

П. В. МАРКЕВИЧ

**ГЕОСИНКЛИНАЛЬНОЕ
ТЕРРИГЕННОЕ
ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ
НА ВОСТОКЕ АЗИИ
В ФАНЕРОЗОЕ**

***НА ПРИМЕРЕ
СИХОТЭ-АЛИНЯ
И КАМЧАТКИ***



«НАУКА»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
Дальневосточный геологический институт

П. В. МАРКЕВИЧ

**ГЕОСИНКЛИНАЛЬНОЕ
ТЕРРИГЕННОЕ
ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ
НА ВОСТОКЕ АЗИИ
В ФАНЕРОЗОЕ**

*НА ПРИМЕРЕ
СИХОТЭ-АЛИНЯ
И КАМЧАТКИ*

Ответственный редактор
доктор геолого-минералогических наук
И.И. БЕРСЕНЕВ



МОСКВА "НАУКА" 1985

М а р к е в и ч П.В. Геосинклинальное терригенное осадконакопление на Востоке Азии в фанерозое. На примере Сихотэ-Алиня и Камчатки. М.: Наука, 1985.

Рассмотрены особенности геосинклинального терригенного осадконакопления Сихотэ-Алиня и Восточной Камчатки преимущественно в позднем мезозое и кайнозое. На основании изучения вещественного состава выделено два типа песчаников – аркозовых на Сихотэ-Алине и граувакковых на Камчатке, а также соответствующих им алевро-аргиллитов. Предполагается, что Сихотэ-Алинская геосинклиналь развивалась в результате рифтогенеза на континентальной коре, которая служила главным источником терригенного силикатического материала, а Восточно-Камчатская была заложена на океаническом основании, и ведущее место в ее геологической истории занимали островодужные процессы при определяющей роли вулканизма как источника питания седиментационных бассейнов.

Книга адресована литологам и геологам широкого профиля, интересующимся историей геологического развития Восточной Азии.

Рецензенты:

В.Б. Курносов, С.М. Тащи

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей работе исследуются геосинклинальные, главным образом терригенные осадочно-вулканогенные формации северо-западной части Тихоокеанского складчатого пояса, изученные автором в течение 1965—1982 гг. Эти исследования начались с определения флишевых формаций, развитых на данной территории, строению, вещественному составу и условиям образования которых автор посвятил ряд работ [54—59].

Сам по себе флиш, казалось бы, всестороннее изученная формация, но она продолжает вызывать и сейчас много споров, поднимая при этом ряд проблем, связанных с геосинклинальным литогенезом, что, в свою очередь, привлекает внимание к другим проблемам, тесно связанным с флишем, а именно к офиолитовой, или аспидной, формации внизу и молассовой вверх. Следует подчеркнуть, что во всех этих геологических образованиях присутствует в том или ином количестве терригенный комплекс, одной из составляющих которого являются песчано-алевритовые породы.

Терригенные образования — это один из наиболее информативных геологических объектов, позволяющих восстанавливать палеогеографические и палеотектонические условия образования осадков. При этом изучение их состава дает почти единственную возможность восстановить не только состав, но косвенно и строение областей питания, а следовательно, получить максимум сведений о геологической истории различных участков земли на том или ином этапе их развития.

Особый интерес, несомненно, представляют палеогеологические реконструкции в зоне перехода от Евразийского континента к Тихому океану — этой уникальной территории, где исследователь имеет возможность изучать разнообразные по степени зрелости структуры: от древних континентальных сиалических блоков через разновозрастные складчатые системы до современных окраинных морей, островных дуг, глубоководных желобов и океанических пространств. С общегеологической точки зрения данная зона рассматривалась многими исследователями. Немало в понимании ее глубинного строения внесли геофизические исследования. Значительные успехи были достигнуты и благодаря бурению морского дна с судна "Гломар Челленджер". Между тем вещественный состав осадочно-вулканогенных, и в частности терригенных толщ, от древнейших до современных, хотя они составляют основную долю рассматриваемой территории, остается слабоизученным. Как правило, вещественному составу вулканогенно-осадочных формаций, в том числе терригенных, посвящены лишь несистематизированные и узконаправленные исследования, охватывающие только небольшие районы и освещающие непродолжительные этапы геологического развития последних.

В 30-х годах нашего столетия специалистами в области общей геологии, геохимии, металлогении были высказаны, а впоследствии развиты идеи о принципиальных различиях между двумя зонами северо-западной части Тихоокеанского складчатого пояса: внешней и внутренней по отношению к океану. В общих чертах эти различия сводятся к тому, что внешняя зона развивалась как специфически сиалический участок земной коры, а внутренняя зона представлена фемическим типом. Это нашло отражение в строении и характере магматических процессов, а также в металлогенических особенностях двух упомянутых зон. Причем почти все исследователи отмечали, что наименее изученными остаются особенности литогенеза и история осадконакопления в этих двух контрастных зонах. Все перечисленное выше побудило автора сопоставить вещественный состав осадочно-вулканогенных формаций внешней и внутренней зон с тем, чтобы выяснить, какова роль различных типов пород и соответственно процессов литогенеза на различных этапах их геологического развития.

Как будет показано в книге, идея о двух путях развития геологических процессов, в частности магматизма, рудогенеза и тектоники во внутренней и внешней зонах Тихоокеанского пояса, высказанная впервые С.С. Смирновым и разрабатывавшаяся в дальнейшем Ю.А. Билибиным, Д.С. Харкевичем, Л.И. Красным и другими исследователями [14, 26, 101–103], находит полное подтверждение в эволюции терригенного литогенеза Сихотэ-Алиня и Камчатки.

Один из важных показателей геологического развития района — это несомненно характер и интенсивность процессов вулканизма, состав и количество его продуктов в наращивании и становлении земной коры. А поскольку вулканические процессы далеко не всегда могут восстанавливаться по их прямым продуктам, огромное значение имеет реконструкция их по обломочным вулканомиктовым породам — преимущественно по грауваккам. Эти вопросы особенно остро стоят сейчас, когда большую популярность получили идеи плитовой тектоники, ибо только исследование геологического прошлого, основанные на точных аналитических данных, могут пролить свет на то, действовали ли законы и правила плитовой тектоники во все геологические времена или это специфическое явление последних этапов фанерозоя, а отсюда — есть ли смысл всегда искать в близком и тем более далеком геологическом прошлом гомологи сегодняшних макроструктур земной коры: островные дуги, зоны Бенъофа, глубоководные желоба, окраинные моря, океанические рифты и т.д.

Решению перечисленных вопросов несомненно может способствовать познание строения и вещественного состава вулканогенно-осадочных формаций внешней и внутренней зон северо-западной части Тихоокеанского складчатого пояса. В предыдущей монографии [55] автор попыток опубликованные литературные и собственные материалы по флишевым формациям северо-западной части Тихоокеанского складчатого пояса, где описаны основные типы флишевых формаций, развитых на территории Восточной Сибири, Сихотэ-Алиня, Сахалина, Корьяско-Камчатской области, а также на зарубежной территории — Японских островах, о-ве Аляске, островах Новой Зеландии, Тайване, Калимантане и др.; рассмотрены структурное и формационное положение флишей, их возраст, вещественный состав, источники питания. На этой основе сделаны выводы об особен-

ностях флишевой седиментации, ее месте и роли в накоплении геосинклинальных толщ; показаны эволюция процессов флишеобразования, изменение морфологии, состава и пространственного положения флишевых формаций в истории геосинклинального развития, а также влияние вулканических процессов на флишевую седиментацию.

Также был сделан вывод, что флишевые формации развиты как во внешней, внутриконтинентальной, так и во внутренней, приокеанической зонах Тихоокеанского складчатого пояса. Каждой из этих зон свойствен свой тип флиша. Внутриконтинентальные флиши образовались в геосинклиналях, заложившихся на переработанной коре континентального типа и характеризующихся миеосинклинальным осадконакоплением и кислым магматизмом. Приокеанические флиши участвуют в строении геосинклиналей, заложившихся на океанической коре, которым свойственны эвгеосинклинальные ряды формаций и андезит-базальтовый магматизм.

Терригенные породы флишей внутриконтинентальной зоны сложены аркозовым материалом, образовавшимся в ходе разрушения осадочных, магматических и метаморфических пород, по составу примерно соответствующих граниту, вулканогенного же материала в них мало. Терригенные породы приокеанической зоны характеризуются граувакковым составом, а подавляющее большинство обломков пород в них сложено средними и основными эффузивами. Кроме переотложенного вулканического материала, небольшую долю составляют продукты синхронного вулканизма.

Изученный ранее материал основан главным образом на общегеологических наблюдениях и петрографических исследованиях. Более позднее и более детальное изучение химического и минералогического состава терригенных пород флишевых формаций, а также привлечение дополнительного литературного материала по их вещественному составу позволили получить новые данные, подтверждающие и дополняющие ранее высказанную точку зрения. Кроме того, там, где это позволяла полнота разрезов, для количественной оценки состава осадочно-вулканогенного слоя земной коры в пределах Сихотэ-Алиня и Камчатки был подсчитан средневзвешенный химический состав.

Настоящая книга написана как на основе полевого материала, полученного автором по Сихотэ-Алинской и Корякско-Камчатской складчатым системам, так и новых литературных данных, включая и исследования по зарубежной территории западного сектора Тихоокеанского складчатого пояса. В работе приведены таблицы, составленные по многочисленным результатам химических и спектральных анализов, различного профиля, включая геохимические и металлогенические.

СТРУКТУРНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ СИХОТЭ-АЛИНЯ И КАМЧАТКИ В ЗОНЕ ПЕРЕХОДА ОТ КОНТИНЕНТА К ОКЕАНУ

Рассматриваемые нами терригенные геосинклинальные образования входят в состав структур, которые размещены в различных местах огромной территории северо-западной части Тихоокеанского пояса.

Под Тихоокеанским поясом здесь имеется в виду в первую очередь определение С.С. Смирнова [87], согласно которому в это понятие включаются не только области, непосредственно граничащие с собственно океаном, но также вся мобильная зона, заключенная между океаном с одной стороны и древними докембрийскими платформами — с другой.

В понимании С.С. Смирнова, складчатые области, окружающие Тихий океан, образуют единый металлогенический пояс, в пределах которого могут быть выделены две зоны, резко различающиеся металлогенически, особенно в азиатской части пояса: внешняя по отношению к океану — "оловянно-вольфрамовая" и внутренняя — "серебро-медная". Резкие различия в металлогении этих зон связываются с различными по составу магматическими комплексами, развитыми в них. Во внешней части азиатского отрезка магматические проявления, взятые во всей своей массе, характеризуются определенной бедностью основными разностями. Всю их совокупность можно было бы назвать "лейкократовым комплексом", противопоставив его "мезократовому комплексу" внутренней, приокеанской части. Различия в металлогении и магматизме внешней и внутренней частей Тихоокеанского пояса С.С. Смирнов связывает главным образом с различным их положением относительно океана, приуроченностью к неодинаковым зонам сложного складчатого пояса, расположенного между океанической впадиной, почти лишенной силала, и древними континентальными структурами.

Несколько позже Ю.А. Билибин [14], рассмотрев внутреннюю и внешнюю зоны с позиций геохимии, пришел к выводу, что столь резкие различия в магматизме и металлогении указывают на то, что весь ход их тектономагматического развития был различным и что они являются, в сущности, представителями различных типов геосинклинально-орогенных зон. Д.С. Харкевич [101, 102] выделил эти типы и отнес геосинклинальные складчатые области, развитые во внешней зоне, к верховянскому типу, а во внутренней — к уральскому.

Л.И. Красный [26] в пределах северо-западной части Тихоокеанского пояса различает несколько крупных блоков (мегаблоков) земной коры, которые отличаются друг от друга некоторыми особенностями — формационными рядами, магматизмом, метаморфизмом и почти всегда геофизическими характеристиками. Из них Амуро-Уссурийский, Алдано-Становой и Яно-Чукотский мегаблоки, расположенные к западу от Восточно-

Азиатского вулканического пояса, составляют внешнюю зону, а Охотско-Анадырский блок, находящийся к востоку от пояса, — внутреннюю зону по отношению к океану.

Наиболее ярким примером складчатых систем внешней зоны (верхоянского типа по Д.С. Харкевичу [101]) является Яно-Колымская область. По формационному составу она относится к миогеосинклинальным зонам. Следы вулканической деятельности здесь практически отсутствуют, но зато широко проявлен гранитоидный магматизм — важный показатель характера геосинклинального развития в условиях земной коры континентального типа [74, 31]. С.М. Тильман [97] относит Яно-Колымскую область к внешним по отношению к океану системам, примыкающим к древним платформам и возникшим на относительно слабо консолидированной протерозойской складчатой структуре. К так называемому эпикратонному типу относят эту область и другие исследователи. Данные предположения основаны на существовании слабо переработанных жестких глыб, определяющих характер складчатости, на субплатформенном характере догеосинклинальных образований и на особенностях начальных этапов геосинклинального литогенеза. В Яно-Колымской области отсутствует или представлена весьма слабо вулканогенно-кремнисто-сланцевая формация стадии нормального геосинклинального режима. Это отмечал еще С.С. Смирнов; он подчеркивал примечательность того, что в составе мощной, до 10–11 км, толщи геосинклинальных осадков Верхоянского комплекса, охватывающей отложения от перми до средней юры включительно, основные эффузивы скудны, а чаще просто отсутствуют. Зато весьма характерно для этой зоны интенсивное терригенное осадконакопление, которое может растянуться на длительное геологическое время или мощнейшие терригенные толщи в некоторых случаях накапливаются геологически почти мгновенно.

Во внешней зоне располагается и Сихотэ-Алинская складчатая область, в которых мы изучали терригенные формации, в частности их вещественный состав. В отличие от Яно-Колымской области, крайнего представителя внешнего (верхоянского) типа, на Сихотэ-Алине кремнистые сланцы и основные вулканиды в составе раннегеосинклинального комплекса играют сравнительно большую роль. Но, как справедливо отмечает Д.С. Харкевич [103], типично вулканогенно-яшмовая формация отсутствует и здесь.

Ярким представителем геосинклинальных областей внутренней зоны является Корякско-Камчатская складчатая область, две крупные структуры которой — Олюторский и Тюшевский прогибы — описаны нами. В этой области развиты мощные палеозойские и мезозойские вулканогенно-кремнистые, в том числе офиолитовые формации с участием основных интрузивных комплексов, слагающие нижние части разрезов различных структурно-формационных зон. На более поздних стадиях влияние вулканизма продолжало оставаться чрезвычайно сильным вплоть до участия в накоплении кайнозойской молассы. Гранитоидный магматизм в отличие от внешней зоны играет ничтожную роль.

Таким образом, в общей структуре Тихоокеанского пояса Сихотэ-Алинская складчатая область располагается во внешней зоне, а Корякско-Камчатская — во внутренней по отношению к океану.

Сихотэ-Алинская область [29, 30] протягивается в меридиональном направлении вдоль побережья Японского моря и Татарского пролива. С

востока она ограничена Сихотэ-Алинским звеном Восточно-Азиатского вулканического пояса, на западе она примыкает к более древним жестким массивам — Ханкайскому и Буреинскому. В северо-западной своей части она сочленяется со структурами субширотного направления Монголо-Охотской складчатой области, а на севере уходит под воды Охотского моря.

Вулканический пояс залегает на геосинклинальном складчатом фундаменте со структурным несогласием, а все западные ограничения Сихотэ-Алинской складчатой области представляют собой разрывные нарушения различного порядка.

Внутри области выделяются следующие основные структуры [30]. На юге, с запада на восток — Даубихинская зона, Главный антиклинорий, Главный синклинорий и Прибрежный антиклинорий. На севере Сихотэ-Алиня благодаря погружению Главного антиклинория Главный синклинорий сливается с расположенным западнее Амуро-Уссурийским синклинорием [29]. Границы между перечисленными структурами тектонические. Антиклинории сложены преимущественно вулканогенно-кремнисто-терригенными палеозойскими и нижнемезозойскими раннегеосинклинальными образованиями, а синклинории — мощным терригенным позднегеосинклинальным комплексом позднего мезозоя, в основном раннего мела.

Корякско-Камчатская область [26, 28, 96] ограничена на западе Охотско-Чукотским вулканогеном, а на востоке — акваторией Берингова моря и Тихого Океана. В ее пределах выделяется западная часть — область завершенной складчатости, куда относятся большая часть Корякского нагорья, Центральная и Западная Камчатка и восточная часть, где выделяются Восточно-Камчатский антиклинорий, в ядре которого выходят сильно дисло-

цированные верхнемеловые вулканогенно-осадочные толщи; Восточно-Камчатский синклинорий, сложенный палеоген-нижнемеловым флишем; наложенный Тюшевский (Восточно-Камчатский) прогиб, vyplненный средне- и верхнемиоценовыми, частично флишевыми толщами, и антиклинорий Восточных полуостровов, сложенных преимущественно вулканогенными толщами олигоцена и миоцена. Продолжением структур Восточной Камчатки к северу в пределы Корякского нагорья является Олюторский прогиб, где имеются вулканогенно-осадочные образования позднего мела — позднего миоцена.

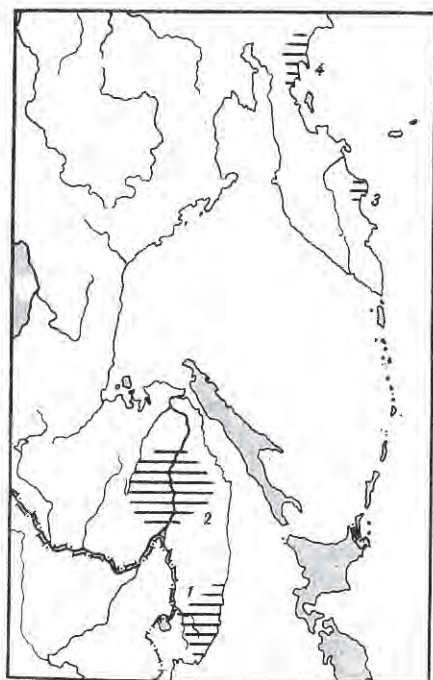


Рис. 1. Расположение изученных районов Сихотэ-Алиня и Камчатки (заштриховано)

Сихотэ-Алинь: 1 — Южный, 2 — Северный; Камчатка: 3 — Кроноцкий полуостров, 4 — Идыпинский полуостров.

Нами рассмотрены терригенные геосинклинальные образования Главного синклинория Сихотэ-Алиня, а также Олюторского и Тюшевского прогибов Восточной Камчатки (рис. 1).

Эти объекты были выбраны в качестве опорных для суждения о характере терригенного геосинклинального осадконакопления по нескольким причинам.

1. Главный синклинорий Сихотэ-Алиня находится во внешней зоне Тихоокеанского пояса, другие два — Олюторский и Тюшевский прогибы Камчатки — во внутренней зоне. Таким образом, исследовались представители двух контрастных зон с принципиально разной историей геологического развития, магматизмом и металлогенией.

2. В указанных трех структурах сосредоточены наиболее мощные, относительно хорошо обнаженные терригенные толщи и опорные геологические разрезы.

3. Как на Сихотэ-Алине, так и на Камчатке в этих структурах развиты одни и те же терригенные формации — флишевая и молассовая или их гомологи. Это дало возможность сравнить однотипные образования во внешней и внутренней зонах.

4. Во всех трех случаях строение и состав терригенных формаций — типичные для данной структуры и даже, как показали наши исследования, для смежных структур и области в целом. Поэтому они могут служить реперными объектами, изучение которых позволяет с известной долей условности судить о геологической истории развития крупных регионов.

ТЕРРИГЕННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОПОРНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ И ИХ ФОРМАЦИОННАЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ

В пределах Сихотэ-Алинской геосинклинальной области исследовались три структурно-формационные зоны: Главный антиклинорий, Главный синклинорий и Прибрежный антиклинорий.

В антиклинориях на поверхность выходят наиболее древние части стратиграфического разреза, известного на Сихотэ-Алине. Особенно представительны здесь осадочно-вулканогенные комплексы с участием спилитов, кремнистых пород и известняков. Хуже, преимущественно в геоантиклинальных фациях, представлены вышележащие формации: флишеидная и молассовая. По этим структурам литологический материал в большей своей части собран и обработан. Однако за последние несколько лет получены новые данные, которые заставляют пересмотреть существующую стратиграфическую схему для этих объектов. Учитывая эти обстоятельства, фактический материал по Главному и Прибрежному антиклинориям мы использовали только частично, а именно в тех случаях, когда взаимное расположение литолого-стратиграфических единиц не влияло на наши конечные выводы. В данной книге в основном описан вещественный состав осадочных пород Главного синклинория, внутри которого стратиграфическая последовательность толщ и их возраст установлены

достаточно твердо. Такому решению способствовало и то, что на Камчатке нами изучены формационные аналоги пород, развитых преимущественно в Главном синклинории Сихотэ-Алиня, а именно флишевые, флишеидные и близкие к ним образования, переходные к офиолитам внизу и к моласам вверх.

Главный синклинорий изучался в его южной части, в основном в полосе, расположенной в среднем течении р. Павловки и верхнем течении р. Рудной, примерно на широте поселков Дальнегорска и Кавалерово. В этом районе развиты наиболее полные и хорошо обнаженные разрезы. По более южным, хуже обнаженным и изученным районам (бассейн верховьев р. Усури) использованы лишь дополнительные данные, главным образом по химическому составу пород. На рассматриваемой территории обнажаются нижнемеловые отложения, которые по своему строению и отчасти по вещественному составу пород отличаются в западной и восточной частях синклинории.

В западной части, в бассейне р. Павловки, они представлены свитами: таухинской (берриас), уктурской (готерив-альб) и лужкинской (альб) общей мощностью около 3 000 м (рис. 2). Все эти стратиграфические единицы сложены почти целиком песчаниками и алевро-аргиллитами¹ в различных соотношениях. Те и другие породы образуют самостоятельные толщи или чередуются друг с другом неравномерно, слагая в некоторых случаях пачки флишеидного строения. Незначительную роль играют грубообломочные породы. В восточной части Главного синклинория, вблизи его границы с Прибрежным антиклинорием, развита мощная, более 4 000 м, флишевая формация, целиком сложенная уктурской свитой готерив-альбского возраста (рис. 3). Формация представляет собой разнообразно построенный двухкомпонентный терригенный флиш, наряду с которым встречаются пачки и пласты нефлишевого характера (песчаники, алевро-аргиллиты, подводно-оползневые образования) [54, 55].

Переход по латерали от одного типа разреза к другому резкий — никаких промежуточных разностей не удается наблюдать. Это может объясняться быстрым изменением условий осадконакопления в направлении, поперечном оси раннемелового морского бассейна осадконакопления. Однако этот переход может быть скрыт от наблюдения и в результате складчатости или надвигания флишевой формации на более западные образования.

Обоим типам разрезов свойственны интенсивные складчатые и разрывные дислокации. Складки узкие, иногда линейные, с падением под углами 30–45°, часто 70–80°, вплоть до вертикального и опрокинутого. Многочисленные разрывные нарушения различной морфологии и амплитуды — от мелких сбросов до крупных надвигов, сопровождающихся лежащими, опрокинутыми складками, складками волочения и маломощными зонами милонитизации.

Из двух рассмотренных ниже разрезов литологически лучше изучен восточный — дальнегорский, на котором проводились детальные исследо-

¹ Под этим термином понимаются смешанные терригенные породы, состоящие из пелитовой и алевроитовой составляющих в различных соотношениях, с преобладанием пелитового материала.

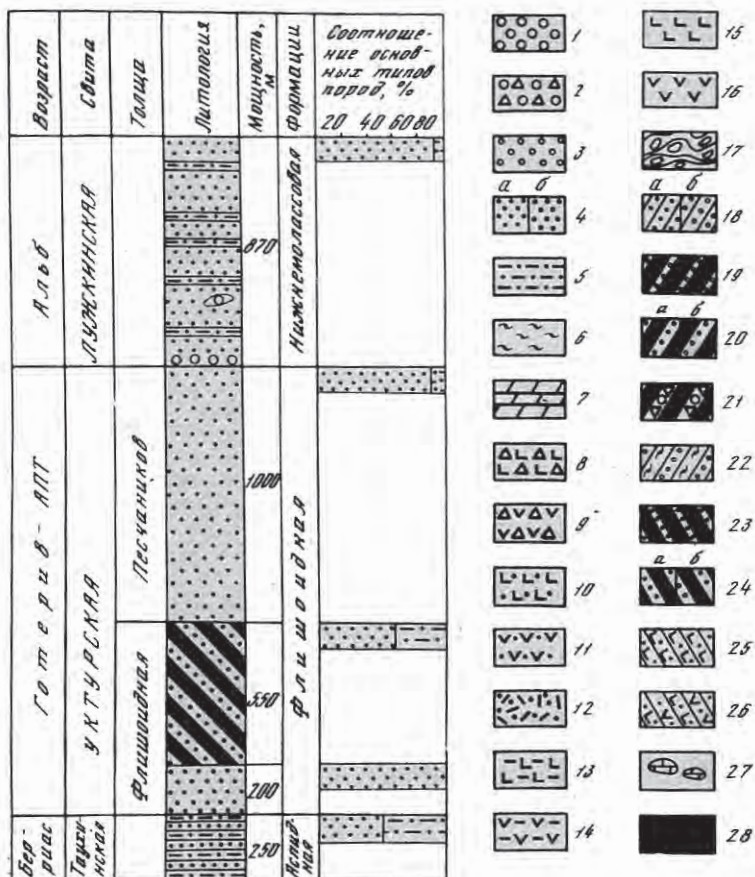


Рис. 2. Литолого-стратиграфическая колонка и соотношение основных типов пород для западной части Главного синклиория Сихотэ-Алиня.

Условное обозначение ко всем литолого-стратиграфическим колонкам (рис. 2-5).

1 — конгломераты; 2 — конгломерато-брекчии; 3 — гравелиты; 4 — песчаники и алевролиты: а — аркозовые, б — граувакковые; 5 — алевро-аргиллиты; 6 — диатомиты; 7 — мергели; 8-9 — вулканические брекчии: 8 — основные, 9 — средние; 10-12 — туфы псаммитовые: 10 — основные, 11 — средние, 12 — кислые; 13-14 — туфы пелитовые: 13 — основные, 14 — средние; 15-16 — лавы: 15 — основные, 16 — средние; 17 — подводно-оползневые брекчии; 18-22 — флишевое чередование песчаников и алевро-аргиллитов: 18 — с преобладанием песчаников (песчаный флиш): а — аркозовый, б — граувакковый, 19 — с преобладанием алевро-аргиллитов (глинистый флиш) граувакковый, 20 — с равным соотношением компонентов (песчано-глинистый флиш): а — аркозовый, б — граувакковый, 21 — с участием грубообломочных пород (грубо-кластический флиш), 22 — с участием диатомитов и граувакков (диатомовый флиш), 23-26 — флишоподное чередование песчаников и алевро-аргиллитов: 23 — с преобладанием алевро-аргиллитов, аркозовое, 24 — с равным соотношением компонентов: а — аркозовое, б — граувакковое, 25 — с участием псаммитовых основных туфов, 26 — то же, основных и средних; 27 — мергельные конкреции; 28 — уголь.

