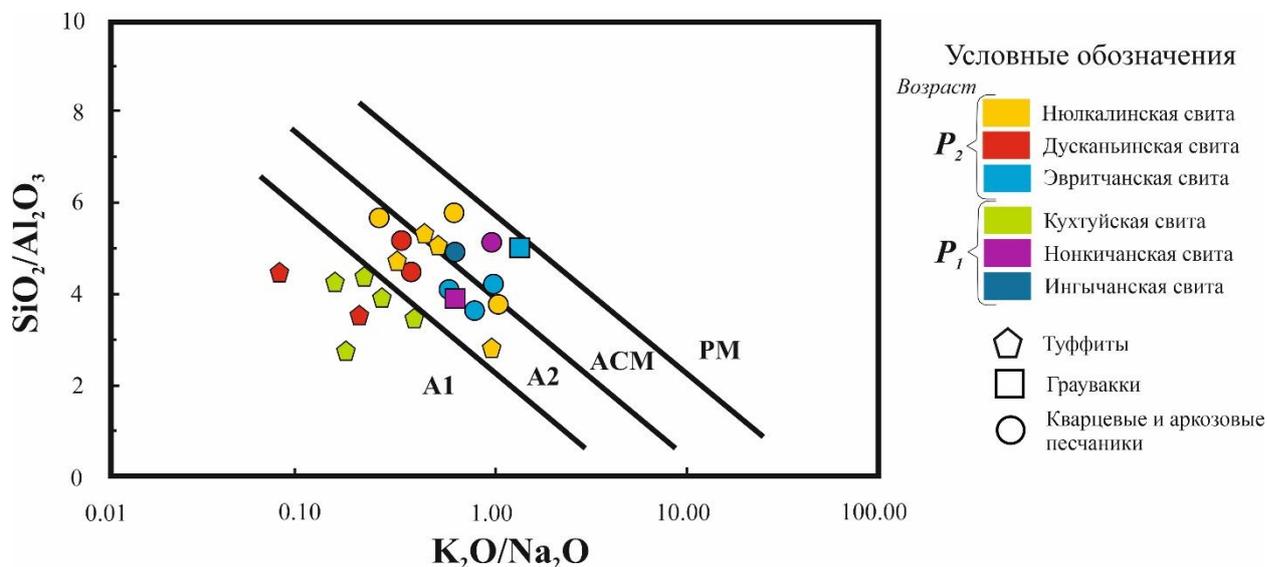


Рис. 28. Диаграмма зависимости $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ отношения (построена по Roser, 1986). PM – пассивная континентальная окраина, ACM – активная континентальная окраина, A2 – песчаники островной дуги с преобладанием обломков кислых плутонических пород, A1 – песчаники островной дуги с преобладанием обломков базальтов и андезитов.

На диаграмме Ti/Zr и La/Sc отношения породы разделились на две группы. Первая группа состоит полностью из туффитов и полностью находится в области юных (океанических) островных дуг. Вторая группа, состоящая из песчаников различного состава, по большей части располагается в области активной континентальной окраины (рис. 29).

Графики распределения нормированных на хондрит концентраций редкоземельных

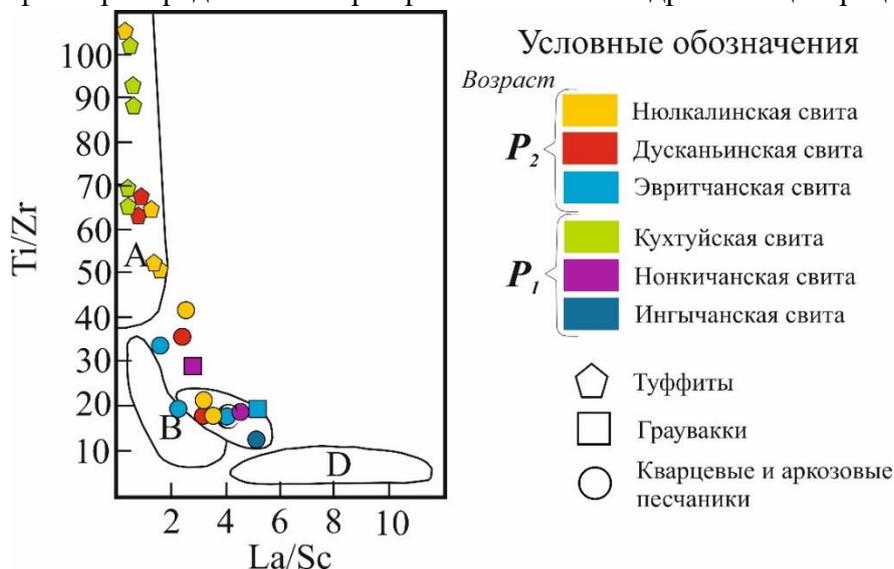


Рис. 29. Диаграмма зависимости Ti/Zr и La/Sc отношения (построена по Bhatia, 1983). A – песчаники юных (энсиматических) островных дуг; B – песчаники зрелых (энсиалических) островных дуг; C – песчаники обстановок активной континентальной окраины Андского типа; D – песчаники пассивных окраин.

элементов, позволяют, как и предыдущие диаграммы, разделить все пробы на две группы (рис.