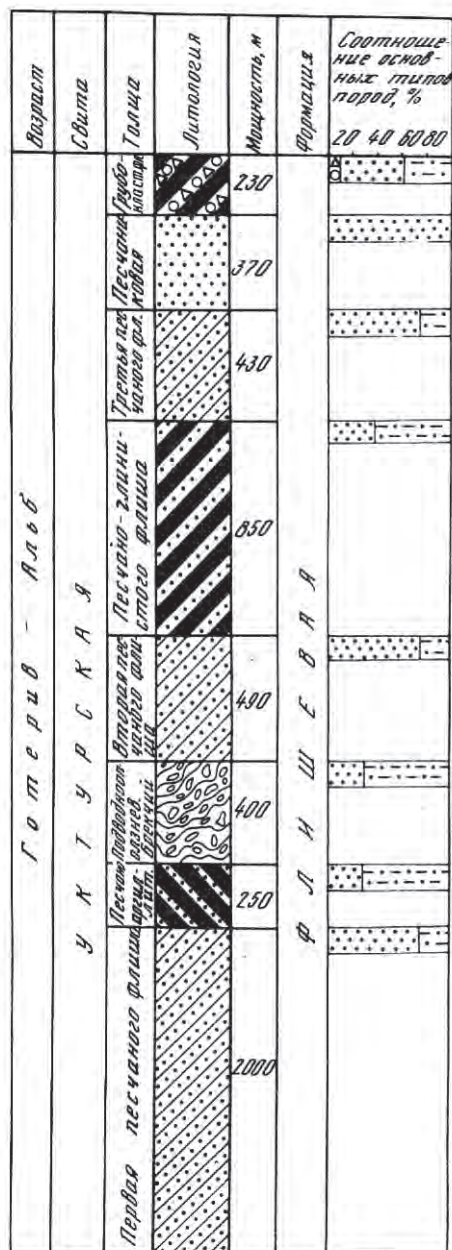


Рис. 3. Литолого-стратиграфическая колонка и соотношение основных типов пород для восточной части Главного синклиория Сихотэ-Алиня

Условные обозначения см. на рис. 2

вания [54–58, 107, 108, 110 и др.]. В западной части меются лишь отрывочные сведения по минеральному составу обломочной части песчано-алевритовых пород [1, 2].

Западная часть Главного синклиория. Опорный разрез этой части изучался по обоим берегам р. Павловки к западу от с. Нижние Лужки (см. рис. 2). Дополнительно использованы образцы, собранные к северу от этого разреза, по рекам Темной и Троповой, а также к югу, по р. Уссурй.

Таухинская свита — алевро-аргиллиты, алевролиты и песчаники, образующие самостоятельные пласты мощностью до первых десятков метров или неравномерно чередующиеся друг с другом. Несмотря на хорошо выраженную, иногда мелкую ритмичность, эти отложения не могут быть отнесены к флишу, так как в них отсутствуют некоторые обязательные его признаки [20].

В самом основании свиты, вблизи устья р. Троповой, развиты маломощные, до первых метров, пласты кремнистых пород и спилитов, а также редкие линзы мелкогалечных конгломератов до 1 м мощности. Мощность свиты 250 м.

Основные типы пород — песчаники и алевро-аргиллиты. Песчаники в массивных пластах серые и темно-серые, при выветривании

буловато-серые от мелко- до крупнозернистых, иногда с примесью гравия. Песчаники, участвующие в чередовании с алевро-аргиллитами, обычно окварцованы и лучше сортированы.

Алевро-аргиллиты темно-серые, массивные, реже тонкослоистые и состоят из глинисто-хлоритовой массы с примесью окислов железа, рас-

сеянной органики и серицита, содержащей то или иное количество алевроитового материала, который по составу не отличается от песчаников. Изредка встречается сингенетичный пирит.

Уктурская свита в наиболее полных разрезах делится на две толщи. Нижняя — флишоидное чередование песчаников и алевро-аргиллитов, мощность которых меняется от дециметров до первых метров (550 м), в основании которой лежит 200-метровый горизонт песчаников, и верхняя — песчаники с небольшим количеством алевро-аргиллитов (1000 м). Общая мощность свиты 1800 м. Основные типы пород — песчаники и алевро-аргиллиты.

Среди песчаников четко различаются две разновидности. Первая встречается только в чередовании с алевро-аргиллитами в пачках флишоидного строения. В отличие от второй разновидности они резко выделяются более темной окраской, мелкозернистой структурой, большим количеством цемента и более разнообразными слоистыми текстурами. Вторая образует пласты до нескольких метров мощности, разделенные очень тонкими слоями алевро-аргиллитов, часто разлинзованными, или только поверхностями подводного размыва. Они слагают основание флишоидной толщи, а также большую часть толщи песчаников и входят в виде пластов толщиной до нескольких дециметров в состав флишоидных пачек. Песчаники светлосерые, мелкозернистые до среднезернистых с примесями более крупных фракций, массивные и содержат большое количество темных включений алевро-аргиллита размером от долей миллиметров до нескольких сантиметров. Это характернейшие породы уктурской свиты. Алевро-аргиллиты не отличаются от таухинских.

Лужинская свита сложена конгломератами, гравелитами, песчаниками и алевро-аргиллитами. Грубообломочные породы развиты только в низу ее, где они образуют пачку смешанного состава, чередуясь с песчаниками в различных соотношениях. Мощность свиты 870 м.

Основной тип пород — мелкозернистые песчаники с примесью алевро-аргиллитового материала, которые слагают не менее 70% мощности свиты, а на участке, изученном нами по р. Павловке, она сложена песчаниками почти целиком.

Алевро-аргиллиты отличаются от уктурских присутствием хлоритизированного глинистого материала, возможно, вулканического происхождения.

Суммарная мощность осадочных пород западной части Главного синклиналии Сихотэ-Алиня около 2900 м.

С учетом литологического состава и положения в общей стратиграфической колонке нижнемеловые отложения этого района могут быть отнесены к следующим формациям.

Таухинская свита — алевро-аргиллитовая, сохраняется в таком виде не только в синклиналии, но и в соседнем Прибрежном антиклинории, где ее стратотип залегает на вулканогенно-кремнистых образованиях, самые верхние горизонты которых улавливаются в синклиналии и подстилают свиту вблизи устья р. Троповой. Она подстилает уктурскую свиту, восточная часть которой уверенно может быть отнесена к флишу, поэтому таухинскую свиту можно сопоставить с аспидной формацией [99]. Уктурскую свиту, поскольку она не отвечает всем требованиям, предъявляемым к флишу, хотя и одновозрастна с ним, уместно отнести к флишоидной форма-

ции, а перекрывающую ее лужкинскую свиту, в которой несколько больше роль грубообломочных пород и появляется туфогенный материал и которая венчает собственно геосинклинальный разрез, — к нижнемолассовой.

Восточная часть Главного синклинория сложена только уктурской свитой. Это флишевая формация, состоящая из пачек флиша различного строения, разделенных подводно-оползневыми брекчиями, песчаниками и флишеидными горизонтами [54, 55].

Уктурская свита изучалась в береговых обнажениях р. Рудной, где снизу вверх выделяются толщи (см. рис. 3): первая песчаного флиша — 1200 м, песчано-алевритовая — 250 м, подводно-оползневых брекчий — 400 м, вторая песчаного флиша — 490 м, песчано-глинистого флиша — 850 м, третья песчаного флиша — 430 м, песчаников — 370 м, грубокластического флиша — 230 м.

Суммарная мощность флишевой формации (уктурской свиты) около 4200 м. Отложения, непосредственно подстилающие и перекрывающие уктурскую свиту, в изученной части Главного синклинория не известны.

Наиболее характерной чертой песчаного флиша является преобладание песчаников как в целом по разрезу, так и в строении большинства ритмов (до 60–70%). Во флишевых ритмах песчаники слагают первый, нижний, а алевриты и аргиллиты — второй, верхний элементы ритма (термин по Н.Б. Вассоевичу [20]).

В первом элементе ритма выделяются четыре подэлемента, отличающихся гранулометрическим составом и текстурными особенностями. Первый подэлемент ритма сложен мелко-, средне- или грубозернистым песчаником с примесью гравия, характеризующимся градиционной слоистостью. Песчаник обычно содержит остроугольные обломки или деформированные куски из нижележащих глинистых слоев. Второй подэлемент ритма представлен мелкозернистым песчаником, слоистость которого внизу неясная, а кверху все более отчетливо горизонтальная. Третий подэлемент сложен тонкозернистым песчаником (переходящим иногда в алеврит) с тонкой, отчетливо выраженной слоистостью косой (одно-, реже разнонаправленной), косоволнистой и волнистой. Четвертый подэлемент ритма сложен тонкозернистым песчаником с косоволнистой и волнистой слоистостью, переходящим кверху в алеврит. Для него характерны текстуры подводного оползания и смятия. Последние два подэлемента сливаются в один.

Второй элемент ритма, сложенный алевритом, переходящим кверху в алевро-аргиллит и аргиллит, обладает массивной или горизонтально-слоистой, значительно реже волнисто-слоистой текстурой. Градиционная слоистость встречается только на границе с первым элементом ритма.

Как видно из описания, в наиболее полных ритмах ряд слоистых текстур закономерно сменяет друг друга на фоне общего уменьшения размера частиц от основания ритма к его кровле.

В песчано-глинистом флише мощность пластов превышает несколько дециметров. Песчаник и алевро-аргиллит играют одинаковую роль в строении ритма или алевро-аргиллит резко преобладает. В песчано-глинистом флише выделяют две разновидности: крупноритмичный и мелкоритмичный.

В крупноритмичном песчано-глинистом флише соотношение песчаник: алеврит примерно 1:1 при средней мощности ритмов около 70 см. Широко развиты подводно-оползневые текстуры, а на нижней поверхности рит-

мов встречаются многочисленные и разнообразные иероглифы как механического происхождения, так и биогенные. Этот тип наиболее полно отвечает классическому понятию терригенного флиша и обладает полным набором пород по А. Боума [117], поэтому он был наиболее полно и детально опробован для минералогических, химических и спектральных анализов.

В мелкоритмичном песчано-глинистом флише мощность ритма 15–70 см. Строение его обычно упрощено за счет выпадения массивной части и значительного сокращения других элементов.

В грубокластическом флише основание ритма сложено в большинстве случаев гравелитом и мелкогалечным конгломератом или брекчий. Чередование ритмов и соотношение их элементов крайне беспорядочные. Мощность ритмов сильно варьирует от первых сантиметров до первых метров.

Условия образования флишевой формации восстанавливаются достаточно уверенно [55]. Она накапливалась в восточной части морского бассейна, заполнявшего Восточно-Сихотэ-Алинский прогиб. На востоке прогиб ограничивался Прибрежной антиклинальной зоной. Мощный разлом, служивший границей между зонами, отделял шельф (на востоке) от глубоководной части моря. Флиш накапливался вблизи подножия шельфа на глубинах 1–2000 м.

Основная масса обломочного материала накапливалась в области шельфа, а впоследствии периодически сбрасывалась в глубоководные части моря посредством обвалов, подводных оползней и мутьевых потоков и окончательно захоронялись в виде подводно-оползневых масс и турбидитов.

В тех случаях, когда в зоне шельфа по тем или иным причинам создавались условия для накопления больших масс осадков, которые затем переносились в глубоководную часть моря, во флишевой толще возникали мощные пласты песчаников, обладающие постепенной, незаметной градиционной слоистостью.

В Корякско-Камчатской геосинклинальной области изучено два осадочно-вулканогенных комплексов: верхнемеловой — кайнозойский Ильпинского полуострова и средне-верхнемиоценовый Кроноцкого полуострова.

Ильпинский полуостров расположен на северном окончании Центрально-Камчатского синклиория. Развитый на нем осадочно-вулканогенный комплекс имеет мощность около 6000 м и, по представлениям Д.С. Несвита, М.Я. Серовой и П.В. Гуляева [65, 63], образовался в течение единого крупного седиментационного цикла, представленного внизу глубоководными глинистыми осадками, которые сменяются флишевой толщей, а затем мощными, сравнительно мелководными отложениями морской и континентальной молассы.

Детальные литолого-фациальные исследования здесь никем не проводились, поэтому условия осадконакопления и палеогеографическая обстановка не известны.

Осадочный комплекс Ильпинского полуострова дислоцирован слабо. Углы падения пластов не превышают 30–40°. Разрывные нарушения сравнительно редки. Благодаря прекрасным обнажениям на морском берегу, которые тянутся почти по всему восточному краю Ильпинского полуострова, можно наблюдать отдельные пласты на расстоянии до не-

скольких сот метров. На этом протяжении как мощности, так и их структурно-текстурные особенности почти не меняются. Исключение составляют редкие горизонты туфов и лав, которые, как правило, постепенно выклиниваются.

Для целей наших исследований верхнемеловые—кайнозойские отложения восточного побережья Ильпинского полуострова между мысом Ложноильпинским на юго-западе и пос. Корфом на северо-востоке мы разделили на следующие литолого-стратиграфические единицы [55] (рис. 4).

1. Первая толща сложена главным образом алевро-аргиллитами со всеми переходами от алевролитов к аргиллитам. Песчаники составляют не более 5—10% ее мощности.

Алевро-аргиллиты черные, большей частью массивные, с характерной острооскольчатой отдельностью. Они содержат большое количество растительного углефицированного детрита, средние размеры которого 0,2—1 см, но изредка встречаются обрывки стеблей длиной от нескольких миллиметров до 10 см, а также редкий беспорядочно рассеянный светлоокрашенный пепловый материал. Тонкие пласты песчаников среди алевро-аргиллитов образуются через метры или десятки метров мощности. В нижней части толщи они относительно тонкие не более 10 см, а в верхней их толщина достигает 50—70 см. Песчаники серые и темно-серые, мелкозернистые, слоистые. В маломощных пластах слоистость тонкая волнистая или косоволнистая, очень редкого горизонтальная. В более мощных пластах слоистое строение имеет только самая нижняя их часть, примерно 5—10 см, выше же порода массивная. Песчаники так же, как и алевро-аргиллиты, содержат растительный детрит.

Для всей толщи характерны многочисленные изометричные конкреции и линзы мергелей, ориентированные по слоистости, количество которых увеличивается к верху разреза. Мощность линз (диаметр конкреций) обычно не превышает нескольких сантиметров. На фоне черных алевро-аргиллитов они резко выделяются светлой окраской, приобретенной при выветривании.

Первая толща соответствует ложноильпинской свите М.Я. Серовой и П.В. Гуляева [83], нами эта свита отнесена к аспидной формации. Мощность ее 1000 м.

2. Вторая толща сложена чередующимися песчаниками и алевро-аргиллитами. Чередование беспорядочное, флишное. Мощность пластов составляет 10—20, иногда до 50 см, а соотношение компонентов примерно одинаковое, с некоторым преобладанием алевро-аргиллитов. Границы между пластами без признаков перерыва и размыва, гиероглифов и т.п. Градационная слоистость отсутствует.

Алевро-аргиллиты внешне не отличаются от таковых в нижележащей толще. Они менее устойчивые к выветриванию и быстрее разрушаются в мелкую дресву и щебень.

Кроме песчаников и алевро-аргиллитов, внутри толщи встречено несколько горизонтов зеленовато-серых, темно-серых до черных туфов основного состава мощностью 2—3 м. В этих горизонтах заметна градационная слоистость. Обломочный материал снизу вверх изменяется от мелкогравийного до псаммитового, а иногда до тонкого пеплового. Как

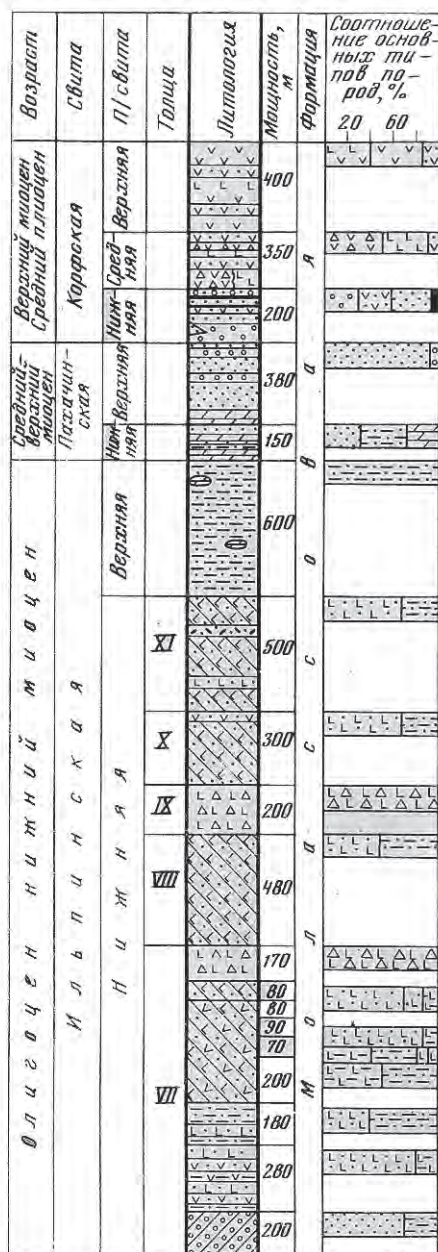
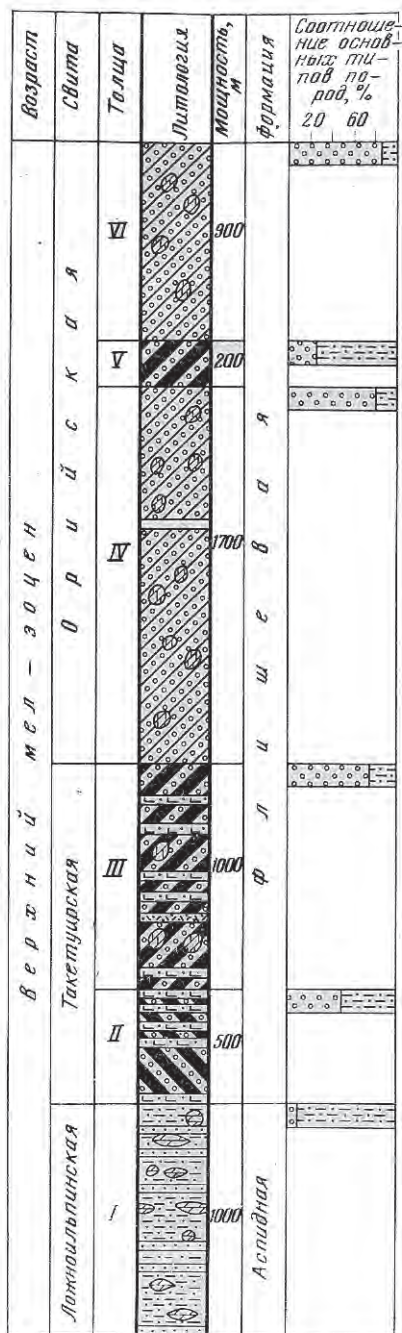


Рис. 4. Литолого-стратиграфическая колонка и соотношение основных типов пород для Ильпинского полуострова (Камчатка)

Условные обозначения см. на рис. 2

и в нижележащей толще, характерно большое количество конкреций и линз мергелей.

Вторая толща соответствует нижней части такетуирской свиты [83]. Мощность ее 500 м.

3. Третья толща характеризуется флишевым чередованием песчаников и алевро-аргиллитов. Мощность пластов тех и других пород составляет первые дециметры, редко повышается до метра, соотношение их друг с другом примерно одинаковое или песчаники несколько преобладают. Флишевые ритмы отделены друг от друга резкими поверхностями напластования. Гиероглифы на подошвах песчаников очень редки. Переход от песчаников к алевро-аргиллиту постепенный, хотя и довольно быстрый.

Песчаники зеленовато-серые и темно-серые, мелко- и среднезернистые, на большей части мощности массивные или волнисто- и линзовиднослоистые с очень слабо выраженной градационной слоистостью или без нее. Верх и низ пластов имеют чешуйчатую и плитчатую отдельность.

В толще на разных стратиграфических уровнях на общем темном фоне обнажений резко выделяются несколько пачек переслаивания и самостоятельных пластов светло-серых с желтовато-бурым оттенком прослоев, обогащенных пирокластическим материалом и пелитовых туфов 1–2,5 м мощности.

В толще флишевого чередования, как и в предыдущей, широко развиты карбонатные конкреции от линзовидных до шаровых, размер которых достигает 10–20 см.

Третья толща соответствует верхней части такетуирской свиты [83]. Мощность ее 1000 м.

4. Четвертая толща — это флишевое чередование песчаников и алевро-аргиллитов, в котором резко преобладают песчаники, образующие до 90% мощности ритмов. Мощность песчаников от первых сантиметров до первых метров, алевро-аргиллиты обычно имеют толщину несколько сантиметров, не превышая при этом 35 см. Строение ритмов и характер границ мало отличается от нижележащей толщи. Большая часть мощности песчаника массивная, а для верха пластов характерно волнистая и косая слоистость. Мощность пластов в целом возрастает к верху разреза, так что в самом верху его толща по существу песчаная. По соотношению песчаников и алевро-аргиллитов она может рассматриваться как песчаный груборитмичный флиш. В песчаниках многочисленны шаровидные, реже линзовидные конкреции до десятков сантиметров толщины. Примерно в средней части расположен пласт псаммито-псефитового туфа основного состава с градационной текстурой мощностью 3–4 м, очень постепенно выклинивающийся. Цвет туфа темно-серый с зеленоватым оттенком, и он резко выделяется на общем более светлом фоне обнажений песчаного флиша.

Четвертая толща составляет нижнюю часть орийской свиты [83]. Мощность ее 1700 м.

5. Пятая толща характеризуется ритмичным чередованием тех же компонентов, как и в четвертой толще, но с резким преобладанием алевро-аргиллитов над песчаниками. Мощность ритмов не превышает нескольких дециметров. Полную мощность толщи установить невозможно из-за сброса, амплитуда которого не известна.

Пятая толща соответствует средней части орийской свиты [83]. Мощность ее около 200 м.

6. Шестая толща очень похожа на четвертую, но отличается от нее несколько большей мощностью пластов песчаников. Мощность ее 900 м.

Вторую—шестую толщи мы объединяем во флишевую формацию Ильпинского полуострова общей мощностью около 4300 м.

Д.С. Несвит [65] считает, что совокупность признаков нижней алевро-аргиллитовой толщи, в том числе наличие пиритизированных тонкослоистых аргиллитов, говорит о ее осадчении в глубоководном бассейне, хотя флишеподобные осадки — прибрежно-морские, о чем свидетельствуют обугленные растительные остатки и мелководная фауна моллюсков.

Взаимоотношения между флишевой формацией и вышележащими молассовыми образованиями не совсем ясно, так как они замаскированы интрузивными телами, а также несколькими горизонтами глыбовых брекчий основного состава, однако структурное положение, степень дислоцированности и условия залегания формаций свидетельствуют в пользу возможного слабого углового несогласия между ними.

Выше геологический разрез Ильпинского полуострова наращивается следующим образом: 1) ильпинская свита (верхний олигоцен—нижний миоцен); 2) пахачинская свита (средний—верхний миоцен) и 3) корфская свита (верхний миоцен—средний плиоцен) [65].

В ильпинской свите выделяются две подсвиты, из которых нижняя соответствует на рис. 4 нашим VII—XI толщам. Они сложены главным образом вулканомиктовыми песчаниками и псаммитовыми туфами, алевро-аргиллитами и алевропелитовыми туфами, которые ритмично чередуются друг с другом при мощности пластов не более первых метров. Эта ритмичность нарушается пластами туфогравелитов и туфобрекчий, достигающих мощности 15—20 м. В нижнеильпинской подсвите встречено несколько горизонтов кислых туфов 1—2 м мощности. Верхняя подсвита представлена в основном зеленовато-серыми, мелкооскольчатыми алевро-аргиллитами, легко разрушающимися при выветривании, которые содержат большое количество конкреций и линз мергелей толщиной от сантиметров до дециметров. В алевро-аргиллитах встречаются гальки различных пород, редко прослойки песчаников мощностью до 1 м. Породы подсвиты слабо литифицированы — они размокают в воде и легко разминаются руками. Мощность свиты 1350 м.

Пахачинская свита делится на две подсвиты. Нижнепахачинская подсвита сложена аргиллитами и алевролитами с рассеянной мелкой галькой, а иногда переходящими в гравелиты и конгломераты. Мергельные линзы и конкреции придают ей слоистый облик. Верхнепахачинская подсвита состоит из более грубообломочных пород: песчаников, песчаников с гравием, гравелитов и конгломератов, изредка из алевролитов. Как и в нижней подсвите развиты конкреции и линзы мергелей. Мощность свиты 530 м.

Корфская свита объединяет морские, континентально-морские и континентальные угленосные образования и несогласно перекрывает нижележащие свиты.

Кроноцкий полуостров расположен в южной части Восточно-Камчатского (Тюшевского) прогиба, который простирается узкой, 60—80-километровой, полосой вдоль Тихоокеанского побережья Камчатки в северо-

восточном направлении от г. Петропавловска-Камчатского на юге через Кроноцкий перешийек, Камчатский полуостров и о-в Карагинский до Олюторского залива, составляя в длину около 1000 км. Значительная его часть в Кроноцком, Камчатском и Олюторском заливах находится под уровнем моря [25].

Прогиб заполнен третичными отложениями, мощность которых от 10 000 до 14 000 м [36, 25, 94]. Кроноцкий полуостров — единственное место, где прогиб доступен для изучения в полном поперечном сечении. Здесь отчетливо выявляется его асимметрия: северо-западный борт характеризуется сложной линейной изоклинальной складчатостью и многочисленными разрывами, а юго-восточный, напротив, сложен породами с пологим моноклинальным падением или смяты в простые складки.

Согласно стратиграфической схеме Д.С. Несвита [65], в Кроноцком районе развиты богачевская, ивановская и тюшевская свиты, в свою очередь подразделяющиеся на подсвиты.

Из них татьянинская подсвита ивановской свиты и тюшевская свита могут быть отнесены к флишевой формации, наилучшие разрезы которой вскрыты по рекам Татьяне, Ольге и Тюшевке, впадающим в Кроноцкий залив. (В более поздних работах [40] и здесь татьянинская подсвита также названа свитой.)

Ниже описан разрез третичных отложений Кроноцкого района по нашим наблюдениям в бассейне р. Ольги (рис. 5) и по данным из литературных источников.

Богачевская свита представлена песчаниками с небольшим участием алевро-аргиллитов и конгломератов. Песчаники образуют массивные или (редко) горизонтально-слоистые пласты, мощность которых достигает нескольких десятков метров. Это темно-серые с зеленоватым оттенком породы, при выветривании бурые, от крупно- до мелкозернистых, плохо сортированные, с примесью гравия. Мощность свиты около 3000 м.

Чажминская свита состоит преимущественно из глинистых пород, массивных алевро-аргиллитов и аргиллитов, содержащих ту или иную примесь рассеянного алевроитового и мелкопесчаного материала. Несущественную роль играют маломощные невыдержанные прослои и линзы мелкозернистых песчаников, похожих на богачевские, а также карбонатные линзы и конкреции. Размер конкреций или толщина линз до 0,7 м. Мощность свиты около 2000 м.

Положение богачевской свиты, сложенной почти нацело граувакковыми песчаниками, в самом низу стратиграфического разреза Тюшевского прогиба, а также то, что она перекрывается согласно и постепенно существенно глинистой чажминской свитой, хотя вместе они лежат ниже флишевой формации, — все это дает основание объединить эти две свиты в аспидную или сланцево-граувакковую формацию [99]. Однако, поскольку свиты литологически слишком резко отличаются друг от друга и, обладая большой мощностью, образуют два самостоятельных геологических тела, более целесообразно выделить богачевскую свиту в граувакковую формацию, а чажминскую — в собственно аспидную.

Две вышележащие свиты, татьянинская и тюшевская, имеют ритмичное строение и объединены нами во флишевую формацию.

Во флишевой формации Кроноцкого полуострова мы выделяем два

Рис. 5. Литолого-стратиграфическая колонка и соотношение основных типов пород для Кроноцкого полуострова (Камчатка)

Условные обозначения см. на рис. 2

типа флиша. Нижний соответствует татьянинской свите, а верхний — тьюшевской. Они отличаются как по слагающим компонентам, так и по характеру их чередования и строению элементарных ритмов.

Татьянинская свита — это песчано-глинистый терригенный флиш, в котором песчаники и алевро-аргиллиты могут не только чередоваться, но присутствовать и в виде отдельных, самостоятельных пластов мощностью до нескольких метров. Благодаря обилию вулканического материала оба основных типа пород и обнажения в целом приобрели зеленый оттенок, поэтому мы назвали этот флиш зеленым.

Песчаники и алевро-аргиллиты образуют элементарные ритмы мощностью от первых сантиметров до нескольких дециметров в примерно равном соотношении друг с другом, а иногда песчаники или алевро-аргиллиты несколько преобладают. Чаще преобладают песчаники, мощность которых достигает 1 м и более. Нижние границы ритма резкие, и на них довольно обычны не очень хорошие гиероглифы механического происхождения. Переход песчаника в вышележащий алевро-аргиллит постепенный, хотя иногда на очень коротком отрезке мощности. Неярко выраженная градационная слоистость встречается в песчаниках почти повсеместно, но наиболее характерна горизонтальная слоистость, благодаря которой песчаники приобретают очень хорошо выраженную плитчатую отдельность, толсто-плитчатую в низу и более тонкую, вплоть до листоватой, в верху пластов, где реже развита мелкая косая слоистость.

Возраст	Свита	Толща	Литология	Мощность, м	Формация	Соотношение основных типов пород, % от мощности толщи
н	Тьюшевская	Дистальтового флиша		4000	я	20 40 60 80
е						
ц	Татьянинская	Песчано-глинистого (зеленого) флиша		3000	ф л и ш	
о						
и	Чагинская	Аргиллитовая		2000	Аспидная	
м	Богачевская	Песчаниковая		3000	Граувалковая	

Песчаники мелкозернистые, значительно реже крупнозернистые (главным образом в основании ритмов), крепкие, темно-серые, с зеленоватым оттенком. При выветривании они светлеют и хорошо выделяются на более темном фоне алевро-аргиллитов.

В нижней части пластов песчаники содержат гравий и мелкую гальку аргиллитов из нижележащего глинистого слоя и эффузивных пород, а также редкие обломки фауны. Спорадически [36] встречаются грубозернистые рыхлые песчаники с углистыми остатками и микроконгломераты. Внешне песчаники напоминают богачевские, особенно когда они образуют самостоятельные пласты, более мощные, чем те, которые участвуют в ритмичном чередовании.

Алевро-аргиллиты темно-серые, в сыром виде почти черные с зеленоватым оттенком. Слоистость в свежих образцах видна плохо, а при выветривании они рассыпаются по слоистости на мелкие чешуйки и плитки. Аргиллитам [60] свойственно присутствие хорошо окатанных гравия и галек размером до 10–15 см, главным образом окремненных аргиллитов и эффузивных пород, изредка валунов эффузивов, достигающих 0,6 м в поперечнике.

Изредка среди пачек ритмичного строения встречаются пласты массивных диатомитов мощностью от первых дециметров до метра, светло-серых, сильно светлеющих при выветривании. Мощность свиты 3000 м.

Тюшевская свита представлена флишевым чередованием песчаников, глинистых и кремнисто-глинистых пород, образующих толщу диатомового флиша. Обнажения свиты отличаются от предыдущих общей светлой окраской и тем, что в них более устойчивы к выветриванию не песчаники, как в обычном терригенном флише (татьянинская свита), а кремнисто-глинистые породы, на которых и "держится" все обнажение. Песчаники, наоборот, легко разрушаются, высыпаются и на их месте остаются углубления.

Песчаники и кремнисто-глинистые породы образуют элементарные флишевые ритмы мощностью от первых сантиметров до первых дециметров, но наиболее часто мелкоритмичное чередование. Характер границ и структурно-текстурные особенности пород такие же, как и в татьянинской свите. Так же, как и там, полный набор текстур по схеме А. Боума [117] в одном ритме встречаются редко.

Песчаники мелко- и среднезернистые, темно-серые с зеленоватыми оттенками, очень рыхлые, а в некоторых обнажениях легко разминаются руками.

Кремнисто-глинистые породы представлены широким диапазоном пород — от окремненных аргиллитов до диатомитов и опок. Мощность свиты 4000 м.

Во всей флишевой формации широко развиты подводнооползневые образования, детально описанные Д.С. Несвитом и И.В. Плешаковым [66]. Они встречаются как внутри элементарных ритмов, захватывая обычно только верхнюю часть песчаных пластов, так и в более крупных масштабах, когда ими нарушены многие слои, а мощность подводно-оползневых масс достигает десятков метров. Все подводные оползни приурочены к северо-западному борту Тюшевского прогиба, что, по мнению этих авторов, может указывать на заметный уклон здесь морского дна и на активность тектонических движений.

Кроме кратко описанных выше опорных разрезов, и на Сихотэ-Алине, и на Камчатке для выявления вещественного состава основных типов пород использован материал по многочисленным другим обнажениям, который вошел в соответствующие главы книги.

ПЕТРОГРАФО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ

В западной части Главного синклинория Сихотэ-Алиня среди песчаников наиболее распространены собственно аркозы, менее характерны граувакковые аркозы, полевошпатово-кварцевые и мезомиктовые кварцевые песчаники, а типичные граувакки практически отсутствуют (рис. 6). Такой состав песчаников сохраняется без существенных изменений по всему Главному синклинорию вплоть до его северных окраин.

Песчаники таухинской свиты сложены главным образом кварцем (50–60%), кислыми плагиоклазами, в меньшей степени — микроклином и ортоклазом (35–42%), а также обломками пород (2–8%). Среди последних встречаются граниты, микропертиты, грейзены, кварциты, известняки и эффузивы среднего состава. Слюды представлены мусковитом, значительно меньше — серицитом и биотитом. Аксессуары немногочисленны. Это циркон, турмалин, гранат и эпидот. В тяжелой фракции средневалан-

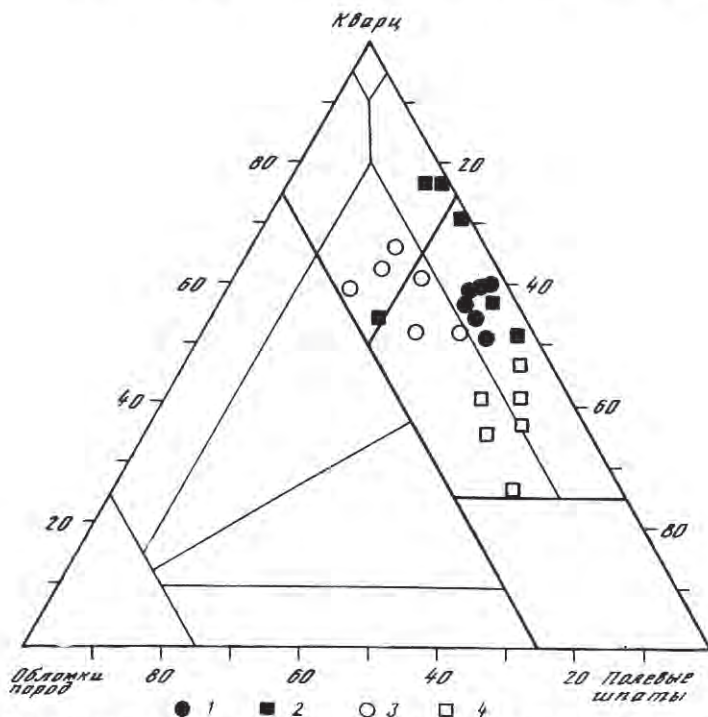


Рис. 6. Породообразующие компоненты песчаников западной части Главного синклинория Сихотэ-Алиня

Песчаники: 1 — таухинские; 2–3 — уктурские: 2 — первая разновидность, 3 — вторая разновидность; 4 — лужкинские. Классификационный треугольник по В.Д. Шуктову [111]

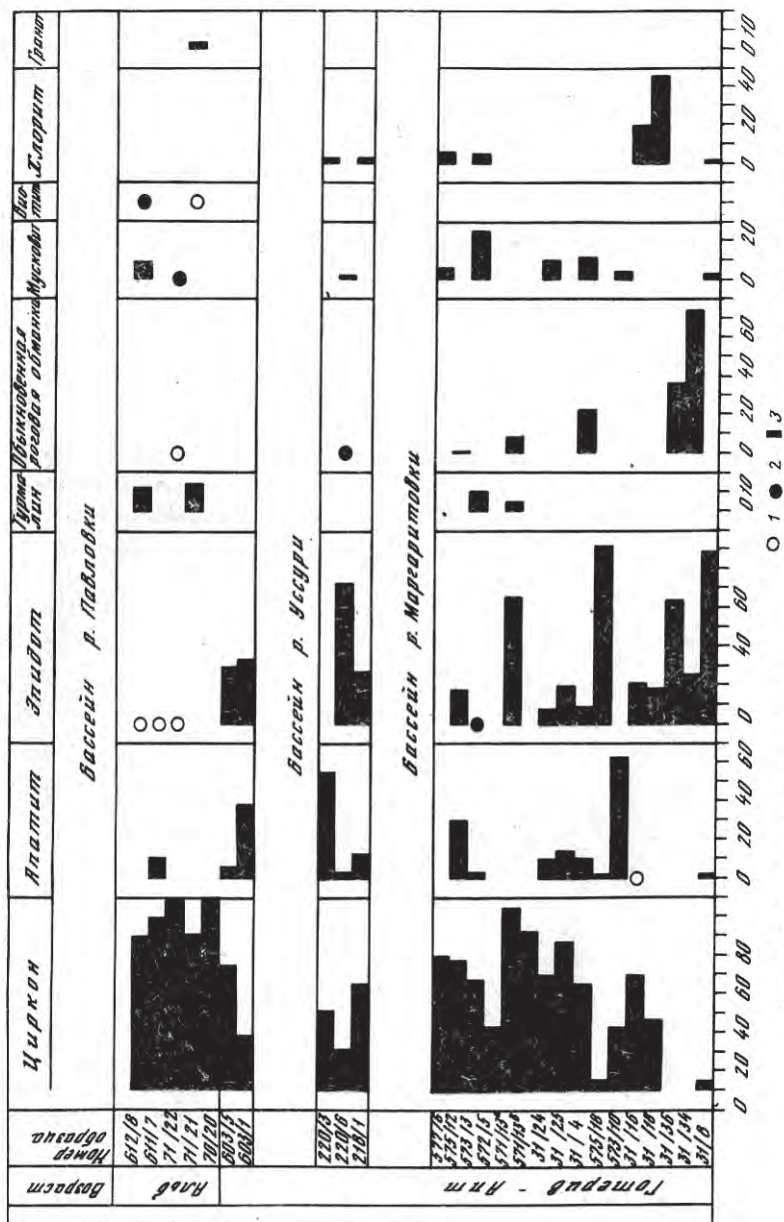


Рис. 7. Состав тяжелой фракции нижнееловых песчанников Южного Сихотэ-Алиня [2]
 1 — до 0,5%, 2 — 0,5–1%; 3 — более 1% в масштабе

жужинских песчаников Е.М. Агеева [1, 2] определила циркон (41,1–57,8%), апатит (8,5–28,2%), турмалин (0,8–0,9%), анатаз (до 0,4%), обыкновенную роговую обманку (до 8,3%), хлорит (1–4,6%), мусковит (1–3,5%), биотит (до 0,7%), минералы группы эпидота (19,2–27,4%), а из рудных минералов наиболее характерен магнетит.

Обломочный материал первой разновидности песчаников уктурской свиты (участвующих во флишевом чередовании) представлен кварцем (52–77%), полевыми шпатами (18–45%) — кислым плагиоклазом, микроклином, ортоклазом хорошей сохранности и обломками пород (1–20%), сложенными гранитами, кварцитами, грейзенами, алевро-аргиллитами, редко известняками и эффузивами.

По соотношению породообразующих компонентов песчаники относятся к аркозовым, аркозово-кварцевым и олигомиктово-кварцевым разновидностям.

Породообразующие минералы второй разновидности песчаников (образующих массивные пласты) — кварц (52–67%), полевые шпаты (15–48%), главным образом сильно измененные кислые плагиоклазы. Обломки пород (10–23%) — это микрокварциты, алевро-аргиллиты, известняки и основная масса эффузивов.

На классификационном треугольнике песчаники располагаются в полях аркозов, граувакковых аркозов и мезомиктовых кварцевых песчаников.

Состав тяжелой фракции обеих разновидностей песчаников примерно одинаковый. В ней присутствуют магнетит, циркон, турмалин, гранат, эпидот, цоизит, обыкновенная роговая обманка, мусковит и хлорит.

В лужинских песчаниках обломочный материал представлен кварцем (25–47%), полевыми шпатами (45–60%) — кислыми плагиоклазами — ортоклазом и микроклином, а также обломками пород (5–15%) — гранатами, грейзенами, кварцитами и фельзитами. Среди слюд преобладают мусковит и серицит, а биотит редок. Песчаники лужинской свиты относятся к аркозам и граувакковым аркозам, и на треугольнике поле их распространения сильно смещено в сторону полевых шпатов, что в какой-то степени сближает их с вулканогенно-осадочными породами. Благодаря большому числу зерен полевых шпатов при выветривании песчаники приобретают пепельно-серый цвет.

В бассейне р. Павловки [2] тяжелая фракция нижнемеловых песчаников состоит из циркона (79,2–100%), апатита (до 10,3%), граната (до 3,6%), турмалина (до 15%) и мусковита (до 8,3%). Эпидот, биотит, роговая обманка и другие минералы составляют на более десятых долей процента. По р. Маргаритовке около дер. Щербаковки среди аксессуаров постоянно присутствуют магнетит, эпидот, цоизит и циркон. Редко встречаются гранат, турмалин, мусковит и хлорит (рис. 7).

В центральном Сихотэ-Алине в бассейне р. Бикин М.А. Евланова [39] отнесла песчаники уктурской и лужинской свит нижнего мела к граувакково-аркозовым, олигомиктово-кварцевым, аркозово-кварцевым и полевошпатово-граувакковым (рис. 8). Обломки пород представлены главным образом кремнями, алевро-аргиллитами и только на некоторых участках — порфирами. Тяжелая фракция состоит из циркона, лейкоксена, граната, апатита, слюды, турмалина, сфена, анатаза, рутила, ильменита. В

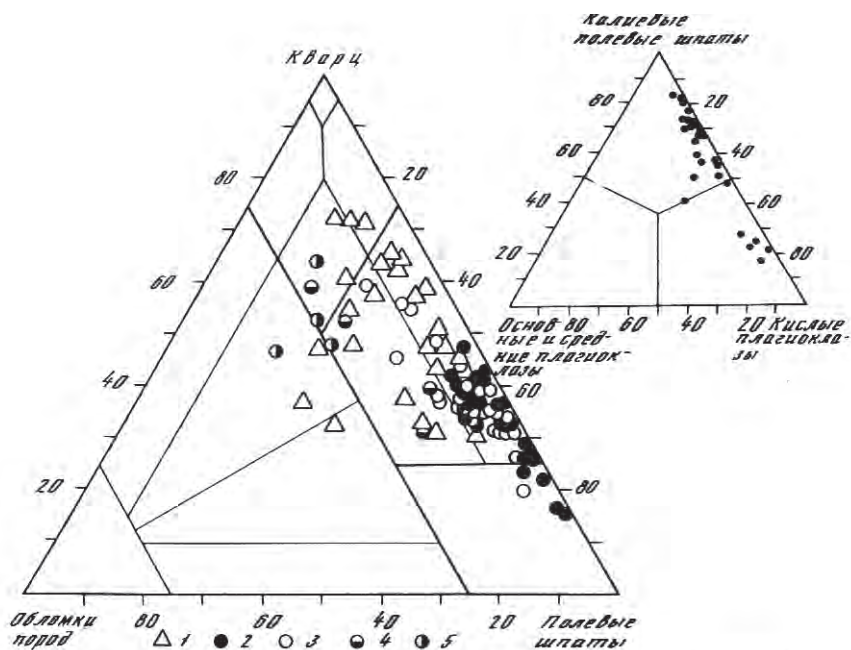


Рис. 8. Породообразующие компоненты (основной треугольник) и состав полевых шпатов (дочерний треугольник) нижнемеловых песчаников Северного и Центрального Сихотэ-Алиня

Северный Сихотэ-Алинь: 1 — комсомольская серия; 2 — уктурская свита; 3 — ларгасинская свита [4]. Центральный Сихотэ-Алинь: 4 — уктурская свита; 5 — лужинская свита [38, 39]. (Полевой шпат даны только для Северного Сихотэ-Алиня)

незначительных количествах, не во всех образцах, присутствуют хлорит, хромит, эпидот, роговая обманка и пироксены. В пределах выделенных в указанной работе структурных элементов состав тяжелой фракции показан на рис. 9.

В восточной части Главного синклинория Сихотэ-Алиня, где развита нижнемеловая флишевая формация, так же, как и в вышеописанной западной части этой структуры, среди песчаников наиболее распространены собственно аркозы, менее характерны граувакковые аркозы, полевошпатово-кварцевые и мезомиктовые кварцевые песчаники, а настоящие граувакки не встречаются (рис. 10). Диапазон состава песчаников, таким образом, не очень широк, и они группируются на классификационном треугольнике в его верхней "кварцевой" половине в отличие от камчатских, описание которых дается ниже и которые тяготеют к "обломочному" углу треугольника.

Кварц, полевые шпаты и в меньшей степени обломки пород по-прежнему являются основными породообразующими компонентами.

Кварц в подавляющем большинстве интрузивный, реже метаморфический, зерна его часто катаклазированы или волнисто погасают, содержат характерные включения, обладают специфической формой для указанных типов пород. Эффузивный кварц встречается значительно реже [84].

Полевые шпаты представлены преимущественно кислыми плагиоклазами (альбитом, олигоклазом) и калиевыми разностями — ортоклазом и главным образом микроклином. Обломки пород сложены гранитами, аплитами, грейзенами, алевро-аргиллитами, массивными и сланцеватыми микрокварцитами, филлитами, раскристаллизованными кремнистыми породами и органогенными известняками. Очень редки различные эффузивы, включая вулканическое стекло.

Тяжелые минералы песчаников восточной части Главного синклинория Сихотэ-Алиня относятся к группе устойчивых к выветриванию (рис. 11). Это циркон (до 95%), рутил (до 45%), эпидот (до 29%), турмалин (до 25%) и гранат (не во всех образцах, до 29%). Кроме того, встречается магнетит, хромит, апатит, лейкоксен, муассанит. Обломочные слюды биотит и мусковит составляют от 1—3 до 5—6% цемента и встречаются в виде листочков до одного и более миллиметров. В последнем случае они достаточно свежие, а биотит почти не затронут процессами гидратации и не хлоритизирован, что свидетельствует о его слабой переработке и об его вероятном магматическом происхождении.

Краткая характеристика главнейших минералов тяжелой фракции по определениям В.И. Тихоновой дана ниже в общем для всех песчаников Главного синклинория Сихотэ-Алиня, так как они очень однообразны во всех толщах.

Магнетит — черные угловато-окатанные зерна, редко октаэдры, со сглаженными ребрами. Блеск не сильный или тусклый.

Хромит — черный, октаэдрический, иногда грани кристаллов сглажены.

Рутил — от черного, просвечивающего в тонких осколках, до красновато-оранжевого или ярко-красного в виде окатанных и полуокатанных кристаллов, а также угловатых или удлинённых обломков неправильной формы, особенно характерных для оранжевых и красных разностей.

Анагаз — грязно-голубой или темно-зеленый. Большей частью это остроугольные обломки, редко кристаллы остродипирамидальной или таблитчатой формы. У некоторых дипирамидальных кристаллов грани покрыты штриховкой и слабо лейкоксенизированы.

Ильменит — черные угловато-окатанные обломки с полуметаллическим блеском. Редко обломки толстотаблитчатых и шестиугольных кристаллов.

Гранат — бледно-розовые, неправильные остроугольные обломки.

Циркон — бесцветные и бледноокрашенные: розовые, фиолетовые, сиреневые, сиренево-розовые, иногда винно-желтые кристаллы в основном "гиацинтового" типа. Отмечено несколько кристаллов "копьевидного" типа. Большинство их со сглаженными гранями, полуокатаны, реже хорошо окатаны (яйцевидной формы). Коэффициент удлиненности кристаллов в пределах 1—2,5. Активные разности циркона — призматической формы, фиолетового цвета, покрытые белесой корочкой, и серые, грязно-серые непрозрачные со сглаженными гранями.

Эпидот — фисташково-зеленые, прозрачные и непрозрачные, зеленовато-белесые неокатанные зерна.

Ортит — черный, в осколках просвечивает бурый.

Турмалин — зеленовато-бурый, бутыльно-зеленый, темно-синий, голубовато-серый, прозрачный. Встречается в виде обломков призматических



Рис 9. Состав тяжелой фракции нижнемеловых песчаников Центрального Сихотэ-Алиня в бассейне р. Бикин [38, 39]

1 — до 0,5%; 2 — 0,5–1%; 3 — более 1% в масштабе

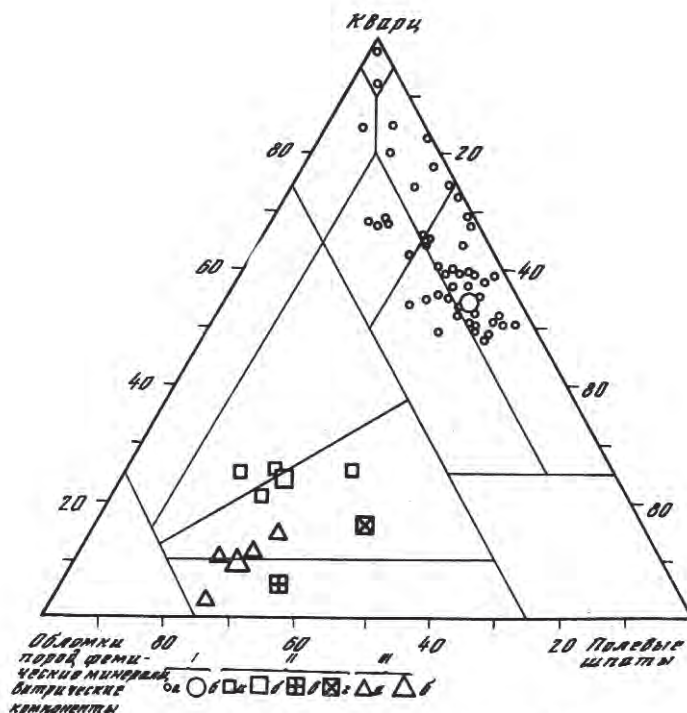
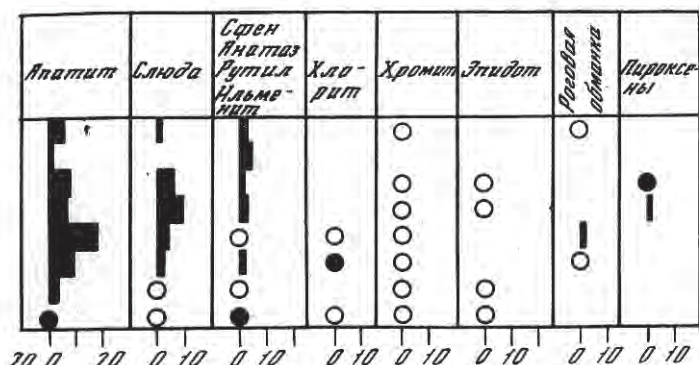


Рис. 10. Породообразующие компоненты песчаников Сихотэ-Алиня и Камчатки [59]

I — Сихотэ-Алинь; II — Кроноцкий полуостров; III — Ильпинский полуостров
 а — отдельные образцы; б — среднее для данной группы; в — среднее по Б.В. Ермакову и О.И. Супруненко [40]; г — среднее по М.В. Беловой и др. [25]



кристаллов, коротко-и удлиненнопризматических кристаллов, угловато-окатанных и редко окатанных зерен.

Моноклинный пироксен — бесформенные, слабо удлиненные желто-зеленые зерна, редко кристаллы.

Роговая обманка — темно-зеленая, зеленовато-бурая, осветленная по краям. Края сильно зазубрены с пикообразными ограничениями.

Апатит — молочно-белые или бесцветные призматические кристаллы или их обломки. У большинства кристаллов грани призмы сглажены, а конечные не сохранились.

Лейкоксен — светло-коричневый, светло-серый, серый, таблитчатый и угловато-окатанной формы. Поверхность гладкая, полированная.

Муассанит — голубовато-синий, темно-синий, прозрачный, в виде остроугольных обломков с раковистым изломом и сильным блеском.

Среди глинистых минералов цемента песчаников (фракция менее 0,001 мм) установлены (рис. 12): гидрослюда, хлорит, каолинит, а также упорядоченный смешаннослойный минерал гидрослюда монтмориллонитового состава, содержащий 80–90% гидрослюдистых пакетов [107, 108, 110]. Самый распространенный минерал — диоктаэдрическая гидрослюда поли типов 1М и 2М₁. Хлориты принадлежат триоктаэдрическим железо-магние-вым разновидностям, состоящим из пакетов типа IIв. Выделяются два структурных типа хлоритов: стабильный (обычный) и так называемые



Рис. 11. Средние содержания тяжелых минералов в песчаниках Сихотэ-Алиня и Камчат- ки

1 — более 1% в масштабе; 2 — 0,5–1%; 3 — до 0,5%; 4 — знаки, Магнетит, в % от магнитной фракции

подвижные хлориты. Каолинит распространен незначительно. В основании нижнемелового разреза и цементе песчаников развиты упорядоченные смешаннослойные минералы гидрослюда—монтмориллонитового типа (политипная модификация гидрослюдистых пакетов 1М). Исследования под электронным микроскопом позволили выявить их удлиненно-пластинчатую морфологию. Каолинит, подвижные хлориты, а также гидрослюды — аллотигенные, а стабильные хлориты и смешаннослойные минералы — аутигенные, возникшие в условиях эпигенеза.