30 и 31). Первая группа включает в себя песчаники грауваккового, аркозового, и

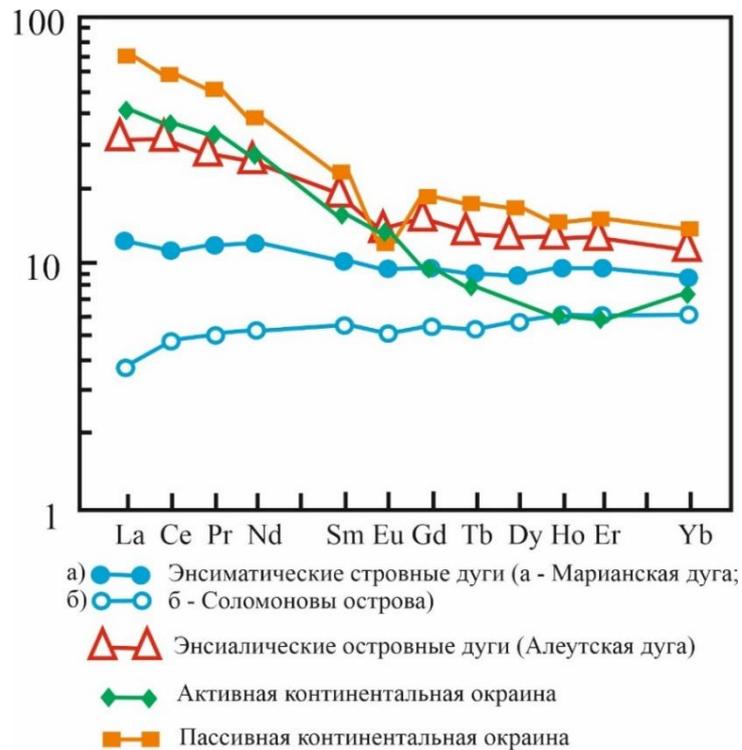


Рис. 30. Эталонное распределение нормированных на хондрит концентраций редкоземельных элементов для осадочных пород (построена по McLennan et al., 1993).

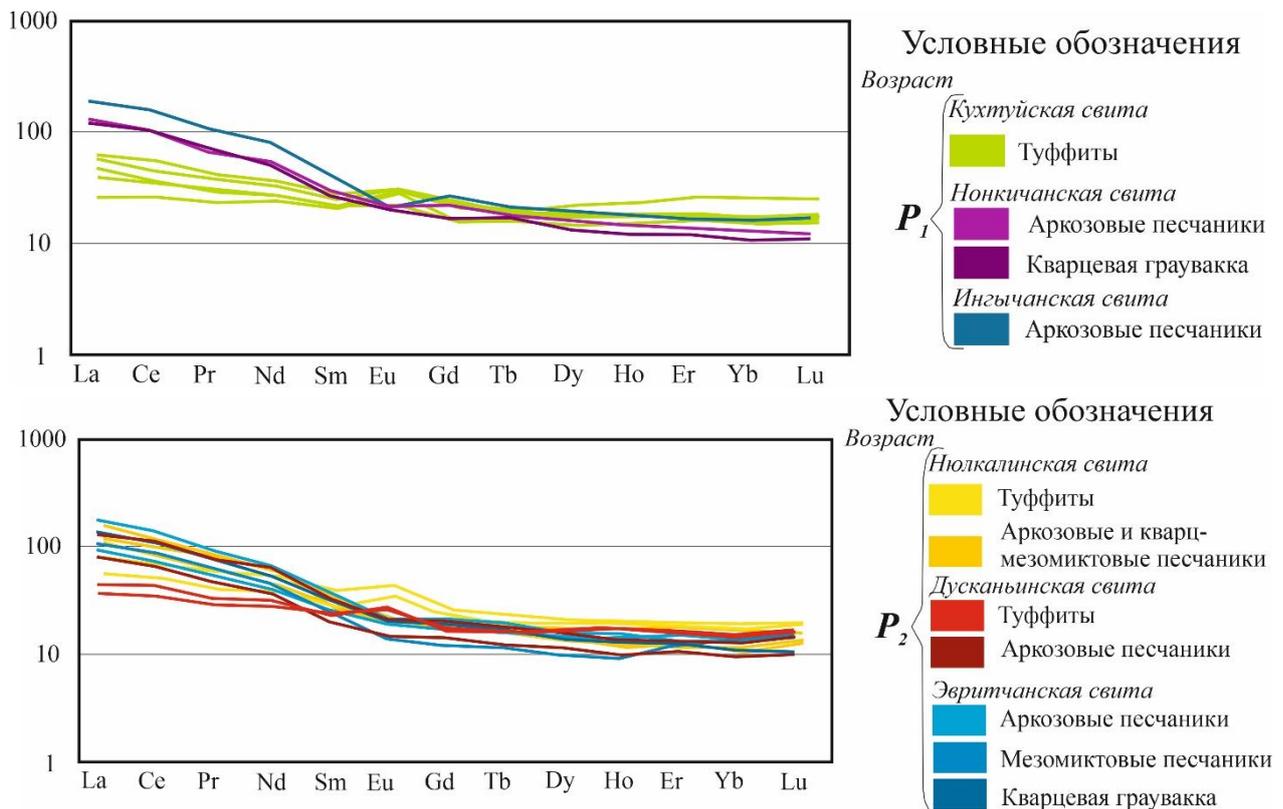


Рис. 31. Диаграммы распределения нормированных на хондрит (по Sun S.-s., McDonough, 1989) концентраций редкоземельных элементов для изученных образцов осадочных пород (построена по данным из таблиц 2 и 3).

мезомиктового состава из ингычанской, нонкичанской, эвритчанской, дусканынской и нюлкалинской свиты. Эти пробы имеют отрицательную европиевую аномалию и достаточно

крутой наклон графика, который можно соотнести с графиком осадков активной континентальной окраины или энсиалической островной дуги (рис. 30 и 31).

Вторая группа представлена туффитами кухтуйской, нюлкалинской и дусканьинской свит. Графики этих проб более пологие, в отличие от первой группы, и имеют хорошо выраженную положительную европиевую (Eu) аномалию, это может быть связано с тем, что материнскими породами для этих песчаников были магматические комплексы основного состава, выплавленные из деплетированной мантии. В целом, график пород второй группы можно интерпретировать как тренд пород энсиматической островной дуги (рис. 30 и 31).

Для сравнения исследуемых пород с данными из литературы было вычислено значение европиевой аномалии ($Eu/Eu^* = Eu/\sqrt{(Sm * Gd)}$) и отношений La/Yb и La/Sm (все данные нормированы на хондрит)

По гистограммам распределения Eu/Eu^* , La/Yb и La/Sm отношениям заметное характерное разделение пород по составу на осадочные породы (граувакки, аркозы и мезомиктовые песчаники) и вулканогенно-осадочные (туффиты) (рис. 32, 33 и 34). Все отношения рассчитанные для гистограмм указаны в таблице 4.

Из-за большого содержания обломков пород с лейстами плагиоклаза и отдельных обломков полевых шпатов, сильнообогащенных Eu, все туффиты на гистограмме европиевой аномалии имеют значения больше 1. В тоже время все песчаники различного состава имеют значения ниже 1 (см. рис. 32 и таблицу 4).