Почти аналогичный состав глинистой фракции характерен и для Северного Сихотэ-Алиня [3, 4], где основным компонентом является диоктаэдрическая гидрослюда с незначительной примесью других гидрослюдов, а также каолинита.

Преимущественно аркозовый состав песчаников нижнего мела Южного Сихотэ-Алиня, а также присутствие в них калиевых полевых шпатов и кислых плагиоклазов дают основание утверждать, что питающая их провинция была сложена в основном породами кислого состава — гранитоидами и метаморфическими породами. В пользу этого свидетельствуют также форма обломков, угловатая и остроугольная, а также почти не окатанные кристаллы турмалина, которые прошли непродолжительную переработку и транспортировку [54]. Только из кристаллических пород мог быть размыт обломочный очень свежий, почти неизменный биотит, входящий в состав песчаников. Вряд ли можно допустить, что он мог быть переотложен более одного раза, так как, будучи малоустойчивым в гипергенных условиях, этот минерал быстро обесцвечивается, разрушается и заменяется хлоритом.

Индикаторами исходных метаморфических пород являются обломки кварцитов и филлитов, а также изредка встречающийся корунд.

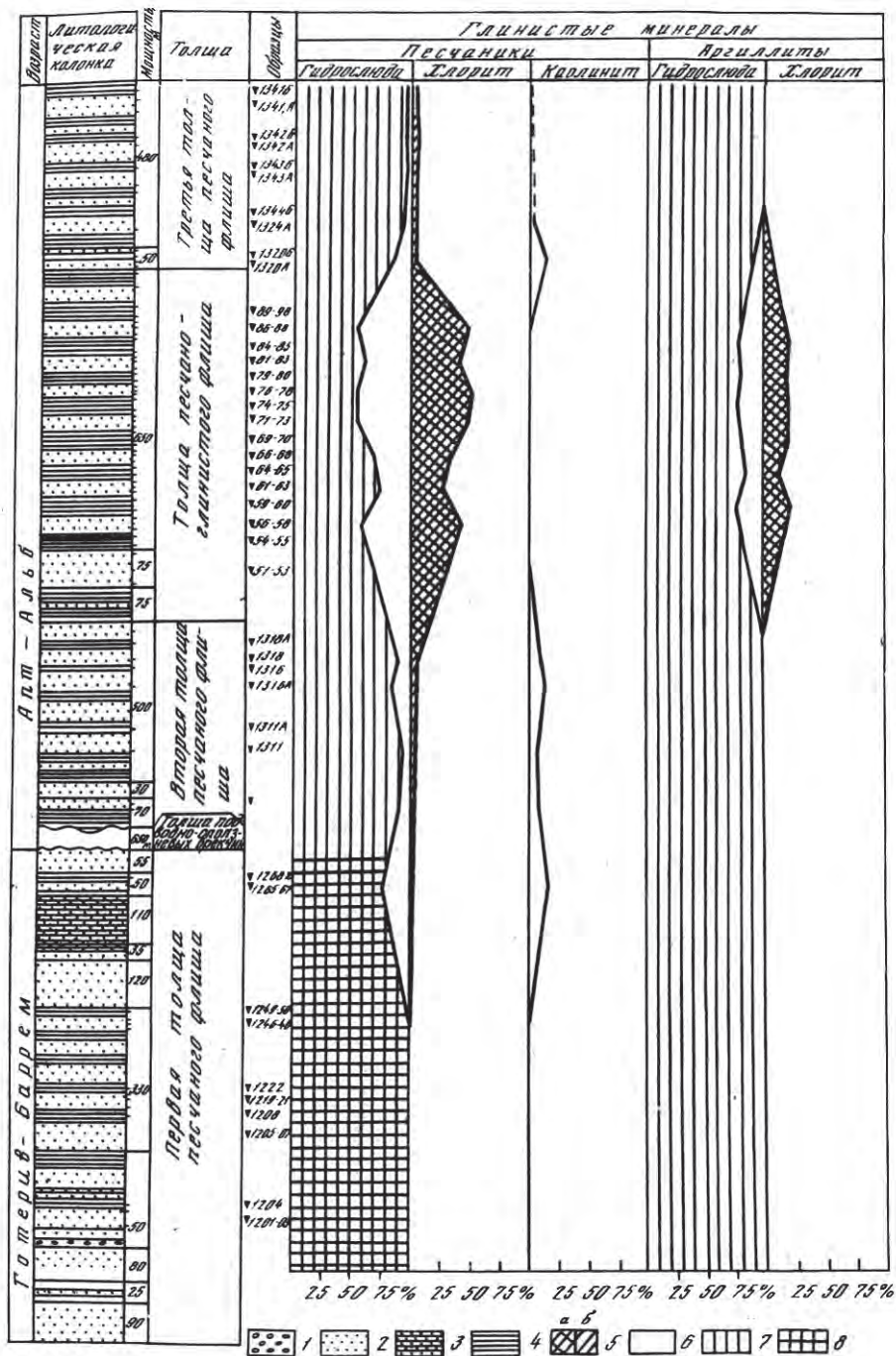
Однако смещение точек минерального состава части аркозовых песчаников в сторону кварца вплоть до появления кварцевых песчаников, хорошая окатанность циркона и граната, характерная для осадков, участием в строении размываемой суши, кроме кристаллических пород, и терригенных образований.

Наконец, несколько увеличенное количество остроугольных обломков и целых кристаллов полевых шпатов за счет кварцевой составляющей, наблюдающееся в верхней части разреза (лужкинская свита и ее стратиграфические аналоги на севере Сихотэ-Алиня [3]), может свидетельствовать в пользу некоторого влияния вулканических процессов.

На Северном Сихотэ-Алине [3,4] среди нижнемеловых песчаников Главного синклинория наиболее распространены аркозы, ничтожную долю составляют песчаники кварцевой группы и граувакки (см. рис. 8). Только в самых верхних частях уктурской свиты есть прослой пирокластических пород — псаммитовых кристаллокластических туффов, свидетельствующих о незначительных вулканических процессах в это время.

Рис. 12. Распределение глинистых минералов в породах восточной части Главного синклинория Сихотэ-Алиня [108]

1 — гравелиты; 2 — песчаники; 3 — алевролиты; 4 — алевро-аргиллиты; 5 — хлорит: а — подвижный, б — стабильный; 6 — каолинит; 7 — гидрослюда; 8 — упорядоченный смешаннослойный минерал гидрослюда монтмориллонитового состава с содержанием гидрослюдистых пакетов 80—90%



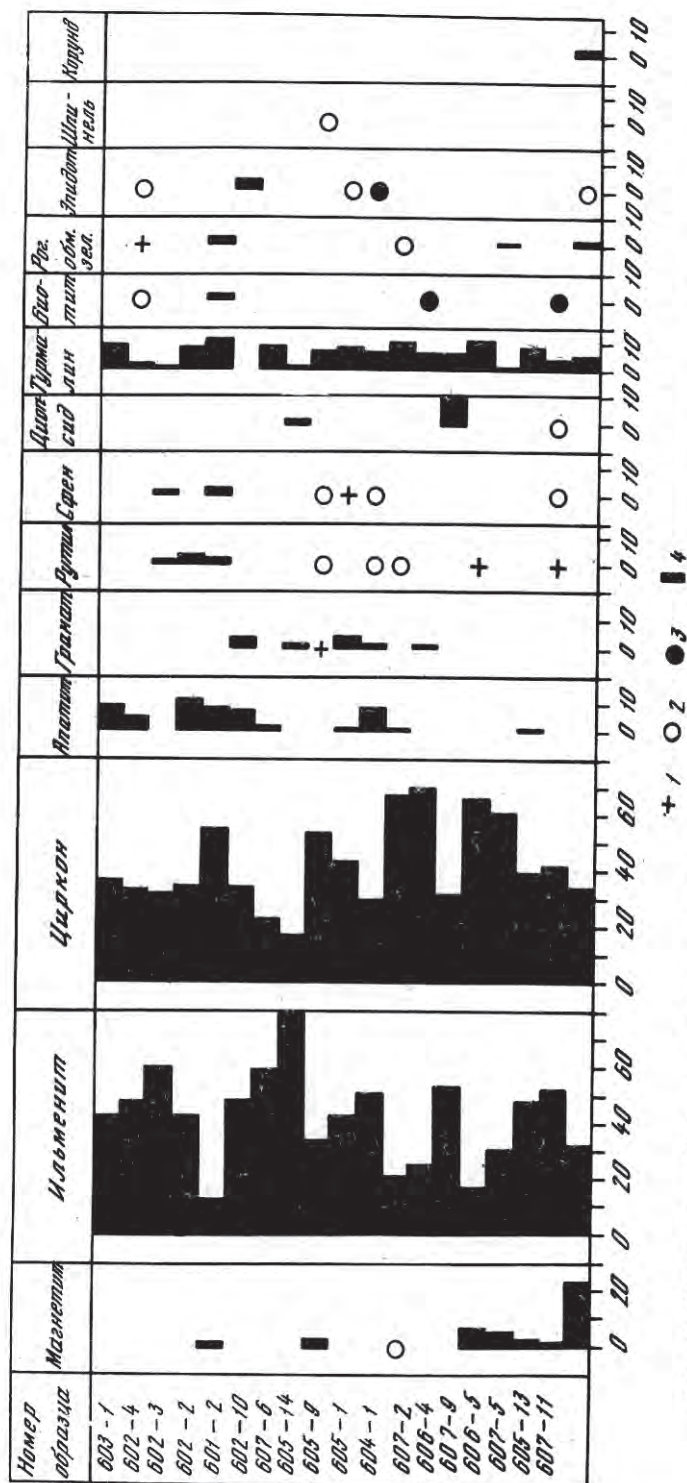


Рис. 13. Состав тяжелой фракции нижнемеловых песчаников в северной части Главного синклинария Сихотэ-Алиня [4]
 1 — единичные знаки; 2 — до 0,5%; 3 — 0,5–1%; 4 — более 1% в масштабе

Породообразующими компонентами песчано-алевритовых пород этой части Сихотэ-Алиня являются, как и на юге, кварц, полевые шпаты, среди которых преобладают кислые, очень редко средние и основные плагиоклазы и калиевые полевые шпаты — ортоклаз и микроклин, а кроме того обломки пород: различные силициты, глинистые породы, кварцево-сланцевые сланцы, пегматиты, эффузивы кислого и среднего, реже основного состава.

В тяжелой фракции песчаников комсомольской серии среди терригенных минералов распространены магнетит, в среднем 2,3%, ильменит — 42%, циркон — 43,7%, турмалин — 6%, апатит — 3,3%, гранат — 0,7%, рутил — 0,5%, сфен — 0,3%, диопсид — 0,7%, биотит — 0,14%, зеленая роговая обманка — 0,3%, эпидот — 0,1%, корунд — 0,1% (рис. 13).

Е.М. Агеева делает вывод, что состав кластического материала, в том числе аксессуарных минералов, среди которых резко преобладают устойчивые, показывает, что осадки образовались главным образом за счет разрушения гранитоидов и частично различных по составу эффузивов (порфириров, фельзитов, кварцевых порфиров), метаморфических и осадочных пород. С этим выводом согласуется и наличие обломочного биотита, хотя он, как правило, хлоритизирован, обесцвечен и частично превращен в мусковит.

Постоянство петрографического и минералогического состава в целом по разрезу свидетельствует, что обрисованный выше вещественный состав области сноса оставался в течение раннего мела для всего Сихотэ-Алинского бассейна без существенных изменений, хотя сами источники питания находились как западнее (Главный антиклинорий и Монголо-Охотская область) [1–4], так и восточнее (Прибрежный антиклинорий и современная акватория Японского моря) [1–4, 54, 55].

Минеральный состав обломочной и глинистой составляющих алевроаргиллитов в терригенных толщах Сихотэ-Алиня примерно тот же, что и в песчаниках (см. рис. 11).

Если обратиться к составу песчаных и сопутствующих им глинистых пород более древних формаций Сихотэ-Алиня, в том числе и офиолитовой, которая содержит значительное количество терригенных пород [22, 47], можно убедиться в том, что они очень сходны с описанными выше в существенно терригенных флишеидных и флишевых образованиях (рис. 14).

В докаменноугольных отложениях Главного антиклинория песчаники — главным образом аркозовые, реже кварцевые и туфопесчаники. Обломочная часть аркозовых разностей состоит из кварца (35–60%), полевых шпатов (30–60%) и обломков пород (до 20%). В верхнепалеозойских — нижнемезозойских отложениях Главного и Прибрежного антиклинориев песчаники представлены более разнообразно: разностями всех трех групп — кварцевой, аркозовой и граувакковой, но собственно граувакков нет. Наиболее распространены среди них аркозово-кварцевые, развитые почти во всех свитах и сложенные кварцем (45–80%), полевыми шпатами (10–40%) и обломками пород (10–20%). Более редкие граувакково-кварцевые разности содержат кварца 40–60%, полевых шпатов — 10–30%, а обломков пород — 20–30%. Из группы аркозов имеются и граувакковые аркозы и собственно аркозы. Полевошпатовые граувакки — самые мало-

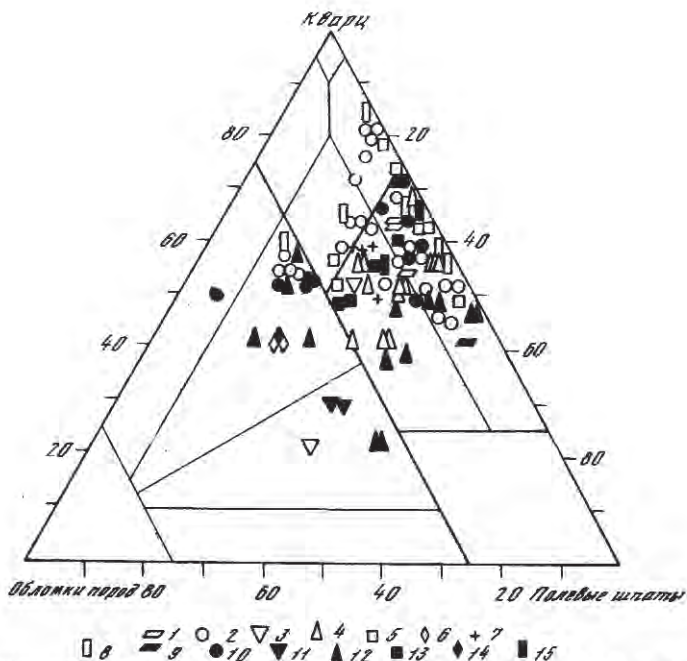


Рис. 14. Породообразующие компоненты песчаников и алевролитов в свитах верхнего палеозоя—нижнего мезозоя Южного Сихотэ-Алиня [47]

Породы без примесей туфового материала: 1 — маляновские; 2 — самаркинские; 3 — себучарские; 4 — удековские; 5 — ариадненские; 6 — скалистореченские; 7 — Пантового ключа; 8 — горы Ким.

Породы с примесью туфового материала: 9 — маляновские; 10 — самаркинские; 11 — себучарские; 12 — удековские; 13 — ариадненские; 14 — скалистореченские; 15 — горы Ким

численные и содержат кварца 20–30%, полевых шпатов — 20–30%, а обломков пород — до 40%. В значительной своей части эти песчаники туфогенные.

Е.А. Киреева [47] считает, что преимущественно угловатая и угловато-окатанная форма зерен всех типов песчаников в совокупности с плохой сортировкой обломочного материала позволяют говорить о близости источников сноса, которые располагались, по-видимому, внутри геосинклинального бассейна.

К этому следует добавить, что Л.В. Бурилина [47] в большинстве типов песчаников упомянутого выше палеозойско-мезозойского (в большей своей части офиолитового) комплекса описала состав акцессориев, явно тяготеющий к гранитному. Это циркон, гранат, турмалин, эпидот, реже сфен и лейкоксен. Кварц во многих случаях отнесен ею к "изверженному", содержащему включения пузырьков газа и жидкости, а также игольчатые кристаллы апатита и рутила. Реже упоминается катаклазированный метаморфический кварц. Полевые шпаты даже в вулканогенно-кремнисто-терригенных толщах представлены главным образом калиевыми разновидностями, хотя наряду с ними встречаются плагиоклазы различного состава.

По наблюдениям А.А. Асипова [5], в этих же песчаниках ведущими

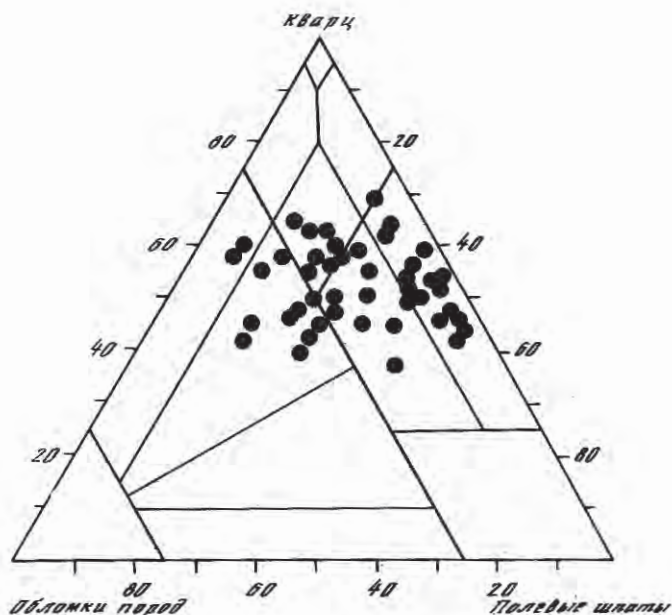


Рис. 15. Породообразующие компоненты триасовых отложений Прибрежного антиклинария Сихотэ-Алиня в Кавалеровском районе [64].

компонентами тяжелой фракции являются циркон, количество которого нигде не опускается ниже 59%, а достигает 98,7%, граната содержится до 63%, турмалина — до 35%. В некоторых случаях много эпидота — до 98% и лейкоксена — до 89%.

Преимущественно аркозовый состав установлен для песчаников верхне-пермско-триасовых отложений восточного склона Главного антиклинария В.Ф. Игнатовой [41, 42]. Исходя из минерального состава терригенных компонентов, она предположила, что они формировались близ суши, сложенной осадочно-метаморфогенными и гранитными породами. В составе терригенной части много удлиненных зерен совершенно прозрачного, иногда слабоволнистого неокатанного кварца. Встречаются обломки пород, состоящие из линзовидных зерен кварца, полевых шпатов и мусковита, а также кварц с нитевидными включениями силлиманита. К ним добавляются кремнисто- и углисто-серицитовые сланцы и микрокварциты. Весь этот материал несомненно поступал при размыве метаморфических пород. "Гранитный" материал — это кварц-плагиоклазовые и кварц-микроклиновые сростки, микропегматиты, микрогранофиры, а также обломки кварца со слюдой, цирконом, рутилом и тремолитом.

К выводу о том, что триасовые отложения Прибрежного антиклинария в Кавалеровском районе образованы за счет области размыва, которая представляла собой сиалическую кору, сложенную гранитами, кислыми эффузивами и кремнисто-осадочными толщами, пришел и Е.В. Михайлик [64]. Как видно на рис. 15, большая часть песчаников относится к группе аркозов, меньшее их количество переходит в поля, промежуточные к кварцевым песчаникам и грауваккам. Обломочный материал песчаников

обладает многими признаками, описанными для палеозойских-мезозойских песчаников Главного антиклинория.

Приведенные материалы по петрографо-минералогическому составу практически всего стратиграфического геосинклинального разреза Южного Сихотэ-Алиня в трех его структурно-формационных зонах — Главном и Прибрежном антиклинориях и Главном синклинории — не оставляет сомнения в том, что подавляющая часть обломочного материала в песчаниках — это результат разрушения и перетолжения земной коры сиалического типа, ведущими компонентами которой были граниты, метаморфические кислые породы и осадочные толщи, в общем также близкие по составу к гранитно-метаморфическим. Это отражено в решающей роли аркозов среди песчаников. Пирокластический вулканомиктовый материал, "смещающий" песчаник в сторону граувакк, имеет подчиненное значение, и он в той или иной степени характерен лишь для некоторых частей раннегеосинклинального комплекса, близкого к офиолитовой формации, а также для самых верхних горизонтов терригенного комплекса, подстилающего Восточно-Сихотэ-Алинский вулканический пояс [55, 49, 75]. Не противоречат этому выводу и данные, доступные в настоящее время по Северному Сихотэ-Алиню.

На Камчатке песчаники Ильпинского полуострова однообразны по составу и относятся к полевошпатовым и кварцево-полевошпатовым грауваккам (см. рис. 10). Они состоят главным образом из обломков эффузивных пород и вулканического стекла (60–70%), кремнистых пород (5–10%), плагиоклазов (25–30%) и кварца (10%). Обломки эффузивных пород относятся к андезитовым и андезито-базальтовым порфири-там, редко к базальтам. Последние чаще встречаются в ильпинской свите. Из плагиоклазов встречаются андезин, иногда лабрадор, редко альбит, количество которого нарастает к основанию разреза. Калиевые полевые шпаты отсутствуют.

Среди вулканических стекол выделяются крупные обломки, показатель преломления которых больше канадского бальзама, и мелкодробленое стекло, образующее цемент. Степень вторичного изменения вулканического стекла неодинакова. В ильпинской свите, входящей в состав молассы, оно изменено незначительно, а в нижележащих свитах флишевой формации — орийской и такетуирской — стекло полностью преобразовано в глинистое вещество. Аналогично вулканическому стеклу изменяются сверху вниз по разрезу и плагиоклазы — от свежих основных и средних в ильпинской свите до альбитизированных и цеолитизированных в орийской и такетуирской свитах [109].

В тяжелой фракции песчаников Ильпинского полуострова (см. рис. 11) в целом наиболее характерным минералом является моноклинный пироксен, составляющий, как правило, от 50 до 88%. Повсеместно, но в малых количествах содержатся хромит, рутил, гранат, циркон, апатит и некоторые другие минералы. Однако нижняя часть разреза, относящаяся в основном к флишевой формации, резко обогащена эпидотом, а верхняя — молассовая — содержит значительно больше магнетита, ильменита, и в ней чаще встречается ромбический пироксен, что может свидетельствовать в пользу увеличения роли магматических пород основного состава в области сноса на поздних этапах развития бассейнов седиментации. Аномально высокие

содержания роговой обманки в верху флишевой формации, на границе с молассой, имеют вторичное происхождение и связаны, вероятно, с гидротермальными процессами.

Магнетит — зерна неправильной формы и октаэдрические кристаллы. В одном образце обнаружены и гладкие шарики. Поверхность зерен и шариков блестящая или тусклая, матовая. Размер их менее 0,1 мм.

Хромит — железо-черные октаэдрические кристаллы.

Рутит — темно-красные удлиненные окатанные зерна.

Ильменит — черные, угловато-окатанные, неправильные, уплощенные зерна и шестиугольные таблички.

Гранат — розовые бесформенные остроугольные обломки.

Циркон — бесцветный, бледно-розовый, бледно-сиреневый или сиреневый в виде призматических кристаллов "цирконового" типа или их обломков. Обычно грани их сглажены, но у отдельных кристаллов они хорошо сохранились. Бледно-сиреневые и сиреневые разности часто хорошо окатаны, яйцевидной формы. Некоторые бесцветные кристаллы имеют неровную корродированную поверхность.

Сфен — медово-желтые угловатые обломки.

Эпидот — зеленовато-желтые, фисташково-зеленые полупрозрачные и непрозрачные, редко прозрачные зерна.

Моноклинные пироксены — бесформенные или слабо удлиненные зеленые или бледно-зеленые с желтоватым оттенком зерна. Обычно они чистые, прозрачные и слабо плеохроируют в зеленых тонах.

Ромбические пироксены — зелено-бурые удлиненные и призматические кристаллы.

Роговая обманка большей частью темно-зеленая и зеленовато-бурая, почти черная. Зерна удлиненной и призматической формы просвечивают в краях. Редко встречаются светлые буровато-зеленые и грязно-зеленые непрозрачные и полупрозрачные роговые обманки волокнистого строения с жирным блеском и шелковистым отливом.

Только в двух образцах они составляют основную массу тяжелых фракций.

Апатит — наиболее часто наблюдаются обломки призматических кристаллов и целые бесцветные и молочно-белые, реже светло-серые и темно-серые, бледно-розовые и розовые с оранжевым оттенком полуокатанные и хорошо окатанные кристаллы.

Лейкоксен — светло-коричневый, светло-серый и серый, таблитчатый, полуокатанный и угловато-окатанный с гладкой полированной поверхностью.

Периклаз — желтовато- или красновато-коричневые зерна неправильной формы со стекляннм блеском, совершенной спайностью, прозрачные или непрозрачные — агрегатного сложения. В иммерсионном препарате — почти черные, просвечивают с линзой Лазо желтовато-коричневым цветом, изотропны.

Для отложений Ильпинского полуострова характерны в основном триоктаэдрические глинистые минералы [59, 109, 110] (рис. 16). Они представлены монтмориллонитом, хлоритом, различной степени упорядоченности смешаннослойными минералами хлорит-монтмориллонитового состава, а также диоктаэдрической гидрослюдай политипа 1M. В распреде-

лении триоктаэдрических глинистых минералов по вертикали наблюдается определенная зональность. Монтмориллонит характерен для верхних горизонтов толщи, смешаннослойные образования и дефектный хлорит — для средних, а стабильный хлорит — для ее основания. Формирование монтмориллонита связано с разложением вулканических стекол. Расшифровка генезиса других глинистых минералов достаточно сложна и неоднозначна. Можно предположить, что формирование смешаннослойных минералов хлорит-монтмориллонитового состава, а также хлоритов связано со стадийными переходами триоктаэдрического монтмориллонита при эпигенезе.

Песчаники Кроноцкого полуострова в татьянинской свите [25] обычно состоят из плагиоклаза (40–60%), обломков горных пород (20–30%), кварца (10–15%), вулканического стекла, темноцветных и рудных минералов (5–10%). Реже они туфогенные, состоящие из обломков пород (40–60%), плагиоклазов (20–30%), кварца (15%), вулканического стекла, темноцветных и рудных минералов (до 15%). По другим данным, их состав несколько иной [40]: они сложены главным образом обломками эффузивных пород, андезитов, реже дацитов (30–45%), в том числе вулканического стекла (10–30%), осадочных глинистых, алевролитовых (15–10%) и кремнистых пород (3–4%). Плагиоклазы чаще всего средние, а в верхней части разреза встречаются и кислые.

Одно из наиболее существенных свойств песчаников — высокое (нередко до 20–30%) содержание обломков вулканического стекла. Учитывая свежий облик плагиоклазов и остроугольность обломков стекла, следует считать, что по крайней мере часть их, а также наиболее свежие обломки эффузивных пород имеют пирокластическое происхождение. Очевидно, с повышенным содержанием пирокластического материала связано широкое развитие цеолитов в породах татьянинской свиты, тогда как другие вторичные изменения проявлены здесь заметно слабее.