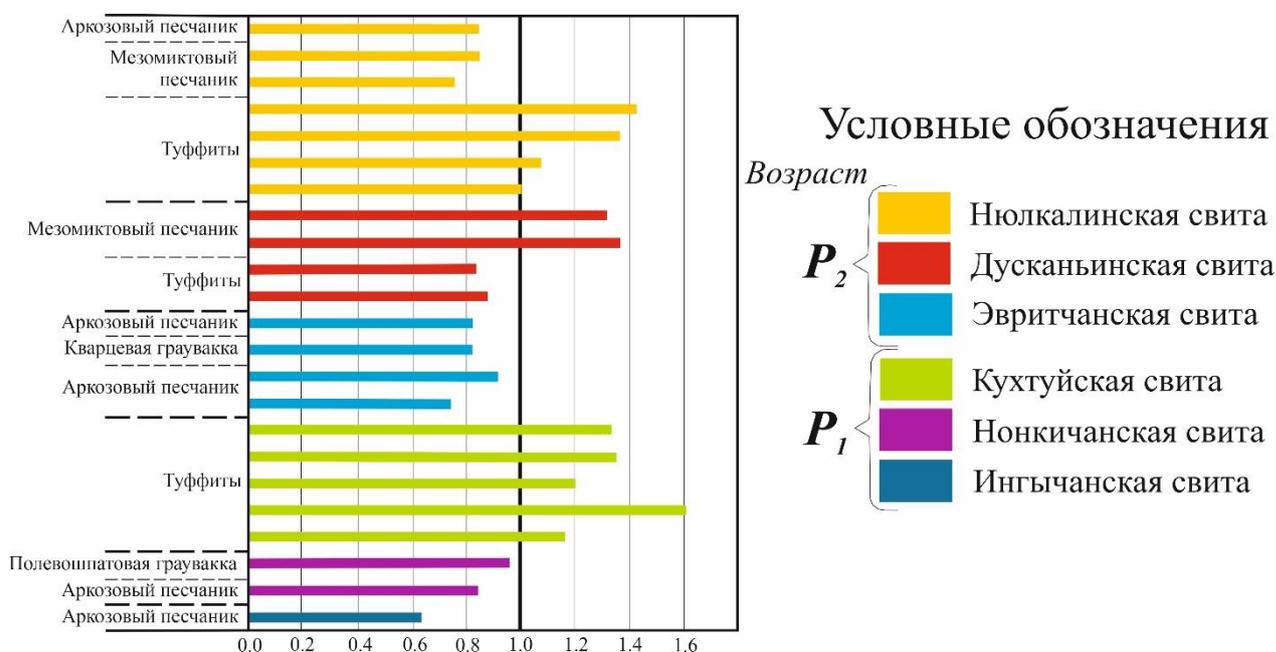


Рис. 32. Гистограммы европиевой аномалии (Eu/Eu^*) для изученных образцов осадочных пород (построена по данным из таблицы 4).

На гистограммах с La/Yb и La/Sm отношениями наблюдается обратная тенденция относительно графика европейской аномалии. На этих диаграммах туффиты имеют пониженные значения величин La/Yb и La/Sm отношения (рис. 33 и 34).

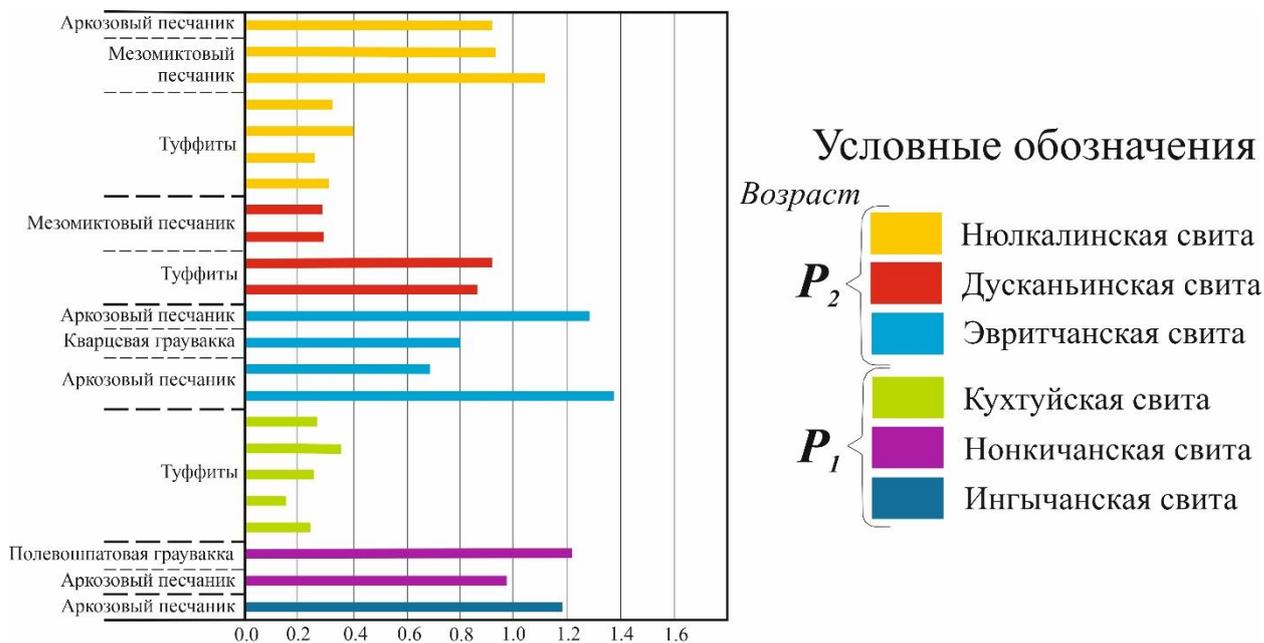


Рис. 33. Гистограммы распределения La/Yb отношения (данные нормированы на хондрит) для изученных образцов осадочных пород (построена по данным из таблицы 4).