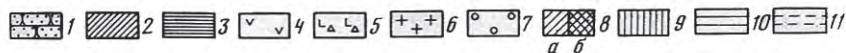
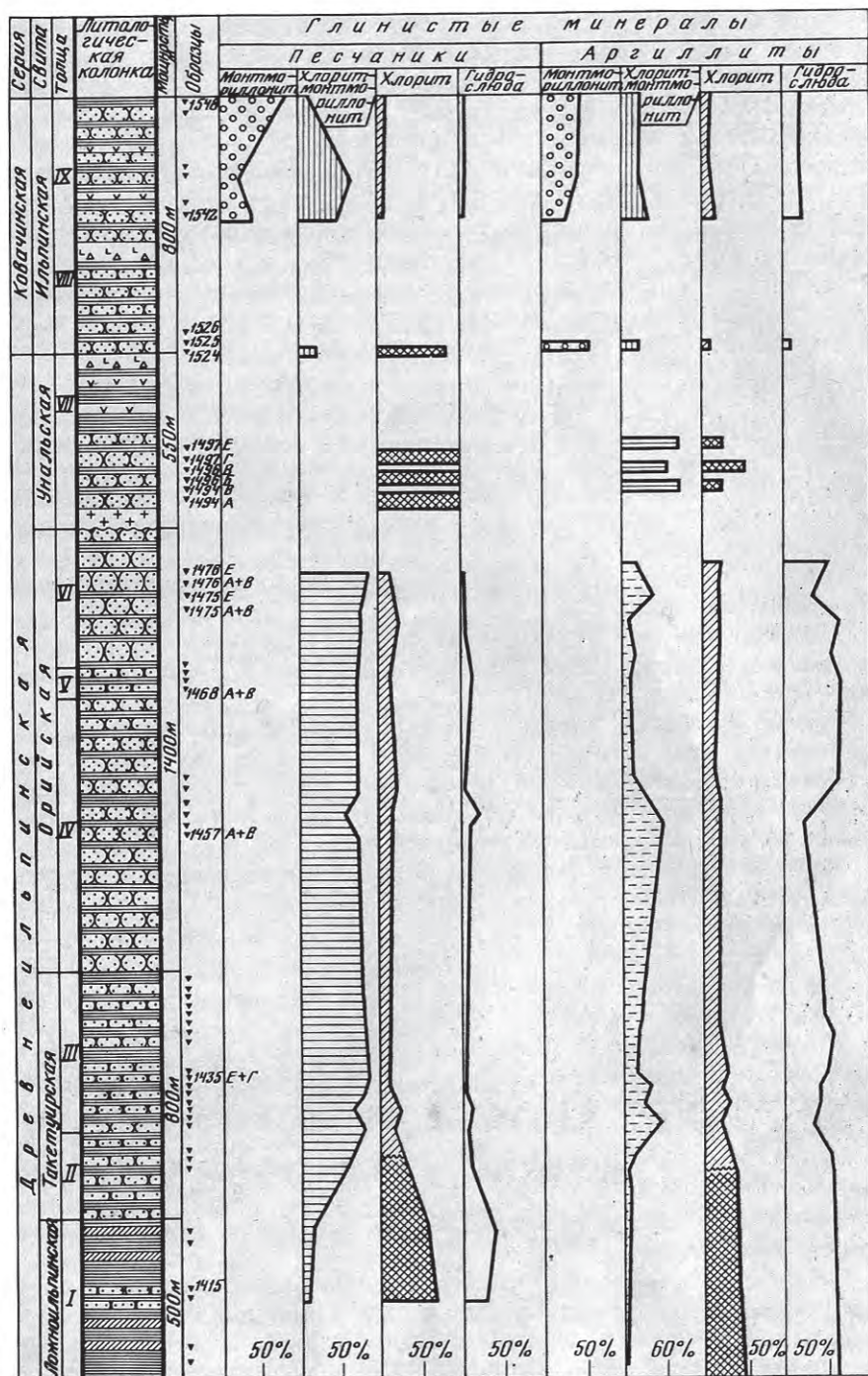
Органическое вещество представлено углефицированными детритом размером 1–2 до 5 см и мелким, пылевидным веществом.

Тюшевские песчаники по составу не отличаются от татьянинских [40, 55]. Они сложены зернами осадочных пород, андезитов и пемзы (20–60%), плагиоклазами (25–40%), кварцем (10–30%), а также темноцветными минералами — пироксеном, биотитом, мусковитом и роговой обманкой. В целом песчаники Кроноцкого полуострова относятся к грауваккам, частично выходя в смежные с ними группы (см. рис. 10).

Аргиллиты [25], как правило, содержат от нескольких процентов до 40–50% микроорганизмов, преимущественно диатомовых водорослей и реже фораминифер. Встречаются и диатомиты, заключающие до 60–70% остатков диатомей. Диатомеи в незначительных количествах присутствуют и в пепловых туфах.

Рис. 16. Распределение глинистых минералов в породах Ильпинского полуострова (Камчатка) [109]

1 — песчаники; 2 — алевролиты; 3 — алевро-аргиллиты; 4 — туфы; 5 — туфобрекчин; 6 — интрузивные породы; 7 — монтмориллонит; 8 — хлорит: а — дефектный, б — стабильный; 9 — смешаннослойный минерал хлорит монтмориллонитового состава, неупорядоченный; 10 — корренситоподобный минерал; 11 — смешаннослойный минерал хлорит монтмориллонитового состава с тенденцией к упорядоченности



Тяжелая фракция кроноцких песчаников в целом характеризуется довольно разнообразным комплексом фемических малоустойчивых минералов (см. рис. 11). Во всех образцах отмечен магнетит, составляющий обычно большую часть (иногда до 100%) магнитной фракции. Немагнитная фракция состоит из моноклинного пироксена (до 100%), ромбического пироксена (до 16%), амфиболов (до 62%), эпидота (до 76%), ильменита (до 78%), граната (редко до 38%). В небольших количествах — единичные кристаллы или изредка до 1% — встречаются хромит, рутил, циркон, турмалин, апатит, лейкоксен, в редких образцах — анатаз, сфен, периклаз.

Магнетит — в основном свежие обломки неправильной формы с блестящей поверхностью, реже тусклые, матовые. Есть и октаэдрические кристаллы. На некоторых гранях развита штриховка. Редко встречаются окисленные разновидности.

Хромит — черные октаэдрические кристаллы с блестящей поверхностью, иногда с окатанными гранями.

Рутил — ярко-красные, темно-красные, почти черные призматические кристаллы или удлиненные угловато-окатанные зерна с овальным блеском. В одном образце найден кристалл в виде коленчатого двойника. Нередко рутил лейкоксенизирован.

Анатаз — синие неравномерно окрашенные остроидипирамидальные кристаллы или обломки.

Ильменит — черные таблитчатые кристаллы с гладкой блестящей поверхностью или их неправильные слабо окатанные обломки. Характерна частичная лейкоксенизация зерен.

Гранат — розовый, бледно и грязно-розовый, розовато-оранжевый и оранжевый. Кристаллы додекаэдрические, округлые, со сглаженными краями и угловато-окатанные, изредка удлиненные обломки. В грязно-розовых гранатах — углистые включения. Все три разновидности гранатов имеют показатель преломления несколько выше 1,780.

Циркон — чаще всего бесцветный, розовый или бледно-розовый, редко винно-желтый. Призматические кристаллы "гацинтового" типа, коротко- или тонкопризматические, уплощенные по призме 010, со сглаженными гранями. Редкие зерна округлые. Коэффициент удлиненности кристаллов 1,5–2. Довольно часты темные включения.

Сфен — отмечен только в двух образцах.

Эпидот — прочзрачные фисташково-зеленые, желтовато-зеленые полупрозрачные и белесые полупрозрачные и непрозрачные неправильные обломки. Разности, пропитанные гидроокислами железа, светло-бурые, часто прозрачные.

Ортит — бурый обломок с отчетливыми плеохроизмом в одном образце.

Турмалин — свежие бутылочно-зеленые или бурые короткопризматические кристаллы.

Моноклинный пироксен — травяно- и светло-зеленый, зеленый прозрачный слабо плеохроирующий, обычно в виде удлиненных обломков призматических кристаллов, нередко с пикообразными ограничениями или короткопризматических. Некоторые грани корродированы и покрыты зеленовато-бурыми вторичными минералами, а иногда содержат темные включения.

Ромбический пироксен — светло-зеленый с плеохроизмом от желтовато-коричневато-зеленого и бурого, зеленый, прозрачный. Кристаллы шестоватые, призматические или длиннопризматические, иногда с пикообразными ограничениями. Некоторые кристаллы содержат включения рудного минерала.

Роговая обманка двух разновидностей: 1) чаще зеленая различных оттенков и интенсивности окраски, травяно-бутылочно-зеленая до зеленовато-черной и 2) реже бурая и коричневато- или красновато-бурая. Представлена удлиненными призматическими кристаллами, реже короткопризматическими или короткостолбчатыми, иногда хорошо сохранившимися или слабо окатанными. Изредка встречаются полисинтетические двойники. В короткопризматических кристаллах встречаются темные включения. Вторичные изменения выражены в обесцвечивании и образовании бурых примазок на плоскостях кристаллов. Коричневато- или красновато-бурая окраска встречается редко. Обломки призматические, короткостолбчатые. Редко встречаются хорошо образованные неокатанные или слабоокатанные кристаллы.

Апатит — обычно бесцветный, прозрачный или молочно-белый, реже оранжевый с перламутровым блеском и темно-серый. Представлен в основном призматическими кристаллами со сглаженными гранями (конечные грани сохраняются редко) или их обломками. Некоторые кристаллы со следами растворения, грани их корродированные, тусклые.

Лейкоксен — грязно-серые и серые бесформенные угловатоокатанные, иногда округлые и лепешковидные зерна с шероховатой, ямчатой, реже глянцевой, "лакированной" поверхностью.

Периклаз — желтовато- или красновато-коричневые прозрачные зерна неправильной формы со стеклянным блеском или непрозрачные агрегатного сложения.

Глинистые минералы [109, 110] в основном представлены монтмориллонитом, а также диоктаэдрической гидрослюда и хлоритом (рис. 17). Указанный комплекс минералов относительно однообразно распределяется по всему изученному разрезу. Среди диоктаэдрических монтмориллонитов выделяются собственно монтмориллониты и бейделлиты. Возникновение этих минералов связано с разложением витрических компонентов породы, по-видимому, в стадии диагенеза. Гидрослюда, как правило, плохо окристаллизованная, представлена только политипом 1М. Хлориты триоктаэдрические, а в некоторых случаях дефектные. Генезис гидрослюда и хлорита неясен. Возможно, они унаследованы с суши, питавшей бассейн.

Сравнение минералогического состава тяжелых фракций песчаников Сихотэ-Алиня и Камчатки, а также Ильпинского и Кроноцкого полуостровов друг с другом показывает, что они достаточно сильно различаются (см. рис. 11).

Магнетит — характерный минерал песчаников Кроноцкого полуострова, где он составляет полностью магнитную фракцию в 9 из 24 проанализированных образцов. Его количество не опускается ниже 43% фракции, за исключением двух образцов, где они присутствуют в виде следов. В среднем же в этих отложениях магнетит составляет 73% магнитной фракции. Этот минерал по всему разрезу пахачинской и корфской свит Иль-

пинского полуострова встречается в количестве до 30%. В песчаниках остальных разрезов он вовсе отсутствует либо обнаружен в виде единичных знаков.

Хромит развит в камчатских породах очень равномерно от следов до 1%, в единичных случаях больше, достигая 4%. На Сихотэ-Алине же он отсутствует или встречается в виде единичных знаков, но в двух образцах его количество превышает 20%.

Рутил в сихотэ-алинских песчаниках присутствует в количествах от 2 до 47%, в среднем 12%. Исключение составляет вторая толща песчаного флиша, где обнаружены только единичные его кристаллы. В обоих же камчатских разрезах он не превышает 0,5% или вовсе отсутствует.

Ильменит наиболее типичен для кроноцких песчаников Камчатки — 2–73%, в среднем 15%. На Ильпинском полуострове его не более 2% во флишевой формации, а в молассе он присутствует во всех образцах от нескольких до 70%. На Сихотэ-Алине он распространен по разрезу крайне неравномерно, достигая в единичных случаях 15–40%, обычно же отсутствует или не превышает первых процентов.

Гранат наиболее характерен для кроноцкого разреза, где он встречен в виде слоев или до 31%, а в среднем 2–7%. На Ильпинском полуострове это преимущественно знаки во флишевой формации, но изредка он достигает и здесь 15–20%. На Сихотэ-Алине он развит в основном в толще песчано-глинистого и глубокластического флиша до 30%. В остальной части разреза он отсутствует или составляет единичные знаки.

Циркон является ведущим минералом сихотэ-алинского разреза, где его содержания сильно колеблются, от 14 до 90% тяжелой фракции, составляя в среднем, около 47%. На Камчатке его содержания резко понижаются и составляют на Ильпинском полуострове в основном единичные знаки, и только в самом основании и в верху разреза (I и VII толщи) его содержание повышается от 3 до 13%. На Кроноцком полуострове циркон обнаружен в виде знаков и до 70%, но преимущественно эти содержания ниже 1%. Здесь он наиболее характерен для чажминской свиты, где циркона в трех образцах более 2%.

Сфен в большинстве образцов всех разрезов отсутствует, в единичных случаях представлен отдельными кристаллами и только в одном случае в основании сихотэ-алинского разреза достигает 3%.

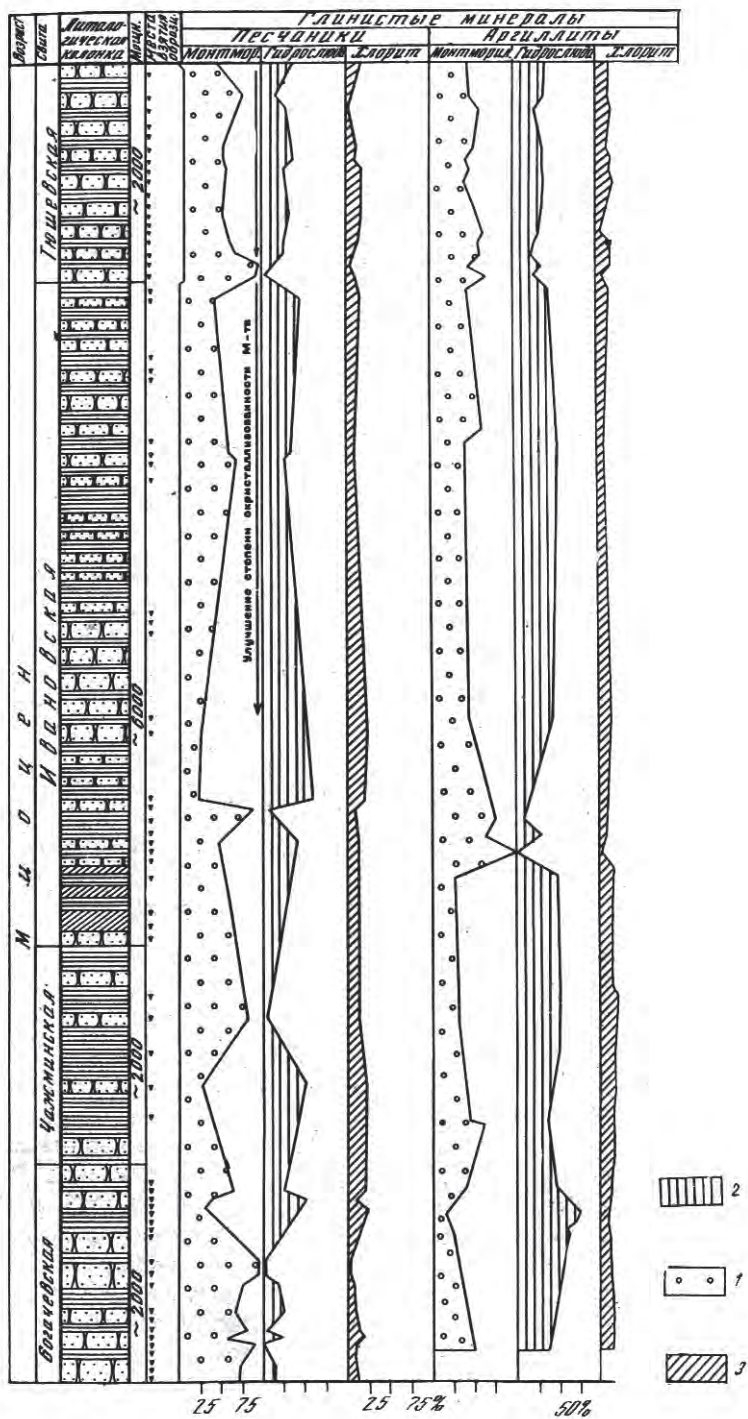
Эпидот — минерал, общий для всех разрезов, и составляет на Кроноцком полуострове от следов до 35%, в среднем 8%, на Ильпинском — от следов до 89%, в среднем 22%, на Сихотэ-Алине — от следов до 17%, в среднем 4,5%. Таким образом, наиболее богат эпидотом Ильпинский полуостров.

Ортит встречается везде исключительно редко и только в виде следов.

Турмалин, так же как и циркон, — минерал, типичный для Сихотэ-Алиня. В большинстве толщ нижнемеловой флишевой формации он составляет от 4 до 25%, в среднем 11,5%, и только во второй толще песчаного флиша присутствуют лишь единичные знаки. На Ильпинском и Кроноц-

Рис. 17. Распределение глинистых минералов в породах Кроноцкого полуострова (Камчатка) [109]

1 — монтмориллонит; 2 — гидрослюда; 3 — хлорит



ком полуостровах турмалин либо отсутствует, либо содержится в количествах, не превышающих в единичных случаях 1–2%, но большей частью его не более 1%.

Моноклинный пироксен — наиболее характерный минерал камчатских песчаников. На Кроноцком полуострове он отсутствует только в одном образце чажминской свиты, где в среднем по свите его 3–6%. В остальных толщах он составляет от 21 до 90%, в среднем 56%. На Ильпинском полуострове — от следов до 97%, в среднем 55%. В сихотэ-алинских породах он встречается не во всех образцах от следов до 24%, в среднем 2,5%.

Ромбический пироксен обнаружен только в Кроноцких песчаниках от следов до 12%, в среднем 3%. Исключение представляет опять-таки чажминская свита, лишенная этого минерала. Почти отсутствует он и в остальных разрезах Камчатки, кроме корфской свиты и Сихотэ-Алиня, где он отмечен в редких образцах в виде знаков.

Роговая обманка, так же как и пироксен, — минерал, характерный для камчатских разрезов. В кроноцких песчаниках она составляет от 3 до 47% при среднем значении 14%. В ильпинских песчаниках роговая обманка содержится в небольших количествах, но довольно равномерно: в нижних трех толщах — 3–6%, а также в VI и VII толщах. В остальных частях этого разреза и на Сихотэ-Алине она отсутствует или составляет не более 1%.

Апатит обнаружен во всех разрезах. Можно заметить, что на Кроноцком полуострове его содержания невелики — от следов до 6%, в среднем 1,5%, на Ильпинском полуострове его примерно столько же, но максимальные содержания достигают 32%. На Сихотэ-Алине он распространен неравномерно, составляя от следов до 20%, в среднем 4,5%.

Лейкоксен встречается на Камчатке только в кроноцком разрезе, где он достигает 4% при среднем содержании 0,8%. На Ильпинском полуострове он отсутствует во флишевой формации, но встречается в небольших количествах в молассе, а на Сихотэ-Алине распределяется неравномерно — от следов до 24%, в среднем 6%.

Муассанит обнаружен только в двух образцах сихотэ-алинских песчаников — менее 0,5 и 3%.

Периклаз практически развит только во флишевой формации Ильпинского полуострова.

Состав породообразующей части песчаников Сихотэ-Алиня и Камчатки, а также содержащиеся в них комплексы тяжелых и тонкодисперсных минералов позволяют подтвердить сделанный ранее вывод [55, 59], что одна группа пород — сихотэ-алинские аркозы — образована за счет разрушения сиалической зрелой континентальной коры, сложенной гранитно-метаморфическими и осадочными породами, а другая — камчатские граувакки — возникла в результате разрушения близрасположенных островодужных существенно вулканических построек среднего и основного состава.

Определенное сходство по минералого-петрографическому составу прослеживается между сихотэ-алинскими аркозами и песчаниками верхне-меловой группы Идзуми, расположенной внутри Японских островов, к западу от Медианной линии, а также между восточнокамчатскими граувакками и песчаниками меловых третичных отложений супергруппы Симанто в одноименной тектонической зоне приокеанической внешней части Японии, к юго-востоку от Медианной линии [128, 129].

Песчаники Симанто по сравнению с одновозрастными песчаниками Идзуми бедны кварцем и обломками пород, богаты полевыми шпатами и характеризуются низким отношением калиевых разностей к сумме всех полевых шпатов. Некоторые песчаники Симанто как в верхнем, так и в нижнем мелу лишены калиевых полевых шпатов вообще, а более молодые, кайнозойские, содержат больше кварца, чем меловые.

Большая часть источников сноса для песчаников Симанто, так же как и для граувакк Камчатки, состояла из вулcano-плутонических комплексов позднепалеозойско-раннетретичного возраста, расположенных во внутренней зоне Юго-Западной Японии. Осадочные и метаморфические породы имели меньшее значение, хотя в третичное время они становятся более значительными по сравнению с мелом. У. Тераока [129] пришел к заключению, что осадки геосинклинали Симанто лишены пелагического компонента и что они образовались, по-видимому, в бассейне типа островодужного трога (arc trench). Группа Идзуми накопилась во внутриконтинентальном бассейне за очень короткое геологическое время за счет разрушения сиалического субстрата и представлена преимущественно аркозовым материалом.

ПЕТРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Валовый химический состав песчаных и глинистых пород Сихотэ-Алиня и Камчатки подчеркивает целый ряд их особенностей и подтверждает правомерность выделения двух комплексов — аркозового и грауваккового.

Изучение валового химического состава при сравнении обломочных пород, находящихся на различных стадиях вторичных преобразований, важно потому, что, несмотря на изменения минерального состава, иногда довольно сильные, обусловленные разрушением одних и новообразованием других компонентов, валовый химический состав не испытывает существенных изменений (за исключением гидротермально измененных и метаморфических пород, в которые привносились или из которых выносились те или иные элементы).

По абсолютным средним содержаниям главных окислов аркозовые песчаники Сихотэ-Алиня по сравнению с камчатскими, граувакковыми, характеризуются повышенными значениями SiO_2 (1,17), FeO (1,21), MnO (1,50) и K_2O (1,37) и резко пониженными TiO_2 (0,61), Al_2O_3 (0,3), Fe_2O_3 (0,78), MgO (0,47), CaO (0,47) и Na_2O (0,74) (табл. 1–7, рис. 18).

По сравнению с магматическими породами сихотэалинские песчаники наиболее близки к граниту (рис. 19), отличаясь от него меньшими содержаниями Al_2O_3 , Fe_2O_3 , особенно Na_2O и K_2O , и большими — TiO_2 , MnO , MgO и особенно FeO . Кроме того, они обнаруживают сходство с аркозами и субаркозами Ф. Петтиджона [70], а также с кластическими компонентами миогеосинклиналей и миогеосинклинальными песчаниками Большого Кавказа [80, 81].

Состав камчатских граувакк (табл. 4–7) близок к андезиту (рис. 19, Б). При этом Ильпинские песчаники содержат больше MgO и обеднены Na_2O , K_2O , TiO_2 и MgO , а в кроноцких все окислы, кроме SiO_2 , содержатся в несколько меньших количествах, чем среднее для андезита. Кроноцкие песчаники занимают промежуточное положение между сихотэ-алинскими

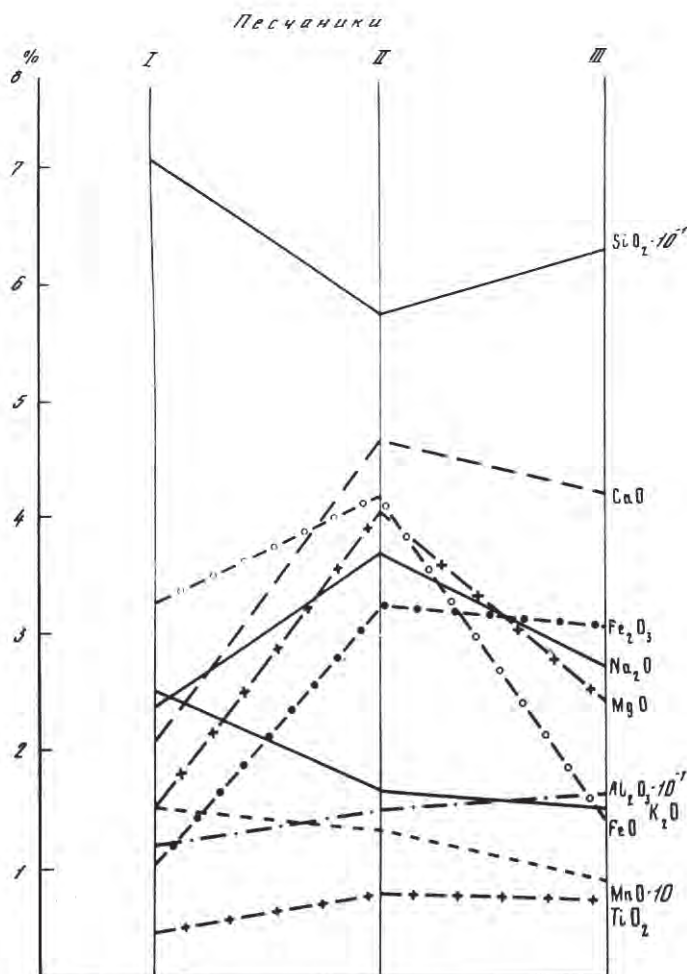


Рис. 18. Сравнение химического состава песчаников

I — Сихотэ-Алинь, Камчатка; II — Ильинский полуостров; III — Кроноцкий полуостров

и ильинскими. Они отличаются от последних повышенным содержанием SiO_2 и меньшим значением отношения $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO} / \text{Al}_2\text{O}_3$, что связано с большими концентрациями кварца, а также с присутствием обломков эффузивных пород более кислого состава.