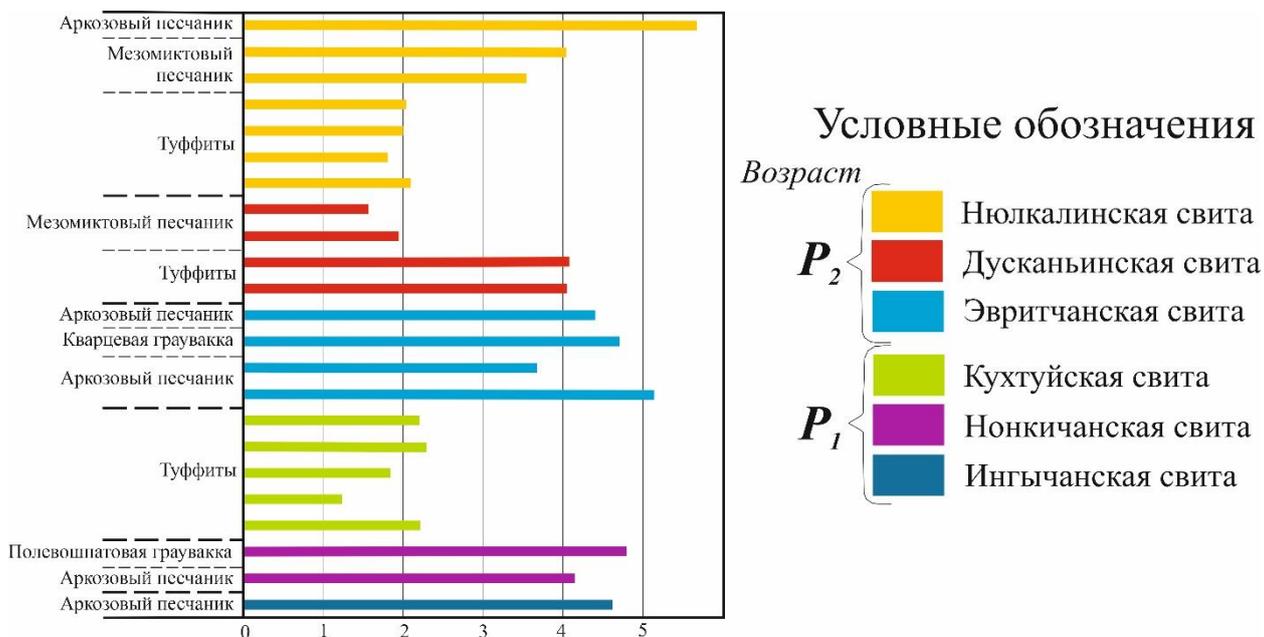


Рис. 34. Гистограммы распределения La/Sm отношения (данные нормированы на хондрит) для изученных образцов осадочных пород (построена по данным из таблицы 4).

Таблица 4. Eu/Eu*, La/Yb и La/Sm отношения исследуемых осадочных пород. Данные нормированы на хондрит (по Sun S.-s., McDonough, 1989)			
	Eu/Eu*	La/Yb	La/Sm
6041/3	0.879	8.692	4.042
6055/2	0.839	9.199	4.070
6066/10	1.369	2.963	1.937
6066/11	1.316	2.872	1.563
6081/4	0.639	11.842	4.617
6090/4	1.006	3.118	2.105
6090/36	1.077	2.594	1.808
6090/13	1.365	4.096	2.007
6090/15	1.427	3.290	2.025
6090/50	1.165	2.436	2.213
6090/54	1.610	1.531	1.246
6090/55	1.202	2.601	1.837
1011/2	0.744	13.713	5.144
7138/1	0.921	6.914	3.671
7135/1	0.846	9.784	4.148
7136/1	0.960	12.165	4.805
7144/1	0.824	8.019	4.709
7144/2	0.826	12.801	4.388
8031/2	0.760	11.140	3.554
8033/1	1.353	3.613	2.289
8033/4	1.334	2.740	2.212
8033-06/1	0.852	9.332	4.045
8033-06/2	0.852	9.175	5.686

При сравнении данных по Eu/Eu* и La/Yb отношениям со средними значениями для различных магматических и осадочных пород, приведенных в статье К.Конди (Condie 1993) (таблица 5), было выявлено наибольшее сходство с породами, датированными палеозоем. Кроме того, исследуемые туффиты показали наибольшее сходство с породами базальтового состава. Подобное сходство подтверждает петрографическое определение пород как «туффиты».

Таблица 5. Средние значения Eu/Eu* и La _n /Yb _n отношений (нормированные на хондрит) для магматических и осадочных пород архея – кайнозоя (по К. С. Condie, 1993)								
		Архей		Протерозой			Палеозой	Мезо-кайнозой
		Поздний	Ранний	Поздний	Средний	Ранний		
Базальты	Eu/Eu*	0.97	0.98	0.84	0.96	1	1.09	1.07
	La_n/Yb_n	1.3	2	2.8	2.8	2.5	2.7	2.5
Андезиты	Eu/Eu*	0.81	0.85	0.74	0.78	0.65	0.66	0.77
	La_n/Yb_n	5.2	7.6	5.7	6.1	7.3	5.5	6.1
Риолиты	Eu/Eu*	0.85	0.87	0.48	0.82	0.82	0.66	0.56
	La_n/Yb_n	3.1	3.1	6.8	5.8	6.3	6.1	5.9
Граувакки	Eu/Eu*	0.89	0.89	-	0.62	0.73	0.62	0.6
	La_n/Yb_n	11.3	10.8	-	7.7	10.8	7.7	7.7
Кратонные песчаники	Eu/Eu*	0.88		0.68			0.68	
	La_n/Yb_n	13.1		7.3			10.2	

При сравнении Eu/Eu^* и La_n/Yb_n отношения исследуемых туффитов с магматическими породами различных геодинамических обстановок (таблица 6) можно предположить, что туффиты образовывались в зоне зарождения континентального рифтогенеза в тыловой зоне континентальной дуги, потому что по Eu/Eu^* отношению исследуемые туффиты ближе всего к деплетированной мантии и зонам СОХ, а по La/Yb отношению – к зонам СОХ и мантии континентальных плюмов.

Таблица 6. Средние Eu/Eu^* и La_n/Yb_n отношений (нормированные на хондрит) для магматических пород различных геодинамических обстановок мезозой-кайнозоя. (по О.А. Богатикову, 2010)			
	Eu/Eu^*	La_n/Yb_n	
Деплетированная мантия			
	1.051	0.419	
Примитивная мантия			
	0.998	1.065	
Мантия океанических плюмов			
	0.799	1.463	
Мантия континентальных плюмов	Вариация 1	0.432	1.951
	Вариация 2	0.766	6.025
N-MORB	Хребет Колбенсей	1.024	0.430
	Восточно-Тихоокеанское поднятие	1.022	0.911
Индийский океан, MORB			
	1.062	1.422	
Срединно-Атлантический-хребет	N- MORB	0.987	0.594
	T- MORB	1.134	1.168
	E- MORB	0.981	3.078
Островные дуги	Энсиалические	0.842	8.799
	Зрелые (Алеутские)	0.907	8.705
	Бониниты	1.017	1.686

В итоге можно сказать, что исследованные пробы являются слабовыветрелыми, неизменными породами первого цикла седиментации. Классификационная диаграмма не дала особых результатов, вероятнее всего, из-за сильного влияние химического состава цемента. На диаграммах для выявления материнских пород исследуемых песчаников хорошо маркируются три различные области: первая область относится к породам базальтового – андезитового состава, в нее попали туффиты кухтуйской и дусканьинской свиты; вторая область относится к породам андезитового – риолиового состава, к этому полю тяготеют туффиты нюлкалинской свиты; третья область включает в себя материнские породы гранитного и докембрийского метаморфического состава, в эту область попали песчаники грауваккового, аркозового и мезомиктового состава. Диаграммы для геодинамических обстановок образования песчаников немного расходятся в показаниях: на диаграмме $SiO_2/Al_2O_3 - K_2O/Na_2O$ отношений пробы относятся к разным группам на активной континентальной окраине, но на диаграмме $Ti/Zr - La/Sc$ отношения пробы разделяются на океанические островные дуги и активные континентальные окраины. В ходе сравнения значений европиевой аномалии и La_n/Yb_n и La_n/Sm_n отношений было выявлено наибольшее сходство пород туффитового состава с породами обстановок рифтогенеза и зон СОХ.

Обобщая результаты геохимического исследования проб можно предположить, что породы в центральной части Охотского массива в пермское время имели 3 источника сноса.

Первым источником являлась вулканическая энсиалическая дуга. С этой дуги обильно поступали обломки кислых и средних вулканических пород в результате чего образовались граувакки эвритчанской и нонкичанской свит.

Вторым источником являлись вулканиты, образованные в тыловой части вулканической дуги в обстановках рифтогенеза. Из этих пород были сложены туффиты кухтуйской, нюлкалинской и дусканьинской свиты. Они образовывались из магматических пород основного-среднего состава, в результате поступления на поверхность смешанного расплава, имеющего как субдукционные так и рифтовые (мантийные) маркеры.

И третьим источником вещества для песчаников аркозового и мезомиктового состава из ингычанской, нонкичанской, эвритчанской, дусканьинской и нюлкалинской свит был Кухтуйский выступ, сложенный гранитами, гнейсами и другими метаморфическими породами.

Глава 4. Геологическое развитие Охотского массива в позднем палеозое и источники сноса осадочного материала

Основываясь на литературном материале и данных собственных исследований осадочных и вулканогенно-осадочных пород центральной части Охотского массива, можно провести предварительную палеореконструкцию обстановок осадконакопления и источников сноса обломочного материала в пермское время.

Начало накопления терригенных пород на Охотском массиве на позднепалеозойском этапе (верхнепалеозойский структурный ярус) (см. главу 1) началось с раннекарбоновой трансгрессии. К пермскому времени мелководное эпиконтинентальное море покрывало значительную часть массива (рис. 35). Однако накопление осадочного материала происходило неравномерно. Это было обусловлено тем, что массив был расчленен крупными разломами на отдельные фрагменты, относительное погружение которых определяло характер и мощности осадочных отложений. В центральной части сохранялось поднятие кристаллического фундамента - Кухтуйский выступ (рис. 35). В зависимости от интенсивности трансгрессий, размеры этого выступа были непостоянны. Иногда некоторые его части заливались морем, что следует из залегания некоторых свит карбонового и пермского возраста прямо на структурах фундамента [Чиков, 1970; Песков, Умитбаев, 1977; Умитбаев, 1978; Натапов, Сурмилова, 1995; Парфенов и др., 2003; Бяков и др., 2005; Бяков и др., 2010; Бяков, 2010; Казакова и др., 2013]. В результате размыва Кухтуйского выступа появлялось большое количество мелкого кварцевого и полевошпатового осадка, из которого формировались песчаники кварцевого и аркозового составов (см. главу 2).

В южной части к массиву примыкала Охотско-Тайгоноская (по некоторым автором – Кони-Тайгоноская) вулканическая дуга, начало формирования которой приходится на средний - поздний карбон, а максимум развития - на кептенское (гижигинское) время перми (рис. 35). По литературным данным [Некрасов, 1976; Заборовская, 1978; Парфенов 1984; Щеглов, 1984; Говоров, 2002; Бяков и др., 2005; Бяков и др., 2010; Акинин, Ползуненков, 2022], можно предполагать, что эта дуга была образована в Палео-Тихом океане как энсиматическая дуга, а далее в результате аккреции была причленена к структурам Охотского массива и в пермское время представляла собой активную окраину андийского типа с соответствующими продуктами среднего и кислого вулканизма (рис. 36). С этой дуги в задуговой бассейн сносился осадочный материал в основном в виде кварца и плагиоклаза олигоклазового состава (см. главу 2).