Граувакки Ильинского полуострова хорошо сопоставляются с песчаниками балдвинской формации Австралии [112] и с граувакками, по Ф.Петтиджону [70], а также с песчаниками францисканской формации Северной Америки [112], отличаясь от последних в основном содержанием SiO_2 . Повышенная концентрация SiO_2 в граувакках францисканской формации, по данным Ф.Петтиджона [70, 112], связана, вероятно, с включением в расчеты граувакк, богатых SiO_2 . Например, к грауваккам отнесены литокластические песчаники, содержащие в среднем 68,43% кремнекисло-

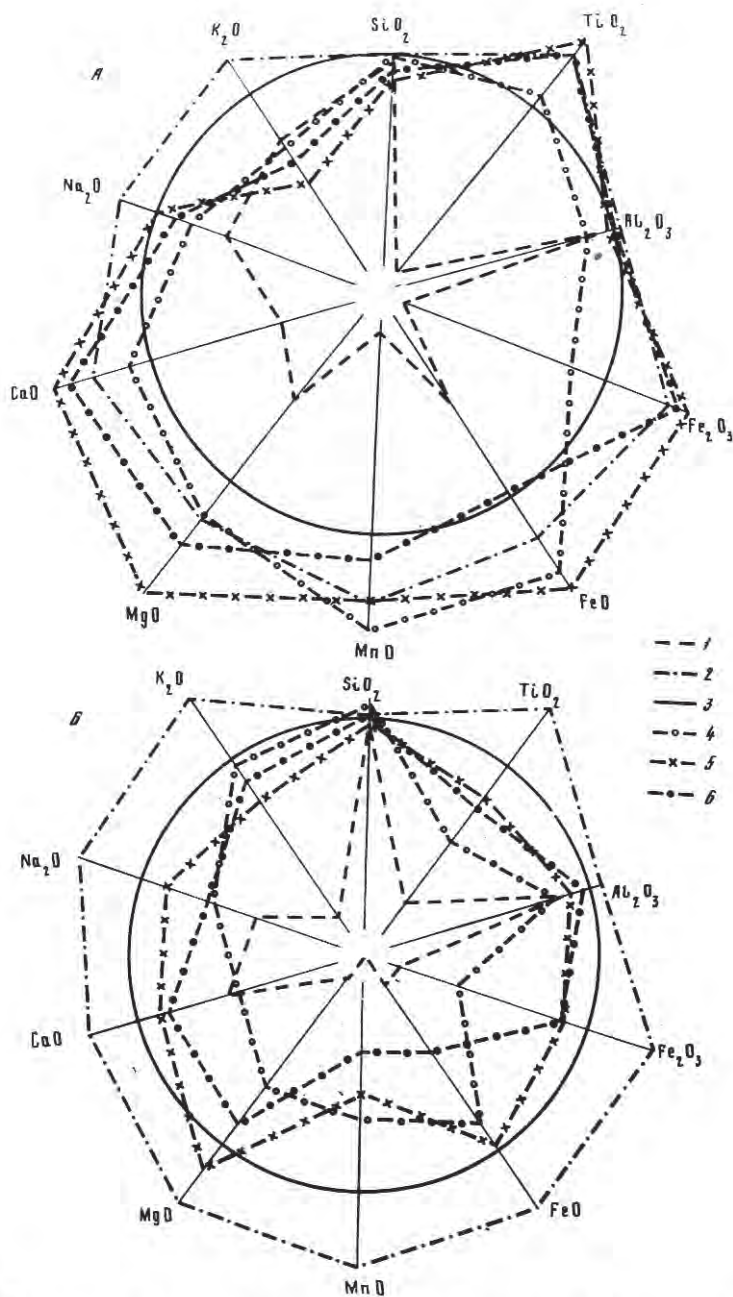


Рис. 19. Диаграммы химического состава песчаников по сравнению с гранитом (А) и андезитом (Б)

Содержание окислов. Для гранита и андезита [48]: 1 — минимальные; 2 — максимальные; 3 — средние (окружность), взятые за 1. Для песчаников: 4 — Сихотэ-Алинь; 5—6 — Камчатка: 5 — Ильинский полуостров; 6 — Кроноцкий полуостров. Масштаб по радиусу логарифмический

Таблица 1

Химический состав пород западной части Главного синклинория Сихотэ-Алиня, вес, %

Типы пород	Номер пробы	Количество образцов в пробе	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Таухинская свита						
П. из пачек переслаивания	2	3	68,64	0,60	13,78	2,18
	20	3	67,28	0,27	11,40	1,89
А. из пачек переслаивания	3	3	60,36	0,65	18,02	2,55
	21	3	64,68	0,51	14,83	3,61
	22	3	68,10	0,40	14,58	1,42
А. из мощных пластов	1	10	63,22	0,82	16,96	5,09
	14	6	64,00	0,72	15,74	2,26
Уктурская свита						
Флишеидная толща						
П.	6	8	73,06	0,40	11,40	1,32
	16	2	74,06	0,43	12,46	3,23
А.	7	5	63,50	0,59	16,70	1,53
	15	3	64,42	0,82	16,17	4,67
Толща песчаников						
П.	5	12	74,86	0,34	11,66	1,15
	18	4	71,36	0,41	12,99	1,16
Лужинская свита						
П.	9	7	72,56	0,50	12,89	4,06
	12	8	81,22	0,09	7,69	0,64

Примечание: П. — песчаники, А. — алевро-аргиллиты. Здесь и в последующих таблицах анализы выполнены в лаборатории спектрохимических методов ДВГИ.

ты. Тем не менее общим для них является достаточная близость коэффициентов K_2O/Na_2O , $K_2O + Na_2O/Al_2O_3$, $Fe_2O_3 + FeO + MgO/Al_2O_3$.

Поскольку абсолютные валовые содержания отражают состав не только обломочного материала песчаников, но и их цемента, частично постседиментационного, более объективные выводы при сравнении химического состава пород с палеогеографическими целями можно делать, рассматривая некоторые наиболее информативные отношения окислов и (или) их сумм. Более того, при суждениях о химизме обломочной части, очевидно, нужно отдавать предпочтение именно таким отношениям или коэффициентам [123] (табл. 8—10).

Отношение K_2O/Na_2O в сихотэ-алинских аркозовых песчаниках колеблется от 0,43 до 2,17, составляя в среднем 1,05 (рис. 20). Причем оно немного ниже в большей части песчаников западной части синклинория, а самое низкое его значение (0,43) получено в песчано-глинистом флише Восточного Сихотэ-Алиня, где песчаники, судя по некоторым особенностям их минерального состава, испытали влияние вулканических процессов.

FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ППП	Сумма
Таухинская свита							
3,21	0,09	1,24	2,16	3,24	2,42	2,21	99,77
1,70	0,31	1,71	4,47	3,16	2,28	5,42	99,89
3,97	0,12	2,11	0,84	3,20	3,90	5,27	100,39
2,84	0,06	1,91	1,27	2,37	2,88	5,68	99,78
2,84	0,06	1,51	0,98	1,83	3,09	5,90	99,73
1,32	0,15	2,17	0,72	2,03	3,09	4,76	100,33
3,78	0,09	1,54	1,10	2,43	2,95	4,98	99,59
Уктурская свита							
Флишондная толща							
4,91	0,06	0,52	1,15	3,11	2,69	1,30	99,92
1,89	0,05	0,62	0,43	3,24	1,61	2,20	100,22
4,35	0,07	2,31	1,12	2,23	3,90	3,49	99,79
1,70	0,10	1,54	0,86	2,43	3,02	3,71	99,44
Толща песчаников							
3,40	0,05	0,31	1,15	3,24	3,02	0,64	99,86
2,65	0,08	0,72	1,44	3,11	2,95	2,81	99,68
Лужкинская свита							
1,32	0,03	0,41	0,86	2,43	3,02	2,34	100,42
2,65	0,03	0,70	0,98	1,37	2,48	2,14	99,99

Сравнение химического состава большого количества древних и современных осадков из различных геоструктурных зон позволило К.Круку [118] выделить среди песчаников по содержанию кварца и SiO₂, а также по величине соотношения K₂O/Na₂O три группы: 1) бедные кварцем (кварца — 15%, SiO₂ — в среднем 58%, K₂O/Na₂O — меньше 1), происхождение которых связывается с разрушением магматических островных дуг; 2) промежуточные по кварцу (кварца — 15–65%, SiO₂ — 60–72%, K₂O/Na₂O — примерно равно 1), образованные за счет разрушения активных континентальных окраин андийского типа; 3) богатые кварцем (кварца — 65%, SiO₂ — 89%, K₂O/Na₂O — больше 1), являющиеся индикаторами континентальных окраин атлантического типа со спокойным тектоническим режимом. Сихотэ-алинские песчаники, в которых кварц содержится в количестве от 45 до 95%, в среднем 60–65%, SiO₂ — около 70%, а отношение K₂O/Na₂O в среднем составляет около 1, занимают в этой классификации положение, промежуточное между второй и третьей группами. Следовательно, разрушались верхние части земной коры, включая чехол

Таблица 2

Химический состав пород восточной части Главного синклинория Сихотэ-Алиня, вес. %

Типы пород	Номер пробы	Количество образцов в пробе	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Уктурская свита						
Первая толща песчаного флиша						
П.	1201	10	74,37	0,24	13,26	0,66
	1201	1	71,30	0,32	12,44	0,66
	1202	10	71,20	0,34	12,24	0,56
	1203	10	68,50	0,59	12,32	1,20
	1246	1	67,23	0,49	12,69	1,03
	1247	1	69,25	0,39	12,43	0,04
	1248	1	69,89	0,55	12,82	0,75
А.	1204	14	59,50	0,88	18,62	2,46
	1250	1	62,18	0,76	16,69	2,78
Вторая толща песчаникового флиша						
П.	1311	2	61,45	0,58	12,53	1,33
	1310	14	61,70	0,44	10,67	0,01
А.	68-1	6	58,3	0,72	15,90	0,95
	68-1	6	59,6	0,73	15,56	0,96
	1311a	1	61,85	0,76	18,24	0,64
	1311б	1	61,18	0,83	17,69	0,89
Толща песчано-глинистого флиша						
П.	T-1	5	74,00	0,18	8,87	0,99
	T-2	5	74,20	0,39	9,51	1,48
	T-3	5	64,90	0,55	11,64	0,40
	T-86	1	80,15	0,26	9,36	0,39
	T-88	1	67,37	0,68	14,38	3,71
А.	T-4	5	60,40	0,89	16,46	2,58
	T-5	5	56,00	0,94	19,60	3,15
	T-89	1	64,57	0,69	16,10	1,23
	T-90	1	57,87	0,090	19,75	2,51
Третья толща песчаного флиша						
П.	1343	1	70,78	0,34	11,30	0,47
Толща грубокластического флиша						
П.	8432п	10	64,5	0,72	14,52	0,65
	8432н	10	69,4	0,50	12,69	0,77
	8432о	8	70,00	0,46	11,36	0,28
	1331	1	72,87	0,50	12,54	0,17
	1313a	1	72,71	0,58	13,37	0,08
	1331б	1	65,77	0,99	17,66	0,09
	8432т	12	60,50	0,89	17,89	2,39
	8432	1	63,50	0,88	16,86	1,30

Примечание. П. — песчаники, А. — алевро-аргиллиты.

	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	цпп	Сумма
--	-----	-----	-----	-----	-------------------	------------------	-----	-------

Уктурская свита

Первая толща песчаного флиша

0,50	0,05	0,72	1,36	1,90	2,78	4,1	99,94
1,52	0,02	1,22	2,08	1,42	3,08	5,99	100,05
2,41	0,05	1,46	2,45	1,28	3,06	5,54	100,59
2,76	0,05	2,11	1,77	0,95	3,14	6,50	99,89
1,71	0,09	1,21	4,25	1,22	2,96	7,12	100,00
2,05	0,08	0,75	4,08	1,83	2,82	6,30	100,02
1,67	0,08	1,27	3,18	0,91	2,84	5,98	99,94
2,05	0,13	2,20	0,29	2,05	5,50	8,40	99,92
2,96	0,07	1,75	0,80	0,24	4,42	7,58	100,23

Вторая толща песчаного флиша

4,59	0,30	1,87	2,44	1,99	2,12	10,76	99,96
5,79	0,40	3,14	3,13	2,19	1,58	10,81	99,86
3,74	0,13	2,71	1,07	2,03	4,84	9,35	99,74
4,28	0,15	2,89	1,22	1,76	3,67	9,14	99,98
3,11	0,09	1,70	0,48	1,63	4,04	7,56	100,10
3,49	0,11	1,76	0,69	1,90	3,99	7,62	100,15

Толща песчано-глинистого флиша

3,40	0,07	1,45	3,70	2,25	1,40	3,52	99,74
2,69	0,11	1,47	2,81	2,31	1,40	3,34	99,74
5,52	0,03	2,38	1,58	6,63	1,67	4,56	99,87
4,17	0,09	0,68	0,52	1,64	1,31	1,82	100,38
2,43	0,08	1,35	1,35	1,94	2,12	4,54	100,04
3,53	0,05	2,76	1,15	2,02	3,74	6,42	100,01
2,50	0,07	2,81	0,73	1,25	5,13	7,84	100,03
4,09	0,07	2,07	1,00	1,67	3,18	5,48	100,16
3,64	0,09	2,53	0,63	1,16	4,52	6,42	100,02

Третья толща песчаного флиша

4,26	0,07	1,32	2,44	1,63	2,19	4,70	99,80
------	------	------	------	------	------	------	-------

Толща грубокластического флиша

4,45	0,08	2,59	2,00	2,19	3,16	5,14	99,93
3,12	0,83	2,13	2,04	2,35	2,68	4,15	100,66
3,39	0,05	1,63	3,20	2,77	2,01	4,69	99,85
3,56	0,10	1,54	1,46	2,30	2,36	3,00	100,37
3,90	0,07	1,36	1,14	2,10	2,54	2,58	100,43
2,73	0,05	1,97	0,35	1,37	4,20	3,90	99,89
3,47	0,16	2,45	0,46	1,15	4,97	5,86	100,22
3,56	0,05	2,61	1,55	0,69	4,06	4,80	99,80

Т а б л и ц а 3

Средний химический состав пород Главного синклинория Сихотэ-Алиня, (вес. %)

Типы пород	Количество образцов	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO
1	2	4	5	6	7	8
Западная часть						
Аспидная формация, таухинская свита						
П.	6	67,96	0,43	12,59	2,03	2,45
А.	25	63,94	0,65	16,15	3,27	2,42
Флишоидная формация; уктурская свита						
Флишоидная толща						
П.	10	73,26	0,41	11,61	1,70	4,30
А.	8	63,84	0,67	16,50	2,71	3,35
Толща песчаников						
П.	24	73,98	0,36	11,99	1,15	3,27
А.	8*	63,84	0,67	16,50	2,71	3,35
Вторая толща песчаного флиша						
П.	16	61,67	0,46	10,90	0,17	5,64
А.	14	99,31	0,73	16,04	0,92	3,90
Толща песчано-глинистого флиша						
П.	17	71,35	0,38	10,22	1,08	3,80
А.	12	58,70	0,89	18,01	2,70	3,16
Третья толща песчаного флиша						
П.	1	70,78	0,34	11,30	0,47	4,26
А.	12**	58,70	0,89	18,01	2,70	3,16
Толща грубокластического флиша						
П.	30	68,15	0,56	12,94	0,55	3,68
А.	14	61,09	0,90	17,80	2,20	3,42
Флишоидная формация в целом						
П.	34	73,76	0,37	11,87	1,31	3,57
А.	8	63,84	0,67	16,50	2,71	3,35
Молассовая формация, лужинская свита						
П.	15	77,17	0,28	10,11	2,23	2,02
А.	8*	63,84	0,67	16,50	2,71	3,35
Западная часть в целом						
П.	47	74,08	0,35	11,38	1,73	2,97
А.	33	63,91	0,65	16,23	3,13	2,87

* Условно приняты данные по флишоидной толще.

** То же, по толще песчано-глинистого флиша

	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ППП	Сумма
	9	10	11	12	13	14	15

Западная часть

Аспидная формация, таухинская свита

0,20	1,47	3,31	3,20	2,35	3,81	99,80
0,10	1,73	0,94	2,32	3,16	4,83	99,81

Флишонидная формация, уктурская свита

Флишонидная толща

0,05	0,54	1,00	3,13	2,47	1,47	99,94
0,08	2,02	1,02	2,30	3,57	3,57	99,63

Толща песчаников

0,06	0,41	1,22	3,20	3,00	1,21	99,85
0,08	2,02	1,02	2,30	3,57	3,57	99,63

Вторая толща песчаного флиша

0,38	2,98	3,04	2,16	1,64	10,80	99,84
0,13	2,64	1,06	1,88	4,22	9,00	99,83

Толща песчано-глинистого флиша

0,07	1,68	2,80	3,50	1,52	3,73	100,13
0,06	2,70	0,92	1,60	4,33	6,95	100,00

Третья толща песчаного флиша

0,07	1,32	2,44	1,63	2,19	4,70	99,80
0,06	2,70	0,92	1,60	4,33	6,93	100,00

Толща грубокластического флиша

0,32	2,10	2,28	2,40	2,65	4,53	100,16
0,14	2,43	0,53	1,13	4,85	5,64	100,13

Флишонидная формация в целом

0,06	0,44	1,15	3,18	2,84	1,28	99,33
0,08	2,02	1,02	2,30	3,57	3,57	99,63

Молассовая формация, лужинская свита

0,03	0,56	0,92	1,86	2,73	2,22	100,13
0,08	2,02	1,02	2,30	3,57	3,57	99,63

Западная часть в целом

0,06	0,62	1,34	2,76	2,72	1,92	99,93
0,09	1,80	0,96	2,32	3,25	4,52	99,73

Таблица 3 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7
Восточная часть						
Флишевая формация, уктурская свита						
Первая толща песчаного флиша						
П.	34	71,12	0,39	12,60	0,78	1,87
А.	15	59,67	0,87	18,49	2,48	0,19
Флишевая формация и восточная часть в целом						
П.	98	68,70	0,45	12,00	0,66	3,40
А.	56	59,71	0,86	17,60	2,07	2,12
Главный синклинорий в целом						
П.	145	70,44	0,42	11,80	1,01	3,26
А.	89	61,26	0,78	17,09	2,46	2,40
Примечание. П. — песчаники, А. — алевро-аргиллиты.						

древних платформ. Такое предположение хорошо согласуется с выводом о сложном строении источников сноса, на что указывает минеральный состав песчаников.

Однако в нашем случае из источников сноса следует исключить "чехол древних платформ", так как окатанность зерен песчаников никогда не достигает того совершенства, которое характеризует платформенные осадки [119], а их минеральный состав, как будет видно в дальнейшем, недостаточно "зрелый". М.Р.Батиа [116] также относит песчаники со значением отношения K_2O/Na_2O , близким к единице, к продуктам разрушения активных континентальных окраин, основываясь при этом на изучении палеозойских гурбидитов Восточной Австралии.

Камчатские граувакки характеризуются отношением K_2O/Na_2O в основном меньшим единицы: 0,28–1,01, в среднем 0,44 на Ильпинском полуострове и 0,54–0,87, в среднем 0,76 на Кроноцком полуострове. По К.Круку, они относятся к грауваккам с промежуточным содержанием кварца, источниками питания для которых могли служить вулканические островные дуги или тектонически активные континентальные окраины.

Примерно также между океаническими и континентальными островными дугами с частичными отклонениями в сторону активных континентальных окраин оценивается возможный источник питания по значениям коэффициента, приведенным М.Р.Батиа [116].

Низкое отношение K_2O/Na_2O в граувакках связано с преобладанием натрового плагиоклаза над калиевыми полевыми шпатами и калиевыми слюдами. Этому в некоторых случаях способствует и высокое содержание монтмориллонита.

К.Миддлтон [123] отмечает, что эвгеосинклинальные песчаники отличаются от прочих значением отношения K_2O/Na_2O , меньшим единицы. Эту особенность он считает результатом размыва богатых натрием частично вулканических спилитовых (в нашем случае андезито-базальтовых) пород, сочетающегося с быстрой их эрозией и слабым химическим выветриванием

8	9	10	11	12	13	14
Восточная часть						
<i>Флишевая формация, укгурская свита</i>						
Первая толща песчаного флиша						
0,05	1,39	2,04	1,37	2,98	5,49	100,08
0,13	2,17	0,32	1,93	5,43	8,34	100,02
Флишевая формация и восточная часть в целом						
0,19	1,92	2,41	2,19	2,40	5,75	100,07
0,12	2,48	0,70	1,64	4,73	7,51	99,54
Главный синклиниорий в целом						
0,15	1,50	2,06	2,37	2,50	4,58	100,09
0,11	2,22	0,80	1,89	4,18	6,52	99,71

источников сноса. Ф.Петтиджон [70] также полагает, что содержание вулканического детрита сильнее, чем любой другой фактор, определяет такое соотношение щелочных металлов в граувакках.

Относительно большие содержания калия в песчаниках Сихотэ-Алиня и соответственно высокое значение коэффициента K_2O/Na_2O обусловлено в первую очередь большим количеством калиевых полевых шпатов — ортоклаза и микроклина, а также преобладанием среди слюд мусковита, а среди глинистых минералов — гидрослюды. На содержание калия в сихотэ-алинских аркозах несомненно влияло и обогащение этим элементом предполагаемого гранитно-метаморфического источника питания в целом. Поскольку калий — типичный литофильный элемент, концентрирующийся по мере эволюции земной коры во внешних оболочках литосферы [13], он наиболее характерен для древних участков континентальной коры и его количество заметно уменьшается в геосинклинальных областях, особенно с молодых. Как, например, показал Э.Н.Янов [114], в мезозойско-кайнозойских отложениях Русской платформы отношение K_2O/Na_2O значительно выше, чем в центральных частях соседствующей с ней Кавказской геосинклинали, а сумма щелочей, наоборот, ниже.

Перечисленные особенности хорошо иллюстрируются рис. 20, на котором сихотэ-алинские аркозы группируются по обе стороны линии с равными значениями калия и натрия, а камчатские граувакки, особенно ильпинские, расположены в нижнем поле, иногда очень далеко от средней линии.

Таким образом, высокое отношение K_2O/Na_2O в песчаниках Сихотэ-Алиня и низкое — в песчаниках Восточной Камчатки вполне удовлетворительно объясняются составом предполагаемых источников питания — сиалического, гранитно-осадочно-метаморфического в первом случае и фемического, андезито-базальтового — во втором.

Кроме того, обломочный материал камчатских граувакк, вероятно, транспортировался в бассейны седиментации относительно быстро, поскольку, как указывал Л.Б.Рухин [82], при этом условии содержание

Таблица 4

Химический состав пород Ильинского полуострова, вес. %

Типы пород	Номер пробы	Количество образцов в пробе	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
1	2	3	4	5	6	7
Ложноильинская свита						
Первая толща						
П.	1406	7	57,90	0,71	15,75	2,69
	1415	1	56,93	0,75	15,98	3,75
А.	1401	22	50,70	0,87	16,05	3,80
	1403	1	58,00	0,84	16,97	4,11
Такетунская свита						
Вторая толща						
П.	1432б	1	53,54	0,82	15,93	2,92
	1432в	1	54,50	0,79	18,27	1,74
	143д	1	57,74	0,62	15,59	2,18
А.	1432а	1	58,40	0,68	15,65	1,89
	1432г	1	59,54	0,65	15,24	2,13
Третья толща						
П.	1435г	8	61,9	0,61	14,01	3,15
	1435г	1	59,05	0,76	14,84	4,49
	1435д	8	57,50	0,65	14,25	4,03
	1435е	8	57,70	0,73	14,19	4,23
	1435е	1	59,28	0,74	15,13	2,42
А.	1435а	8	55,8	0,91	15,99	4,82
	1435а	1	58,17	0,85	16,79	2,75
	1435б	8	56,90	0,86	15,83	4,42
	1435в	8	55,60	0,83	15,39	4,44
	1435в	1	57,47	0,84	15,07	4,17
Орийская свита						
Четвертая толща						
П.	1457а	3	56,10	0,83	12,40	2,46
	1457б	3	56,80	0,63	12,97	7,24
	1457в	3	61,70	0,70	13,96	2,97
А.	1457г	3	54,60	0,89	15,61	3,72
	1457д	3	59,40	0,71	15,33	2,21
	1457е	3	57,30	0,91	15,26	3,77
Пятая толща						
П.	1468в	4	59,40	0,75	15,64	1,59
	1468а	1	55,82	0,75	13,86	3,22
	1468в	1	59,79	0,83	15,60	3,03
А.	1468г	6	59,50	0,81	15,22	2,43
	1468д	6	56,10	0,85	17,09	2,56
	1468е	6	58,70	0,80	15,08	1,89

	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ППП	Сумма
	8	9	10	11	12	13	14	15

Ложноильпинская свита

Первая толща

3,81	0,21	2,48	9,28	3,28	1,66	2,44	100,20
4,72	0,09	2,43	5,10	3,15	1,38	6,26	100,05
4,21	0,12	3,03	1,99	2,83	2,52	5,08	100,20
5,23	0,09	2,63	1,51	3,15	2,01	5,27	99,81

Такетуирская свита

Вторая толща

5,77	0,18	5,75	4,97	3,82	1,28	4,28	99,26
4,34	0,14	4,26	4,53	5,94	0,45	4,60	99,56
5,48	0,18	4,62	3,37	3,27	1,95	4,54	99,54
5,13	0,15	4,00	2,84	2,62	2,45	5,81	99,62
4,13	0,13	3,57	2,75	2,75	2,20	5,92	99,41

Третья толща

3,42	0,12	3,54	2,95	3,07	2,00	4,74	99,85
4,59	0,15	3,35	2,83	3,58	1,97	4,60	99,85
3,10	0,11	4,51	4,57	3,34	1,59	6,40	100,05
3,76	0,13	5,42	4,57	3,22	1,37	4,52	100,20
4,81	0,15	4,20	3,80	3,41	1,79	4,60	99,99
4,10	0,15	4,10	2,70	2,83	2,59	6,04	100,04
5,30	0,10	3,39	2,34	2,53	2,67	5,06	99,95
4,15	0,13	4,14	2,36	2,54	2,70	6,04	100,06
4,24	0,14	3,93	3,81	2,83	2,45	6,10	99,70
5,23	0,14	3,37	2,92	2,22	2,28	5,30	100,01

Орийская свита

Четвертая толща

5,35	0,09	5,86	6,74	2,86	1,54	5,98	100,21
0,74	0,09	5,70	5,66	3,41	1,91	4,83	99,98
3,03	0,08	3,61	3,85	3,64	1,79	4,70	100,03
4,99	0,11	4,73	2,86	2,31	2,74	7,37	99,90
4,46	0,08	3,10	2,62	2,31	2,68	7,00	99,90
4,54	0,10	3,61	2,12	2,09	2,80	7,48	99,90

Пятая толща

4,54	0,06	4,43	2,80	3,00	2,08	5,66	99,95
4,27	0,16	5,47	7,60	2,14	1,85	4,01	99,85
4,59	0,10	3,82	2,99	2,91	1,91	4,32	99,89
4,81	0,11	3,40	2,37	2,42	2,49	6,52	100,08
4,99	0,07	4,23	2,08	2,31	2,66	7,00	99,94
4,99	0,07	3,27	2,06	3,26	2,91	6,97	100,00

Таблица 4 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7
Пятая толща						
	1468г	1	61,64	0,81	15,67	2,24
	1468е	1	59,18	0,93	16,90	2,87
Шестая толща						
П.	1475а	4	57,80	0,78	13,26	1,89
	1475б	4	58,30	0,71	14,55	2,97
	1475в	4	58,80	0,74	14,40	2,17
	1475в	1	62,74	0,73	15,63	1,64
	1475а	1	61,96	0,83	15,49	1,47
А.	1475г	4	57,50	0,82	15,16	1,95
	1475д	4	56,20	0,96	15,54	2,58
	1475г	1	57,19	0,94	16,55	3,89
	1475е	1	60,58	0,85	17,07	1,29
Унальская свита						
Седьмая толща						
П.	1504	13	53,40	0,73	14,50	3,05
	1494а	5	59,70	0,76	14,29	1,40
	1494б	5	60,40	0,81	15,12	1,27
	1491	1	53,58	0,68	13,76	3,00
А.	1508	1	56,72	0,73	15,46	3,35
	1502	7	54,90	0,78	16,62	3,48
	1493	7	57,20	0,81	17,23	3,46
	1491б	1	57,02	0,79	15,27	2,23
Ильпинская свита, нижняя подсвита						
Восьмая — одиннадцатая толщи						
П.	1526	9	54,70	0,81	15,65	3,56
	1547	1	54,07	0,84	17,14	5,43
А.	1528	10	56,70	0,75	15,28	3,55
	1548	1	55,73	0,71	16,06	6,04
Ильпинская свита, верхняя подсвита						
А.	2156а	1	61,50	0,82	13,05	4,65
	2159	1	51,00	0,68	12,00	3,53
Пахачинская свита, нижняя подсвита						
П.	2146	1	56,50	0,81	13,20	5,76
А.	2130А	1	59,00	0,83	14,60	5,28
Пахачинская свита, верхняя подсвита						
П.	2147Б	1	59,50	0,78	11,80	5,39
Корфская свита, нижняя подсвита						
П.	2172А	1	41,50	0,34	7,10	2,28
А.	2173	1	62,00	0,86	14,30	3,02

Примечание. П. — песчаники, А. — элевро-аргиллиты.