Между Охотско-Тайгоносской вулканической дугой и Кухтуйским выступом, вероятнее всего, существовало мелководное море, существование которого могло быть обусловлено как задуговым прогибом, так и зоной задугового рифтогенеза (рис. 35 и 36). В

этой зоне шел активный вулканизм с извержением базальтовых и андезибазальтовых лав, а также их пирокластов. В результате размыва этих изверженных пород образовывались туффиты, к которым примешивался также кварц-плагиоклазовый материал сносимый с Охотско-Тайгоносской дуги (см. главу 2). Однако, соотношение продуктов размыва вулканической дуги и эффузивов рифтовой зоны не остается постоянным и увеличивается вверх по разрезу (см. главу 2). Подтверждение этому мы можно проследить в петрографии исследованных туффитов: в туффитах кухтуйской свиты (ранняя пермь) наблюдается порядка 15% кварц-полевошпатового материала от всей обломочной части, в туффитах нюлкалинской свиты (начало поздней перми) количество материала с Охотско-Тайгоносской достигает уже до 20%, а в туффитах дусканьинской свиты (середина-конец поздней перми) количество кварц-полевошпатового материала достигает до 27%, возможно, к туффитам этой свиты также был примешан материал с Кухтуйского выступа. Это может быть обусловлено тем, что с течением времени (поздняя пермь), по мере заполнения осадочным материалом мелководного бассейна между Кухтуйским выступом и Охотско-Тайгоносской вулканической дугой, осадочный кварц-полевошпатовый материал стал выноситься дальше и активно смешиваться с обломками пород из рифтогенной области. Также дополнительным толчком для более дальнего распространения осадочного материала с дуги могла стать регрессия моря и образование перешейка между Кухтуйским выступом и Охотско-Тайгоносской дугой. В любом случае отмечается, что с поздней перми, широкое распространение получили дельтовые обстановки [Парфенов и др., 2003; Бяков и др., 2005; Казакова и др., 2013] и развивающиеся речные системы начали поставлять все больше кварц-полевошпатового материала с Охотско-Тайгоносской дуги.

Наличие рифтового задугового бассейна в тылу Охотско-Тайгоносской дуги наиболее вероятная причина образования туффитов с положительной европиевой аномалией и химическим составом сходным с вулканитами рифтогенных обстановок и зон СОХ, однако не единственная.

В целом, происхождение и природа Охотско-Тайгоносской дуги до сих пор остаются дискуссионными и малоизученными вопросами. Основная проблема кроется в небольшом количестве участков земной поверхности, где отложения этой дуги сохранились или выходят на поверхность. После формирования Охотско-Тайгоносской дуги на нее был наложен Удско-Мургальский, а затем Охотско-Чукотский вулканический пояс. На территории Охотского массива на данный момент вулканических пород этой дуги найдено очень мало и в основном они представлены туффитами и небольшими линзами или прослоями туфов. Сама дуга вероятнее всего или скрыта под породами Охотско-Чукотского вулканического пояса, или находится на самом южном краю массива, скрытым под поверхностью Охотского моря.

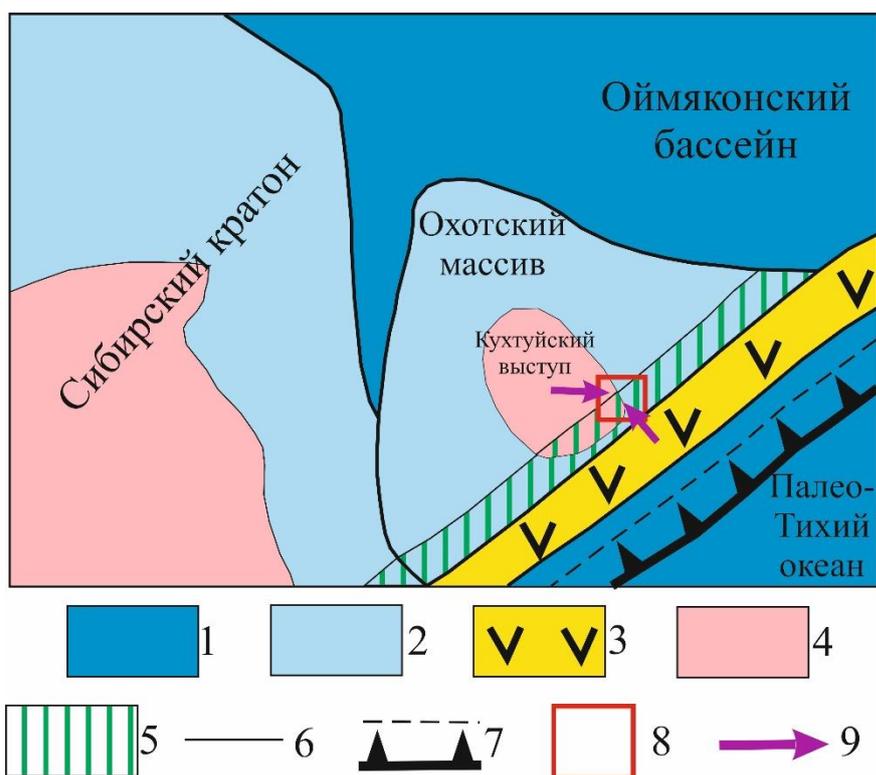


Рис. 35. Палеогеографическая реконструкция Охотского массива в пермское время и направление источников сноса для исследованных пород (по Бякову, 2005 с дополнениями автора).

Условные обозначения:

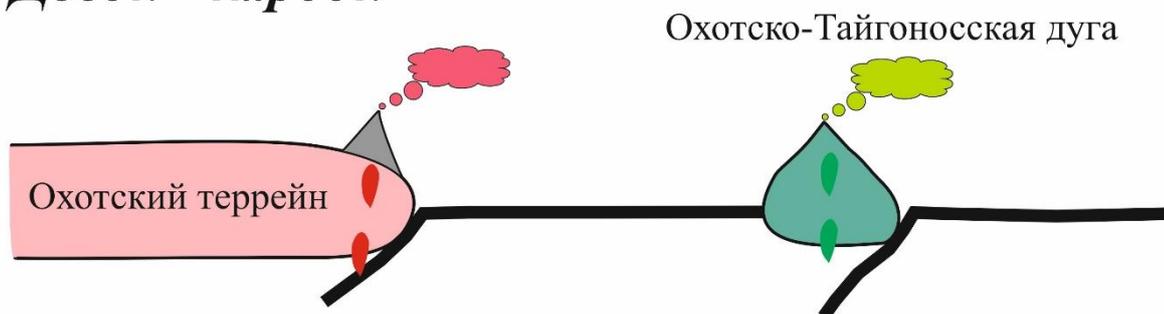
1 – глубоководные морские бассейны; 2 – мелководные, эпиконтинентальные морские бассейны; 3 – Охотско-Тайгоноская (Кони-Тайгоноская) вулканическая дуга; 4 – суша; 5 – зона задугового рифтогенеза; 6 – границы Сибирского кратона и Охотского массива; 7 – зона субдукции; 8 – предполагаемая область накопления исследованных пород; 9 – направления сноса осадочного материала для исследованных пород.

По данным ряда авторов [Говоров, 2002; Акинин, Ползуненков, 2022] Охотско-Тайгоноская дуга была энсиматической и образовалась в Палео-Тихом океане, а в дальнейшем переместилась к активной окраине, проходившей по северо-западной части Палео-Тихого океана, где располагались Охотский, Омолонский и другие массивы. Некоторые авторы считают, что Охотско-Тайгоноская дуга была энсиалической [Бяков и др., 2005; Бяков и др., 2010]. По литературным данным Охотско-Тайгоноская дуга имеет достаточно пестрый состав магматических пород: в некоторых работах говорится, что дуга сложена в основном базальтами и андезитами, однако, в недавних работах [Акинин, Ползуненков, 2022] были исследованы гранитные массивы Охотско-Тайгоносской дуги, да и в исследованных туффилах также присутствует кварц-полевошпатовый материал из пород кислого состава [Некрасов, 1976; Заборовская, 1978; Парфенов 1984; Щеглов, 1984; Говоров, 2002; Бяков и др., 2005; Бяков и др., 2010; Акинин, Ползуненков, 2022].

Обобщая все данные, полученные из литературы и проведенных исследований можно предположить, что Охотско-Тайгоноская дуга, возможно, действительно была заложена как энсиматическая дуга на просторах Палео-Тихого океана (рис. 36, пункт 1). Но в дальнейшем

эта дуга была аккрецирована к микроконтинентам и островам, находящимся на северо-западной окраине Палео-Тихого океана и превратилась в энсиалическую дугу (в тех случаях если аккреция происходила к островам с континентальной корой) или в активную континентальную окраину (если аккреция происходила к микроконтинентам, в нашем случае к Охотскому террейну) (рис. 36, пункт 2).

1) *Девон - карбон*



2) *Средний карбон - пермь*

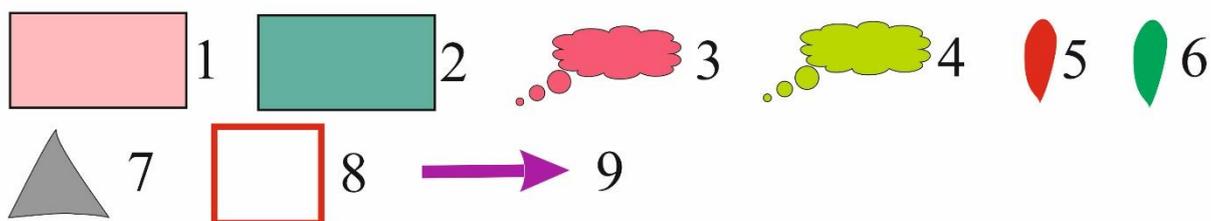
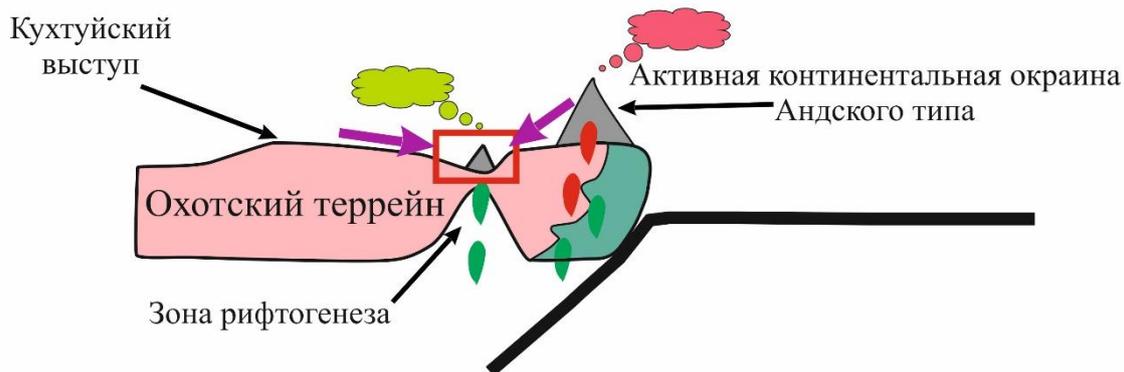


Рис. 36. Предположительная палеотектоническая реконструкция взаимоотношений Охотского массива и Охотско-Тайгоносской дуги (рисунок автора).

Условные обозначения:

1 – континентальная кора Охотского массива, 2 – кора энсиалической островной дуги (базальты, андезибазальты, глубоководные морские осадки), 3 – вулканы извергающие продукты андезитового и риолитового состава, 4 – вулканы извергающие продукты базальтового и андезибазальтового состава, 5 – интрузии гранитов и диоритов, 6 – интрузии габбро, 7 – вулканы, 8 – предполагаемая область накопления исследованных пород; 9 – направления сноса осадочного материала для исследованных пород.

Заключение

В результате проведенных полевых и лабораторных исследований удалось собрать комплекс данных о петрографическом и геохимическом составе осадочных пород пермского возраста центральной части Охотского массива. Полученные результаты позволяют не только подтвердить результаты, полученные ранее исследователями этого региона, но и дополнить новой информацией историю формирования Охотского массива:

1. В ходе петрографических исследований было установлено, что свиты пермского возраста имеют пестрый петрографический состав: от туффитов и граувакк до аркозовых и кварц-мезомиктовых песчаников. Такое разнообразие пород в свитах обусловлено различными источниками сноса осадочного вещества. Наиболее ярко разные источники вещества были проявлены в туффитах, где обломки базальтов и андезибазальтов соседствуют с кварцем и олигоклазом.
2. По геохимическим данным также было установлено, что осадочные породы образовывались в результате размыва различных источников осадочного вещества. Туффиты образовывались в результате размыва вулканитов зоны задугового рифтогенеза с небольшой примесью вулканитов Охотско-Тайгоносской дуги. Граувакки образовывались как за счет размыва вулканитов рифтовой зоны и Охотско-Тайгоносской дуги, так и, вероятнее всего, за счет разрушения метаморфических пород Кухтуйского выступа. Аркозовые и кварц-мезомиктовые песчаники образовывались за счет разрушения фундамента Охотского массива на Кухтуйском выступе.
3. В результате обобщения литературных данных и результатов собственных исследований удалось сделать предварительную палеореконструкцию источников сноса в центральной части Охотского массива в пермское время. А также предложить интерпретацию истории формирования Охотско-Тайгоносской дуги и геодинамических обстановок на Охотском массиве в пермское время.