8	9	10	11	12	13	14	15
Пятая толща							
4,44	0,13	2,98	2,84	2,42	2,13	4,72	100,02
4,51	0,09	2,70	2,40	2,06	2,64	5,72	100,00
Шестая толща							
5,30	0,10	5,23	5,01	3,26	1,69	5,70	100,02
4,35	0,18	3,63	3,92	3,60	1,65	6,27	100,13
4,63	0,08	3,92	3,94	3,49	1,82	5,99	99,98
4,00	0,08	2,09	3,24	3,07	2,02	4,70	99,98
4,17	0,12	2,82	3,87	2,93	1,70	4,64	100,00
5,35	0,09	4,45	2,33	2,74	2,58	6,97	99,95
5,52	0,13	4,26	2,33	1,77	2,92	7,77	99,98
4,89	0,16	3,46	2,25	2,75	2,44	5,48	100,00
5,31	0,11	3,06	1,98	2,87	3,01	3,94	100,07
Унальская свита							
Седьмая толща							
3,92	0,12	3,32	3,37	4,06	1,92	11,66	100,04
6,15	0,21	4,63	4,46	6,20	1,24	1,35	100,40
5,79	0,13	3,73	3,67	6,20	0,66	2,21	100,00
4,34	0,12	4,98	6,30	3,35	1,45	7,78	99,34
3,81	0,11	3,77	3,73	2,69	2,20	6,83	99,40
4,45	0,14	4,68	3,70	2,86	1,76	6,73	100,00
6,23	0,10	4,54	1,50	4,04	0,59	4,32	100,04
6,01	0,14	6,60	2,04	3,35	2,45	4,72	99,62
Ильпинская свита, нижняя подсвита							
Восьмая — одиннадцатая толщи							
4,00	0,10	3,52	5,05	3,25	1,34	7,81	99,78
1,58	0,05	3,39	6,68	3,90	0,68	6,46	100,22
4,10	0,13	3,39	3,58	2,77	2,18	7,56	99,99
2,65	0,09	3,19	3,34	2,15	1,96	9,06	99,98
Ильпинская свита, верхняя подсвита							
1,26	0,32	2,24	1,76	2,16	2,17	9,92	99,95
1,87	0,34	1,46	10,58	1,94	2,00	14,24	99,64
Пахачинская свита, нижняя подсвита							
2,02	0,26	4,05	3,52	4,05	1,62	7,86	99,66
1,42	0,18	2,42	1,76	2,12	2,25	9,72	99,58
Пахачинская свита, верхняя подсвита							
1,27	0,14	2,87	4,11	3,75	1,75	8,41	99,77
Корфская свита, нижняя подсвита							
14,16	0,70	1,25	11,17	1,42	0,89	18,93	99,74
1,42	0,12	0,76	2,35	2,12	1,88	10,90	99,73

Таблица 5

Средний химический состав пород Ильпинского полуострова, вес. %

Типы пород	Количество образцов	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO
1	2	3	4	5	6	7
Аспидная формация, ложноильпинская свита						
<i>Первая толща</i>						
П.	8	57,78	0,72	15,78	2,81	3,92
А.	23	59,62	0,86	16,09	3,81	4,25
Флишевая формация						
<i>Такетуйская свита</i>						
<i>Вторая толща</i>						
П.	3	55,26	0,74	16,59	2,28	5,19
А.	2	58,97	0,66	15,44	2,01	4,63
<i>Третья толща</i>						
П.	26	59,04	0,67	14,21	3,78	3,52
А.	26	56,23	0,86	15,79	4,47	4,25
<i>Орийская свита</i>						
<i>Четвертая толща</i>						
П.	9	58,20	0,72	13,11	4,22	3,04
А.	9	57,10	0,84	15,40	3,23	4,66
<i>Пятая толща</i>						
П.	6	58,86	0,76	15,33	2,10	4,50
А.	20	58,33	0,82	15,84	2,32	4,88
<i>Шестая толща</i>						
П.	14	58,87	0,74	14,28	2,23	4,66
А.	10	57,25	0,89	15,64	2,33	5,36
<i>Флишевая формация в целом</i>						
П.	58	58,65	0,71	14,29	3,46	3,91
А.	67	58,05	0,84	15,71	3,27	4,67
Молассовая формация						
<i>Уральская свита</i>						
<i>Седьмая толща</i>						
П.	24	56,18	0,75	14,55	2,33	4,79
А.	16	56,15	0,79	16,73	3,38	5,28
Ильпинская свита, нижняя подсвита						
<i>Восьмая—одиннадцатая толща</i>						
П.	10	54,63	0,81	15,80	3,75	3,76
А.	11	56,61	0,74	15,26	3,77	3,97
<i>Ильпинская свита, верхняя подсвита</i>						
А.	2	56,25	0,75	12,52	4,09	1,56
Пахачинская свита, нижняя подсвита						
П.	1	56,50	0,81	13,20	5,76	2,02
А.	1	59,00	0,83	14,60	5,28	1,42

	МnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ППП	Сумма
	8	9	10	11	12	13	14

Аспидная формация, ложноильпинская свита

Первая толща

0,19	2,47	8,75	3,26	1,62	2,92	100,18
0,12	3,01	1,97	2,84	2,50	5,02	100,09

Флишевая формация

Такетуирская свита

Вторая толща

0,17	4,88	4,29	4,34	1,23	4,48	99,45
0,14	3,78	2,73	2,68	2,32	5,54	99,98

Третья толща

0,12	4,43	3,7	3,23	1,67	5,17	99,81
0,14	4,00	2,93	2,70	2,57	5,99	99,93

Орийская свита

Четвертая толща

0,09	5,05	5,41	3,30	1,74	5,17	100,05
0,09	3,21	2,53	2,23	2,74	7,28	99,91

Пятая толща

0,08	4,50	3,63	2,84	2,01	5,16	99,77
0,09	3,55	2,56	2,62	2,65	6,67	100,23

Шестая толща

0,12	4,15	4,18	3,38	1,74	5,79	100,14
0,11	4,13	2,29	2,37	2,74	6,84	99,95

Флишевая формация в целом

0,11	4,49	4,22	3,29	1,71	5,26	100,10
0,11	3,77	2,67	2,56	2,63	6,48	100,76

Молассовая формация

Унальская свита

Седьмая толща

0,14	3,74	3,78	4,92	1,50	7,36	100,04
0,12	4,61	2,63	3,40	1,58	5,51	100,18

Ильпинская свита, нижняя подсвита

Восьмая—одиннадцатая толща

0,09	3,49	5,21	3,31	1,27	7,67	99,79
0,13	3,37	3,55	2,87	2,16	7,70	100,83

Ильпинская свита, верхняя подсвита

0,33	1,90	6,18	2,05	2,08	11,95	99,66
------	------	------	------	------	-------	-------

Пахачинская свита, верхняя подсвита

0,26	4,05	3,52	4,06	1,62	7,86	99,66
0,18	2,42	1,76	2,12	2,25	9,72	99,58

Таблица 5 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7
<i>Пахачинская свита, верхняя подсвита</i>						
П.	1	59,50	0,70	11,80	5,39	1,27
<i>Корфская свита, нижняя подсвита</i>						
П.	1	41,50	0,34	7,10	2,28	14,16
А.	1	62,00	0,86	14,30	3,03	1,42
<i>Молассовая формация в целом</i>						
П.	37	55,46	0,76	14,57	2,88	4,59
А.	31	56,60	0,77	15,79	3,61	4,33
<i>Ильпинский разрез в целом</i>						
П.	103	57,43	0,73	14,50	3,20	4,15
А.	121	57,97	0,63	15,80	3,45	4,50

Примечание. П. — песчаники, А. — алевро-аргиллиты.

натрия выше, чем калия. Об этом же свидетельствует и некоторое увеличение суммы щелочей в аркозах по сравнению с граувакками [114].

Любопытны данные по соотношению K_2O/Na_2O , полученные японскими геологами [121] при сравнении песчаников двух типов разрезов: верхне-меловой группы Идзуми, накопившейся во внутриконтинентальном бас-

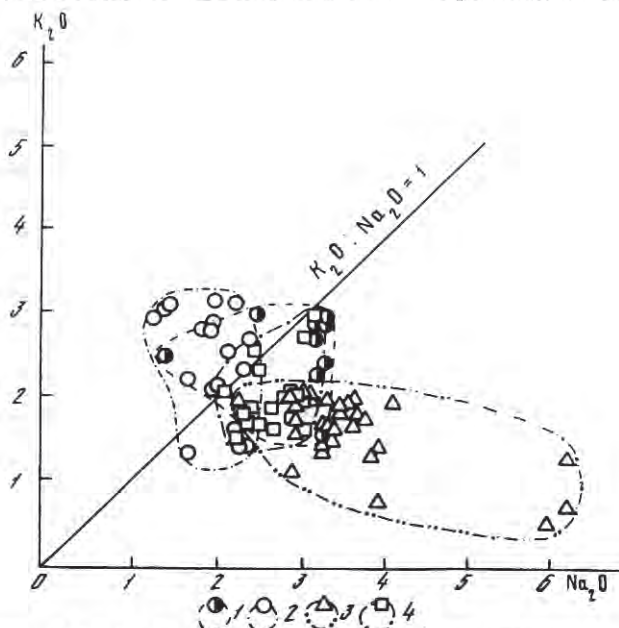


Рис. 20. Отношение K_2O/Na_2O для песчаников Сихотэ-Алиня и Камчатки

Сихотэ-Алинь, Главный синклиорий: 1 — западная часть; 2 — восточная часть.
Камчатка: 3 — Ильпинский полуостров; 4 — Кроноцкий полуостров

8	9	10	11	12	13	14
<i>Пахачинская свита, верхняя подсвита</i>						
0,14	2,87	4,11	3,75	1,75	8,41	99,77
<i>Корфская свита, нижняя подсвита</i>						
0,70	1,25	11,17	1,42	0,89	18,93	99,74
0,12	0,76	2,35	2,12	1,88	10,90	99,73
<i>Молассовая формация в целом</i>						
0,14	3,59	4,37	4,33	1,43	7,79	99,91
0,14	3,80	3,15	3,04	1,85	7,00	100,08
<i>Ильпинский разрез в целом</i>						
0,13	4,00	4,62	3,66	1,60	5,98	100,00
0,12	3,63	2,64	2,74	2,40	6,33	100,21

сейне, и верхнемеловой—палеогеновой супергруппы Симанто, занимающей краевое, приокеаническое положение. Песчаники Идзуми, источником сноса которых были граниты, метаморфические породы и риолиты, богаты калием, и отношение K_2O/Na_2O равно или близко единице. В то же время песчаники, происходящие из мафических материнских пород и составляющие группу Симанто, обогащены натрием.

Таким образом, в Японии миниатюрно повторяется та же картина, что и на Сихотэ-Алине и Камчатке — снова мы сталкиваемся с двумя типами осадков: существенно калиевыми, аркозовыми, без вулканитов, приуроченными к внутриконтинентальной структуре, и натриевыми, граувакковыми в приокеанической зоне, для которой характерны вулканические породы.

Коэффициент $K_2O + Na_2O/Al_2O_3$ (рис. 21), введенный Г.Миддлтоном [123], позволяет предположить, что в аркозовых песчаниках, где он несколько выше по сравнению с граувакками (0,36 и 0,30), калий в большей степени связан с полевыми шпатами, а в граувакках этот коэффициент ниже, как результат обилия глинистого материала, обломков основных эффузивных пород и матрикса. И.В.Хворова с соавторами [104] приводит для плагиоклазовых аркозов и слюдисто-кварцевых песчаников раннегеосинклинальных образований Южного Урала значения K_2O/Na_2O , равные 0,13 и 0,65, а $K_2O + Na_2O/Al_2O_3$ — 0,40 и 0,35. Для зеленокаменных граувакк соответственно 0,24 и 0,37. В первом случае обломочный материал представлен аллохтонной, сиалической кластикой, поступавшей с платформы и в формационном отношении чуждой геосинклинали; во втором — материал автохтонный, и он поступал в бассейн при разрушении внутрибассейновых поднятий со значительной долей участия вулканогенного компонента. Авторы этой работы подчеркивают, что кидрясовская свита, сложенная автохтонными песчаниками, строго говоря, является не типично геосинклинальным образованием, а скорее платформенным (грабеновой фации).

Таблица 6

Химический состав пород Кроноцкого полуострова, вес. %

Типы пород	Номер пробы	Количество образцов	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Богачевская свита						
П.	1004	7	58,4	0,66	14,41	4,29
Чажминская свита						
П.	1018	3	67,2	0,69	16,05	3,45
А.	1001	7	67,6	0,59	12,19	3,41
Татьянинская свита						
А.	1035	1	58,8	0,66	13,66	4,57
	1029	1	63,4	0,61	14,61	3,37
	1029	1	63,91	0,65	15,62	1,38
	1030	1	61,6	0,68	13,48	4,89
	1030	1	62,59	0,22	14,21	1,98
	1031	1	64,92	0,09	12,07	1,74
Тюшевская свита						
П.	1054	1	61,40	0,68	15,12	4,55
	1057	1	61,60	0,66	14,63	1,61
	1059	1	61,50	0,62	14,87	2,77
	1070	1	59,90	0,73	15,58	2,71
1	1076	1	63,80	0,66	16,09	3,18
	1077	1	62,63	0,64	15,22	2,47
	1105	1	57,92	0,51	13,97	1,97
	1106	1	63,22	0,71	14,79	1,26
	1109	1	60,80	0,65	15,39	1,66
	1115	1	62,66	0,59	15,92	2,37
	1115б	1	62,00	0,56	15,37	2,85
	1125	1	62,80	0,75	14,87	5,20
	1055	1	61,40	0,70	13,68	4,35
	1063	1	58,30	0,74	13,09	4,10
	1107	1	63,04	0,59	13,35	3,24
	1115а	1	59,05	0,59	14,16	3,48
	1125а	1	61,93	0,62	15,89	0,80

Примечание. П. — песчаники, А. — алевро-аргиллиты.

По соотношению $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (рис. 22) сихотэ-алинские песчаники на диаграмме располагаются отдельно от камчатских благодаря разнице как в содержаниях кремнезема (81—49%), так и глинозема (8—18%). Между собой камчатские песчаники различаются только содержанием кремнезема. На Кроноцком полуострове благодаря обломочному кварцу он несколько выше. В целом график иллюстрирует увеличение "зрелости" песчаников от ильпинских через кроноцкие к сихотэ-алинским: коэффициент $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ увеличивается в этом направлении и составляет соответственно 3,96—4,10—5,97. Однако указанные отличия, особенно по глинозему, не очень велики, поскольку во всех этих случаях мы, вероятно, имеем дело с песчаниками, образованными за счет преимущественно механического

FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ППП	Сумма
Богачевская свита							
1,25	0,13	2,66	6,51	2,65	1,58	7,50	100,4
Чажминская свита							
1,35	0,01	2,28	3,40	3,01	1,63	0,84	99,91
0,77	0,01	1,78	1,89	1,74	1,64	8,26	99,87
Татьянинская свита							
0,62	0,13	2,42	6,48	2,31	1,78	8,64	100,07
0,71	0,08	1,91	4,36	2,61	1,84	6,4	99,90
1,75	0,08	1,70	3,54	3,00	2,00	6,3	99,93
1,05	0,06	2,69	2,50	1,95	2,16	8,92	99,99
3,64	0,09	2,68	1,64	1,83	2,42	8,28	99,98
0,92	—	2,47	1,33	1,84	1,11	13,24	99,73
Тюшевская свита							
1,10	0,07	2,74	3,34	2,84	2,06	6,44	100,34
2,5	0,06	3,20	4,30	2,93	2,69	5,67	99,85
1,96	0,05	2,54	3,38	2,77	1,99	7,40	99,85
2,41	0,06	3,31	4,54	2,84	1,76	6,05	99,89
1,52	0,10	1,60	4,37	2,38	1,86	4,52	100,08
2,16	0,08	2,38	3,05	2,06	2,05	7,22	100,06
2,14	0,17	2,71	6,44	2,21	1,51	9,98	99,97
2,14	0,08	1,99	2,33	2,40	2,57	8,14	99,63
2,14	0,12	2,35	3,46	3,12	3,00	7,23	99,92
2,21	0,03	2,79	3,33	2,48	1,66	5,50	99,54
1,99	0,04	2,63	3,21	2,35	1,70	6,98	99,68
1,97	0,14	2,70	1,72	2,46	2,36	5,20	100,07
0,94	0,05	2,77	2,38	2,11	1,91	9,50	99,80
1,96	0,10	3,24	2,63	2,35	3,26	10,10	99,87
1,92	0,04	2,77	1,56	2,06	1,61	9,55	99,73
3,13	0,20	3,35	1,89	1,77	1,57	10,38	99,47
2,50	0,06	1,84	3,43	1,45	1,90	9,56	99,98

разрушения материнских пород при весьма малой, подчиненной роли процессов химического выветривания и разложения в области питания.

Относительно высокая "зрелость" аркозовых песчаников Сихотэ-Алиня обусловлена, по-видимому, повышенным по сравнению с граувакками содержанием обломочного кварца и кремнистых пород, а также меньшим количеством полевых шпатов, глинистых включений и цемента, в состав которого входят глинистые минералы.

О степени химического выветривания исходных пород можно судить по отношению наиболее инертного компонента осадка — Al_2O_3 , накапливающегося обычно в остаточных продуктах выветривания, к самому подвижному компоненту — Na_2O , вынос которого из материнских пород начина-

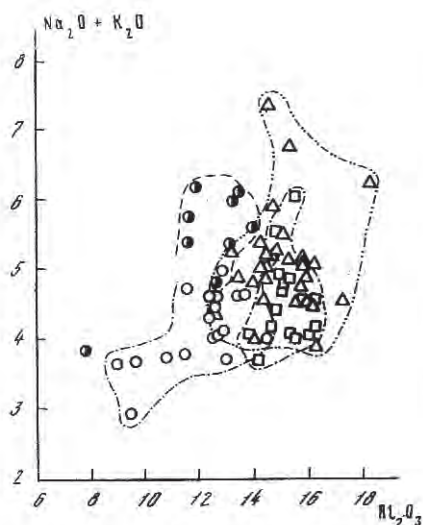


Рис. 21. Отношение $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$
Условные обозначения на рис. 20

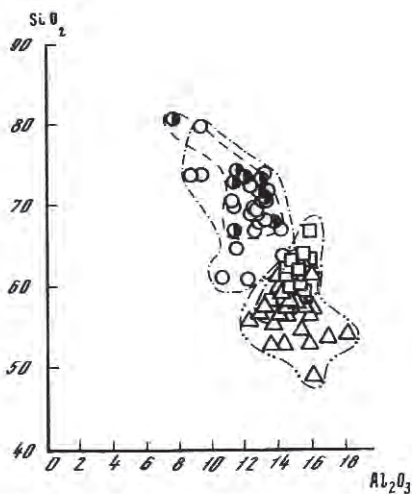


Рис. 22. Отношение $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$
Условные обозначения на рис. 20

Т а б л и ц а 7

Средний химический состав пород Кроноцкого полуострова, вес.%

Типы пород	Количество образцов	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO
Граувакковая формация, богачевская свита						
П.	7	58,4	0,66	14,41	4,29	1,25
Аспидная формация, чажминская свита						
П.	3	67,2	0,69	16,05	3,45	1,35
А.	7	67,6	0,59	12,19	3,41	0,77
Флишевая формация, татьянинская свита						
П.	3	62,03	0,64	14,63	3,10	1,02
А.	3	63,03	0,46	13,25	2,87	1,87
Тюшевская свита						
П.	12	61,68	0,65	15,15	2,72	2,02
А.	5	60,74	0,65	14,03	3,19	2,09
Флишевая формация в целом						
П.	15	61,83	0,64	14,92	2,88	1,59
А.	8	61,72	0,57	13,69	3,05	1,99
Кроноцкий разрез в целом						
П.	19	62,49	0,65	15,67	3,04	1,32
А.	15	64,46	0,58	12,99	3,22	1,42

П р и м е ч а н и е. П. — песчаники. А. — алевро-аргиллиты.

ется на первых стадиях выветривания [80, 81]. Это отношение было названо Ф.Петтиджоном [70] "коэффициентом зрелости осадков": чем больше коэффициент Al_2O_3/Na_2O в терригенных осадках, тем более глубокие преобразования испытало вещество исходных пород в среде выветривания и седиментации, и чем он меньше, тем ближе состав обломочных пород к составу материнских. В нашем случае (рис. 23) наибольших значений коэффициент достигает для песчаников восточной части Сихотэ-Алиня — 5,48 и Кроноцкого полуострова — 5,86; для Ильпинского полуострова он составляет 3,96, для западной части Главного синклинория Сихотэ-Алиня — 4,12, а для Сихотэ-Алиня в целом — 4,98.

По отношению суммы фемических элементов $Fe_2O_3 + FeO + MgO$ к Al_2O_3 (рис. 24) песчаники располагаются в трех резко обособленных полях, которые существенно отличаются как по содержанию фемических элементов, так и по глинозему. Ильпинские граувакки по сравнению с кроноцкими при примерно равном количестве глинозема содержат больше фемических элементов (значения коэффициентов — 0,78 и 0,42), а сихотэ-алинские аркозы — наименьшее количество обоих компонентов, но величине коэффициента близка к кроноцкому — 0,49.

Высокое общее содержание железа в граувакках по сравнению с аркозами явление общеизвестное. Поскольку железо — типичный элемент внутренних геосфер [13], интенсивное развитие глубинного основного вулканизма приводит к существенному обогащению этим элементом осадочных

	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ППП	Сумма
Граувакковая формация, богачевская свита							
	0,13	2,66	6,51	2,65	1,58	7,50	100,04
Аспидная формация, чажминская свита							
	0,01	2,28	3,40	3,01	1,63	0,84	99,91
	0,01	1,78	1,89	1,74	1,64	8,26	99,87
Флишевая формация, татьянинская свита							
	0,10	2,01	4,79	2,64	1,87	7,11	99,94
	0,05	2,61	1,82	1,87	1,90	10,14	99,87
Тюшевская свита							
	0,88	2,58	3,62	2,57	2,24	6,62	99,93
	0,07	2,79	2,38	1,95	2,05	9,75	99,69
Флишевая формация в целом							
	0,09	2,33	4,12	2,60	1,37	6,83	99,20
	0,06	2,71	2,14	1,91	1,98	9,92	99,74
Кроноцкий разрез в целом							
	0,08	2,34	4,13	2,67	1,42	5,79	99,10
	0,04	2,27	2,02	1,83	1,82	9,14	99,79

Таблица 8

Петрохимические коэффициенты для песчаников Главного синклинория Сихотэ-Алиня (средние значения)

Литостратиграфическая единица	$\frac{K_2O}{Na_2O}$	$\frac{Na_2O + K_2O}{Al_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{Al_2O_3}{Na_2O}$	$\frac{Fe_2O_3 + FeO + MgO}{Al_2O_3}$	$\frac{MgO}{CaO}$	$\frac{Fe_2O_3}{FeO}$
Западная часть							
Аспидная формация, таухинская свита	0,73	0,44	5,39	3,93	0,47	0,44	0,83
Флишoidalная формация, уктурская свита							
Флишoidalная толща	0,79	0,48	6,31	3,71	0,56	0,54	0,39
Толща песчаников	0,94	0,52	6,17	3,75	0,40	0,34	0,35
Флишoidalная формация в целом	0,89	0,51	6,21	3,73	0,45	0,38	0,37
Молассовая формация, лужкинская свита	1,47	0,45	7,63	5,43	0,48	0,61	1,10
Западная часть в целом	0,98	0,48	6,50	4,12	0,47	0,46	0,58
Восточная часть							
Флишевая формация							
Уктурская серия							
Первая толща песчаного флиша	2,17	0,34	5,64	9,20	0,32	0,68	0,42
Вторая толща песчаного флиша	0,76	0,35	5,66	5,05	0,81	0,98	0,03
Толща песчано-глинистого флиша	0,43	0,49	6,98	2,92	0,64	0,60	0,28
Третья толща песчаного флиша	1,34	0,34	6,26	6,93	0,53	0,54	0,11
Толща грубоклас- тического флиша	1,10	0,39	5,27	5,39	0,50	0,92	0,15
Восточная часть в целом	1,10	0,38	5,72	5,48	0,50	0,80	0,19
Главный синклинорий в целом	1,05	0,41	5,97	4,98	0,49	0,73	0,31

пород. Сплошная доля в обогащении железом граувакк принадлежит также глинистому материалу, который входит в состав этих пород в виде цемента, матрикса и включений и содержит значительное количество богатых железом глинистых минералов.

Аркозы, несмотря на их иногда яркий бурый цвет, содержат относительно мало железа, и это обусловлено исходным материалом, отличным от грауваккового: гранит, гранодиорит, полевошпатовый гнейс, которые обычно являются источником аркозов, содержат всего около 1,5–2,5% железа [123].