В дальнейшем предполагается продолжить изучение отложений Охотско-Тайгоносской вулканической дуги и восстановление истории ее формирования и развития.

Список литературы

1. Богатиков О.А., Коваленко В.И., Шарков Е.В. Магматизм, тектоника, геодинамика Земли. М.:Наука, 2010. 606 с.
2. Бяков А.С. и др. Геодинамические обстановки формирования пермских седиментационных бассейнов Верхояно-Колымской складчатой области. Отечественная геология. 2005. №5. 81-84 с.
3. Бяков А.С., Ведерников И.Л., Акинин В.В. Пермские диамиктиты северо-востока Азии и их вероятное происхождение. Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2010. № 1. 14-24 с.
4. Бяков А.С. К структурно-фациальному районированию территории Северо-восточной Азии в перми. Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2010. № 2. 2–7 с.
5. Говоров Г.И. Фанерозойские магматические пояса и формирование структуры Охотоморского геоблока. Владивосток: Дальнаука, 2002. 198 с.
6. Заборовская Н.Б. Внутренняя зона Охотско-Чукотского пояса на Тайгоносе. Труды ГИН АН СССР. Вып. 315. М.:Наука, 1978. 199 с.
7. Казакова Г. Г., Васькин А. Ф., Кропачев А. П., Щербаков О. И. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 :1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Р-54 – Оймякон. Объяснительная записка. // СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 400 с. + 6 вкл.
8. Кузьмин В.К. и др. Древнейшие основные гранулиты северо-востока России (Охотский массив). Доклады Академии Наук. 2005. Т. 402. №2. 217-221 с.
9. Кузьмин В.К. и др. Главные этапы формирования палеоархейской коры Кухтуйского выступа Охотского массива. Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2009. Т. 17. №4. 3-22 с.
10. Кузьмин В.К. и др. Древнейшие граниты России – палеоархейские (3343 млн лет) субщелочные граниты Охотского массива. Доклады Академии Наук. 2018. Т. 478. №6. 662-668 с.
11. Маслов А.В. О садочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 289 с.
12. Натапов Л.М., Сурмилова Е.П. Позиция и природа Охотского массива. Отечественная геология. 1995. №2. 49-53 с.
13. Некрасов Г.Е. Тектоника и магматизм Тайгоноса и Северо-Западной Камчатки. Труды ГИН. Вып. 280. М.: Наука. 1976. 160 с.
14. Парфенов Л.М. Континентальные окраины и островные дуги мезозойд Северо-Востока Азии. Новосибирск: Наука. 1984. 192 с.

15. Парфенов Л.М. и др. Модель формирования орогенных поясов центральной и северо-восточной Азии. Тихоокеанская геология. 2003. Т 22. №6. 7-41 с.
16. Песков Е. Г., Умитбаев Р. Б. Геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Приохотская. Лист Р-54-XXXVI. Карта. Л.: ВАГТ. 1968.
17. Песков Е. Г., Умитбаев Р. Б. Геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Приохотская. Лист Р-54-XXXVI. Объяснительная записка. Магадан, 1977. 80 с.
18. Платонов М.В., Тугарова М.А. Петрография обломочных и карбонатных пород: учеб.-метод. пособ. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Изд-во С-Петербур. ун-та. 2017. 80 с.
19. Интерпретация геохимических данных. Под ред. Е.В. Склярова. М: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
20. Соколов С.Д. Аккреционная тектоника Корьякско-Чукотского сегмента Тихоокеанского пояса. М.: Наука. 1992. 182 с.
21. Соколов С.Д. Очерк тектоники Северо-Востока Азии. Геотектоника. 2010. №6. 60-78 с.
22. Тейлор С. Р., Мак-Леннан С. М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988, 384 с.
23. Умитбаев Р. Б., Геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Приохотская. Лист Р-55-XXXI. Карта. Л.: ВАГТ. 1972
24. Умитбаев Р. Б., Геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Приохотская. Лист Р-55-XXXI. Объяснительная записка. Магадан, 1978. 94 с.
25. Чиков Б.М. Тектоника Охотского срединного массива. М.: Наука, 1970. 152 с.
26. Вулканические пояса Востока Азии. Под ред. Щеглова А.Д. М.: Наука, 1984. 379 с.
27. Шванов В.Н. Петрография песчаных пород (компонентный состав, систематика и описание минеральных видов). Л. 1987. 269 с.
28. Вулканические пояса Востока Азии. Под редакцией Щеглова А.Д. М.: Наука, 1984. 379 с.
29. Bhatia M. R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. J. Geol. 1983. V. 91, № 6. P. 611-627
30. Condie K.C. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales. Chemical Geology. 1993. V. 104, P. 1–37.
31. Gu X.X. et al. Provenance and Tectonic Setting of the Proterozoic Turbidites in Hunan, South China: Geochemical Evidence. Journal of Sedimentary Research. 2002 T.72. №3. P. 393-407
32. McLennan S. M. et al. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. Geological Society of America, Special Paper 284 1993. P. 21-40
33. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone–mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio: Journal of Geology. 1986. V. 94. P. 635–650.

34. Wronkiewicz D.J., Condie K.C. Geochemistry of Archean shales from the Witwatersrand Supergroup, South Africa: source-area weathering and provenance. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1987. V 51. P. 2401–2416.
35. Sun S.-s., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes Geological Society. London: Special Publications 1989. №42; P. 313-345