Высокое отношение MgO/CaO — характерный признак граувакк [70]. Обычно это связывается с большим содержанием хлорита в цементе, матриксе и глинистых включениях. По этому показателю к наиболее типичным грауваккам приближаются ильпинские песчаники, несколько ниже

Таблица 9

Петрохимические коэффициенты для песчаников Ильпинского полуострова (средние значения)

Литостратиграфическая единица	$\frac{K_2O}{Na_2O}$	$\frac{Na_2O + K_2O}{Al_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{Al_2O_3}{Na_2O_3}$	$\frac{Fe_2O_3 + FeO + MgO}{Al_2O_3}$	$\frac{MgO}{CaO}$	$\frac{Fe_2O_3}{FeO}$
Аспидная формация, ложноильпинская свита							
Первая толща	0,49	0,31	3,66	4,84	0,58	0,28	0,72
Флишевая формация, такетунирская свита							
Вторая толща	0,28	0,33	3,33	3,82	0,74	1,13	0,44
Третья толща	0,52	0,34	4,15	4,40		1,19	1,07
Орийская свита							
Четвертая толща	0,53	0,38	4,44	3,97	0,94	0,93	1,39
Пятая толща	0,70	0,32	3,84	5,40	0,72	1,24	0,47
Шестая толща	0,51	0,36	4,12	4,22	0,77	0,99	0,48
Флишевая формация в целом	0,52	0,35	4,10	4,34	0,83	1,06	0,88
Молассовая формация, унальская свита							
Седьмая толща	0,30	0,44	3,86	2,96	0,75	0,98	0,49
Ильпинская свита, нижняя подсвита							
Восьмая—одиннадцатая толщи	0,38	0,29	3,46	4,77	0,70	0,67	1,0
Ильпинская свита, верхняя подсвита	1,01	0,33	4,49	6,11	0,60	0,30	2,62
Пахачинская свита	0,43	0,45	4,66	3,20	0,85	0,92	3,54
Корфская свита	0,62	0,32	5,84	5,00	2,49	0,11	0,16
Молассовая формация в целом	0,33	0,40	3,81	3,36	0,76	0,82	0,63
Ильпинский разрез в целом	0,44	0,36	3,96	3,96	0,78	0,87	0,77

значение коэффициента для кроноцких и для сихотэ-алинских песчаников, особенно западной части Главного синклиория Сихотэ-Алиня, которые относятся к типичным аркозам (рис. 25).

Из рассмотренных выше соотношений видны четкие петрохимические различия трех групп песчаников. Наиболее резко обособляются поля распределения фигуративных точек сихотэ-алинских аркозов от ильпинских граувакк. Кроноцкие же граувакки занимают обычно промежуточное положение между указанными группами, располагаясь на диаграммах, как правило, ближе к ильпинским породам, а иногда их поля почти совпадают.

Детальнее других петрогенных элементов изучалось железо. Как в песчаниках, так и в алевро-аргиллитах определялись различные формы его нахождения, а именно валовые содержания и растворимые формы окисно-

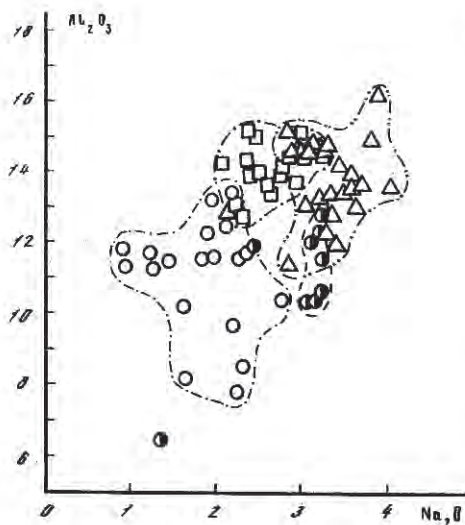


Рис. 23

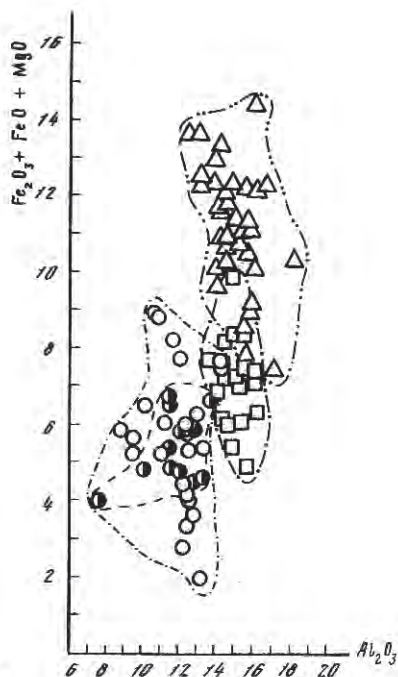


Рис. 24

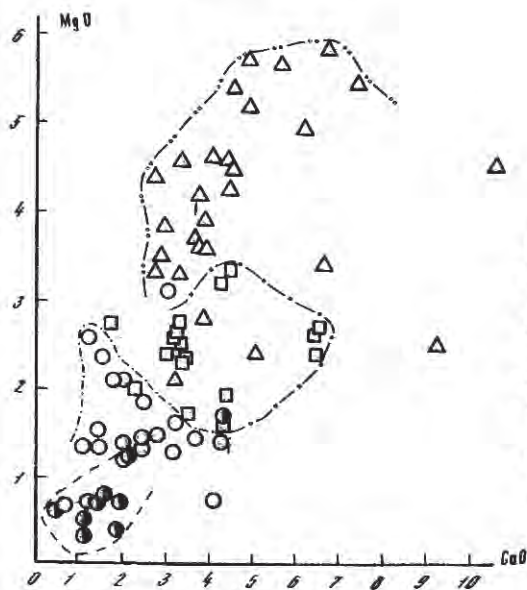


Рис. 25

Рис. 23. Отношение Al_2O_3 / Na_2O
Условные обозначения на
рис. 20

Рис. 24. Отношение $Fe_2O_3 + FeO + MgO / Al_2O_3$
Условные обозначения на
рис. 20

Рис. 25. Отношение MgO / CaO
Условные обозначения на
рис. 20

Таблица 10

Петрохимические коэффициенты для песчаников Кроноцкого полуострова (средние значения)

Литостратиграфическая единица	$\frac{K_2O}{Na_2O}$	$\frac{Na_2O + K_2O}{Al_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{Al_2O_3}{Na_2O}$	$\frac{Fe_2O_3 + FeO + MgO}{Al_2O_3}$	$\frac{MgO}{CaO}$	$\frac{Fe_2O_3}{FeO}$
Граувакковая формация, богачевская свита	0,60	0,29	4,05	5,44	0,57	0,41	3,43
Аспидная формация, чажминская свита	0,54	0,29	4,19	5,33	0,44	0,67	2,56
Флишевая формация, татьянинская свита	0,71	0,31	4,24	5,54	0,41	0,42	3,04
Тюшевская свита	0,87	0,32	4,07	5,89	0,48	0,71	1,35
Флишевая формация в целом	0,83	0,32	4,14	5,74	0,45	0,56	1,81
Кроноцкий разрез в целом	0,76	0,30	4,10	5,86	0,42	0,56	2,3

го и закисного железа, а также обломочное и пиритное железо. Методика определений — по Н.М.Страхову и Э.С.Залманзону [93] (табл. 11).

По валовому содержанию в целом на Камчатке железа больше, чем на Сихотэ-Алине, примерно на одну треть в песчаниках, но только на 10% в алевро-аргиллитах, что вполне соответствует аркозовому сиалическому составу одной группы и граувакковому, фемическому — другой. Однако если на Сихотэ-Алине валовое содержание железа в алевро-аргиллитах выше, чем в песчаниках, то на Камчатке оно в обоих типах пород одинаковое. Известно, что чем более интенсивно и продолжительно выветривание обломочного исходного материала до его отложения, тем больше железа переходит в раствор и, следовательно, не будет осаждено в песчаниках [123], а распределение в этом случае происходит так, как это описано Н.М.Страховым [89, 91] для морских осадков Черного, Аральского, Каспийского и Баренцева морей, где содержания железа находятся в обратной зависимости от крупности обломочного материала, т.е. оно меньше в песках, чем в илах: минимальное количество железа наблюдается в прибрежных песчаных осадках, максимальное — в удаленных от берега частях водоемов, где отлагаются высокодисперсные пелиты.

Если же процессы выветривания в области сноса не очень глубоки, вероятно, содержания железа в песчаных и глинистых осадках должны выравниваться. Следовательно, можно предположить, что наблюдаемое в нашем случае распределение валового железа в паре песчаник—алевро-аргиллит обязано различной степени переработки первичного материала: большему на Сихотэ-Алине и меньшему на Камчатке.

Это подтверждается и сравнением данных по Сихотэ-Алиню и Камчатке с имеющимися по окраинным морям Западной части Тихого океана (табл. 12). В донных осадках этих современных водоемов, исходный ма-

Таблица 11

Распределение форм железа в песчаниках и алевро-аргиллитах Сихотэ-Алиня и Камчатки, вес.%

Регион	Количество проб	Окисное	Закисное	Общее	Обломочное	Пиритное
Сихотэ-Алинь	10	1,23	1,71	2,94	0,98	0,01
Западный	10	2,07	2,06	4,13	2,00	0,02
Восточный	15	0,89	1,98	2,87	0,89	0,02
	10	1,46	2,65	4,11	2,17	0,03
Северный	10	1,28	0,94	2,22	1,06	0,03
	12	1,27	2,04	3,31	1,39	0,02
Восточная Камчатка	24	2,20	2,19	4,39	1,40	0,07
	25	2,16	2,27	4,43	1,85	0,09

Примечание. Числитель — песчаники, знаменатель — алевро-аргиллит. Аналитик Л.А.Вржосек.

Таблица 12

Среднее содержание железа в гранулометрических типах осадков различных водоемов, в вес.% на натуральный сухой остаток (по В.Ф.Игнатовой [43])

Водоем	Пески		Алевриты крупные	Пелиты
	крупные	мелкие		
Берингово море	3,10	3,81	3,09	3,10
Охотское море	4,76	2,69	3,01	2,31
Японское море	2,45		3,29	3,36
Татарский пролив	2,53	2,50	2,03	2,53

териал для которых испытал сравнительно слабое выветривание, железо содержится в песках и глинах в примерно равных количествах, а в Беринговом море в песках его даже значительно больше.

Одной из важных петрохимических характеристик граувакк и аркозов является соотношение окисного и закисного железа. Согласно Ф.Петтиджону [70], благодаря обломкам вулканических пород и стекол, а также обилию хлорита закисная форма преобладает над окисной в граувакках, что является одним из отличительных признаков последних от аркозов, в которых господствует окисное железо, обусловленное присутствием гематита, гетита, глауконита.

В нашем случае это правило выдерживается только для аркозов Северного Сихотэ-Алиня, где окисное железо преобладает над закисным. В остальных местах это соотношение обратное. В камчатских же граувакках соотношение обеих форм примерно одинаково, а в среднем по песчаникам и алевро-аргиллитам закисное железо несколько преобладает.

Обломочного железа в обоих регионах как в песчаниках, так и в алевро-

аргиллитах везде меньше, чем растворимого в HCl, тем не менее его содержание достаточно высоко. В аркозах Сихотэ-Алиня оно составляет около 1%. В Западной и Восточной его частях это примерно треть общего количества железа, а на севере Сихотэ-Алиня (по данным Е.В. Михайлика) — около половины. На Камчатке в граувакках его абсолютное количество больше 1,5%, но по отношению к общему железу обломочное также составляет около одной трети.

Сравнительно большая доля обломочного железа в общем балансе этого элемента, а также некоторое увеличение его абсолютного количества в граувакках Камчатки обусловлены теми же факторами, что и закономерности распределения валового железа: общей слабой степенью переработки материнских пород, при этом большей на Сихотэ-Алине и меньшей на Камчатке. Этими же причинами объясняется и то, что в алевро-аргиллитах обломочного железа даже больше, чем в песчаниках: на Западном и Восточном Сихотэ-Алине — в 2 раза, а на Северном и на Камчатке — на 25–30%.

Пиритное железо на Сихотэ-Алине либо не обнаружено, либо его ничтожно мало — не более 0,02–0,03%. На Камчатке его значительно больше — 0,07–0,09, но тем не менее содержания остаются очень низкими, что может объясняться и свидетельствовать в пользу хорошей аэрации седиментационной среды в бассейнах обоих регионов.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

Сихотэ-алинские и камчатские геосинклинальные осадочно-вулканогенные комплексы различаются также по концентрациям и характеру распределения в них микроэлементов, образующих определенный геохимический фон, значение которого для понимания специфики осадочного рудонакопления общеизвестно и особенно подчеркивалось Н.М. Страховым [88, 90–92]. Региональный геохимический фон не менее важно учитывать и при рассмотрении вопросов, касающихся источников вещества, участвующего в образовании месторождений магматического, гидротермального и другого генезиса, а также роли в этих процессах вмещающей среды, нередко представленной терригенными осадочными и осадочно-вулканогенными породами.

По К. Турекяну и К. Ведеполу [130], по отношению к средним содержаниям песчаники Сихотэ-Алиня выделяются повышенными значениями всех элементов (табл. 13–16, рис. 26). Отношение к кларку (коэффициент концентрации — $k.k.$) составляет для Pb 4, Zn — 4,2, Ni — 20, Co — 40, Cr — 2,2, V — 3,5, B — 2,1, а Sn и Cu содержатся в количествах на порядок выше кларка. Сходная картина характерна для песчаников Камчатки: Pb — 3, Zn — 3,3, Ni — 21, Co — 76, Cr — 3, V — 5,3, B — 1,5, а Sn и Cu — на порядок выше.

Сравнение песчаников Ильпинского и Кроноцкого полуостровов Камчатки показывает, что все элементы, кроме бора, содержатся на Ильпинском полуострове в больших количествах, хотя эта разница иногда не существенна.

Профилирующими элементами сихотэ-алинских песчаников являются элементы сиалического профиля — олово, свинец, цинк и бор, а камчатских — фемического: медь, кобальт, хром, ванадий. Иное распределение

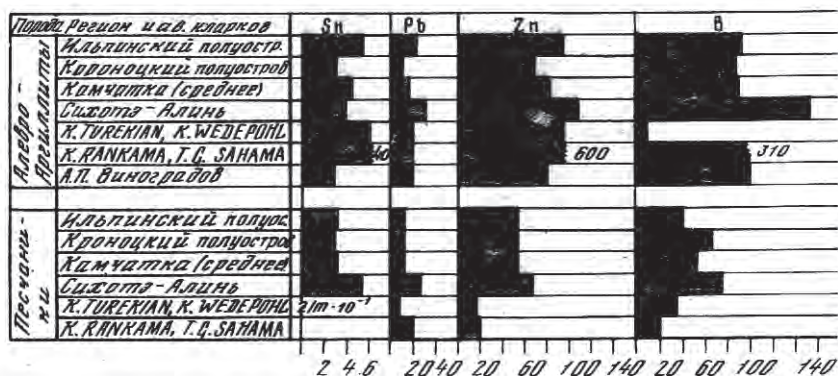
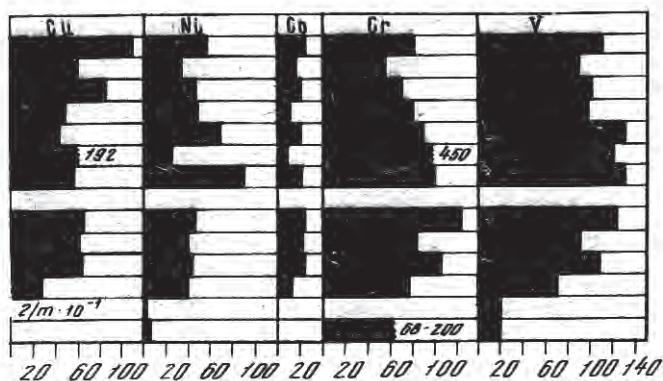


Рис. 26. Распределение микроэлементов в песчаниках и алевро-аргиллитах Сихотэ-Алиня и Камчатки (в г/т) и кларки по К. Турекяну и К. Ведерполь [130], К. Ранкама и Т.Г. Сахама [126], А.П. Виноградову [21]

микроэлементов в алевро-аргиллитах. На Сихотэ-Алине они обогащены свинцом (к.к. 1,5), особенно бором (15,3) и в небольшой степени цинком (1,1) и медью (1,1), а на Камчатке также весьма характерны бор и медь. Ильпинские алевро-аргиллиты богаче кроноцких по никелю, кобальту, ванадию, но беднее по цинку и бору, остальные элементы в примерно равных количествах. Превышают кларковые содержания медь и бор (табл. 13—15, 17; рис. 26).

Относительно высокие содержания почти всех элементов в песчаниках по сравнению со средними значениями (кларками) для этих пород в известной степени кажущиеся. Само по себе понятие "песчаник" с точки зрения вещественного состава настолько широко и неопределенно, что средние содержания чего бы то ни было в песчаниках теряют смысл, если не уточнять, о каких именно песчаных породах идет речь в каждом конкретном случае. К. Турекян и К. Ведерполь подчеркивают, что кларки вычислены ими только для песчаников миогеосинклинальных зон, где в процессе переноса и осаждения имело место глубокое химическое разрушение, приводившее к полной химической деградации пород изначальных источников питания. Другие породы, в том числе и граувакки, характерные для эвгеосинклиналей, не были учтены этими авторами, причем это было сделано, как они указывают, скорее из-за отсутствия информации, нежели из-за малого их значения. Поэтому наши сравнения носят отчасти формальный характер, так как по существу геосинклинальные песчаники, особенно граувакки, как правило сильно обогащенные глинистыми компонентами, по способности концентрировать те или иные элементы приближаются к глинистым породам.

Согласно этим же авторам, Г. Мачперсон [122] показал, что канадские докембрийские аргиллиты и сланцы низких степеней метаморфизма содержат аксессуарные элементы в тех же количествах, что и ассоциирующиеся с ними граувакки, а данные Ж. Вебера свидетельствуют, что многие граувакки содержат схожие с глинистыми породами количества малых элементов, за исключением, вероятно, циркония. Для концентрации элементов имеет значение и динамика среды. Не исключено, что донные течения, следы ко-



торых очень часты в рассматриваемых нами породах Сихотэ-Алиня и Камчатки, способствовали насыщению природных сорбентов малыми элементами. Эксперименты показали, что обогащение осадков рудными элементами в условиях динамической сорбции усиливается в десятки раз по сравнению с аналогичными условиями в спокойной обстановке [7, 8].

Выбор кларков в нашем случае определялся тем, что К. Турекян и К. Ведыполь включают в таблицы и песчаные, и глинистые породы, что дает возможность сопоставлять их друг с другом. Имеются также опубликованные средние значения для осадочных пород вместе с песчаниками у К. Ранкама и Т. Сахама [126]. Кроме этих средних данных, общеизвестны кларки по А.П. Виноградову [21], в том числе и для осадочных пород, но только для глин и сланцев, а также другие, частные, случаи (табл. 16, 17).

Олово концентрируется в песчаниках и алевро-аргиллитах по-разному. Песчаники везде обогащены оловом по сравнению с кларком примерно на порядок, но по абсолютным величинам на Сихотэ-Алине они содержат этого металла в 1,6–1,8 раза больше, чем на Камчатке. Это, впрочем, весьма характерно для оловоносных районов, каковым является в целом Главный синклиорий Сихотэ-Алиня [45, 76, 77, 86]: В магматических породах содержания олова падают от 3,5–3,6 в кислых до 1,3–1,5 в средних, 0,9–1,2 – в основных и 0,35–0,5 – в ультраосновных. В неизвестной минеральной форме и в количествах, не превышающих сотые доли процента, они присутствуют в эффузивах. Ряд ученых относят олово к литофильным элементам. Касситерит пространственно и генетически связан с интрузиями кислого состава, главным образом с гранитами и гранодиоритами. Это согласуется с предполагаемым составом источников сноса – преимущественно кислым существенно гранитным для сихотэ-алинских пород и эффузивным средним, основным, для камчатских.

В алевро-аргиллитах Сихотэ-Алиня содержание олова по сравнению с песчаниками значительно ниже. Оно также низко и относительно кларков К. Турекяна и К. Ведыполя: на Сихотэ-Алине – *k.k.* 0,66, а на Камчатке – 0,51–0,53; в сравнении с кларками К. Ранкама и Т. Сахама и данными Гольдшмидта [120, 126] *k.k.* опускается соответственно до 0,1 до 0,07–0,13. Однако некоторые авторы приводят цифры, близкие к нашим: *k.k.* равен соответственно 1,0 и 0,77–0,8 [125].

Т а б л и ц а 13

Средние содержания микроэлементов в породах Главного синклиория Сихотэ-Алиня, г/т

Типы пород	Количество образцов	Sn	Pb	Zn	B	Cu	Ni	Co	Cr	V
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Западная часть										
Аспидная формация, таухинская и ключевская свиты										
П.	31	$\frac{2-9}{2,7}$	$\frac{3-60}{22}$	$\frac{17-110}{44}$	$\frac{4-63}{22}$	$\frac{7-40}{19}$	$\frac{15-51}{24}$	$\frac{5-25}{8}$	$\frac{6-270}{60}$	$\frac{26-120}{60}$
А.	51	$\frac{1-10}{2,4}$	$\frac{3-32}{15}$	$\frac{31-160}{109}$	$\frac{15-120}{52}$	$\frac{9-200}{31}$	$\frac{18-46}{24}$	$\frac{2-14}{6}$	$\frac{16-120}{43}$	$\frac{27-160}{80}$
Флисовая формация, уктурская свита, флисовая толща										
П.	33	$\frac{1-44}{6,9}$	$\frac{6-49}{28}$	$\frac{9-180}{58}$	$\frac{6-150}{26}$	$\frac{3-54}{15}$	$\frac{13-73}{30}$	$\frac{4-23}{9}$	$\frac{19-300}{91}$	$\frac{21-410}{89}$
А.	15	$\frac{2-7}{3}$	$\frac{4-60}{28}$	$\frac{89-215}{152}$	$\frac{14-160}{100}$	$\frac{5-59}{29}$	$\frac{14-60}{34}$	$\frac{3-16}{8}$	$\frac{39-170}{84}$	$\frac{39-210}{136}$
Песчанниковая толща										
П.	57	$\frac{1-96}{9}$	$\frac{4-140}{32}$	$\frac{23-1700}{133}$	$\frac{11-190}{50}$	$\frac{3-65}{17}$	$\frac{6-62}{27}$	$\frac{3-23}{9}$	$\frac{13-220}{66}$	$\frac{24-470}{111}$
А.	48	$\frac{2-12}{4,7}$	$\frac{4-37}{21}$	$\frac{10-400}{189}$	$\frac{39-240}{127}$	$\frac{7-46}{22}$	$\frac{10-68}{33}$	$\frac{3-17}{9}$	$\frac{19-250}{81}$	$\frac{56-690}{259}$
Флисовая формация в целом										
П.	90	$\frac{1-96}{8,2}$	$\frac{4-140}{30}$	$\frac{9-1700}{105}$	$\frac{6-190}{41}$	$\frac{3-65}{16}$	$\frac{6-73}{28}$	$\frac{3-23}{9}$	$\frac{13-300}{75}$	$\frac{21-470}{103}$
А.	43	$\frac{2-12}{4,1}$	$\frac{4-60}{23}$	$\frac{10-400}{176}$	$\frac{14-240}{118}$	$\frac{5-59}{24}$	$\frac{10-68}{33}$	$\frac{3-17}{9}$	$\frac{19-250}{82}$	$\frac{39-690}{216}$

Молассовая формация, лужинская свита

П.	8	2-28 8,8	16-45 33	66-470 275	37-180 110	4-24 12	21-68 38	6-17 12	49-220 100	150-580 310
П.	129	1-96 6,9	3-140 29	9-1700 101	4-190 41	3-65 17	6-73 28	4-25 9	6-270 73	21-580 105
А.	94	1-12 3,2	3-60 19	10-400 140	14-240 82	5-200 28	10-68 28	2-17 7	16-250 61	27-690 142

Западная часть в целом

Восточная часть

Флишевая формация, уктурская свита

Первая толща песчаного флиша

П.	48	2-29 3,5	15-40 24	11-120 43	58-158 99	7-120 24	26-96 54	5-20 9	44-180 93	21-68 46
А.	36	2-10 4,5	27-96 45	29-160 86	110-330 219	26-160 70	37-150 72	3-25 11	62-150 99	38-140 76

Вторая толща песчаного флиша

П.	8	2-4 3	7-26 18	25-89 64	38-108 76	13-48 27	33-63 45	7-20 15	33-93 66	44-68 53
А.	14	2-5 3,5	16-36 28	68-170 108	58-185 112	34-160 78	25-50 40	6-17 11	50-115 82	64-116 86

Толща песчано-глинистого флиша

П. из основания ритма	20	3-12 6,1	33-51 38	25-110 58	140-320 197	49-73 64	50-120 71	6-23 14	83-160 113	17-100 46
П. из середины ритма	19	2-6 3,8	13-41 26	5-37 19	4-2320 43	15-68 20	30-85 41	6-16 20	63-160 63	6-66 56
П. из верхней части ритма	20	2-8 4,8	12-140 32	7-110 33	55-160 104	17-120 37	35-120 62	7-17 12	48-150 93	16-80 36
Среднее по песчанникам	59	1-69 4,4	12-140 29	5-110 23	40-320 74	6-120 30	30-120 52	6-18 15	36-150 73	6-80 39

Таблица 13 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
А. из нижней части ритма	20	$\frac{3-12}{6,1}$	$\frac{33-51}{38}$	$\frac{25-110}{58}$	$\frac{140-320}{197}$	$\frac{49-73}{64}$	$\frac{50-120}{71}$	$\frac{6-23}{14}$	$\frac{83-160}{113}$	$\frac{17-100}{46}$
А. из верхней части ритма	20	$\frac{3-8}{5,3}$	$\frac{23-59}{38}$	$\frac{21-150}{77}$	$\frac{170-320}{234}$	$\frac{42-130}{85}$	$\frac{40-110}{71}$	$\frac{5-24}{14}$	$\frac{63-140}{104}$	$\frac{16-150}{55}$
Среднее	40	$\frac{3-12}{5,7}$	$\frac{23-59}{38}$	$\frac{21-150}{67}$	$\frac{140-320}{215}$	$\frac{42-130}{72}$	$\frac{40-120}{71}$	$\frac{5-24}{14}$	$\frac{63-160}{109}$	$\frac{16-150}{50}$
Третья толща песчаного флиша										
П.	24	$\frac{2-8}{4,2}$	$\frac{6-60}{34}$	$\frac{18-130}{38}$	$\frac{28-420}{168}$	$\frac{5-91}{27}$	$\frac{18-73}{46}$	$\frac{5-44}{24}$	$\frac{18-170}{85}$	$\frac{17-76}{34}$
А.	21	$\frac{2-8}{4,6}$	$\frac{7-76}{36}$	$\frac{26-120}{90}$	$\frac{43-540}{250}$	$\frac{13-140}{63}$	$\frac{17-83}{51}$	$\frac{5-34}{19}$	$\frac{30-150}{81}$	$\frac{33-100}{62}$
Толща грубокластического флиша										
П.	9	$\frac{2-5}{3,3}$	$\frac{12-36}{23}$	$\frac{46-140}{80}$	$\frac{25-425}{188}$	$\frac{8-72}{35}$	$\frac{15-88}{46}$	$\frac{5-12}{7}$	$\frac{13-127}{74}$	$\frac{28-100}{59}$
А.	8	$\frac{2-5}{2,7}$	$\frac{13-36}{24}$	$\frac{73-120}{90}$	$\frac{28-425}{210}$	$\frac{10-72}{37}$	$\frac{22-78}{50}$	$\frac{4-12}{6}$	$\frac{42-117}{83}$	$\frac{27-150}{55}$
Флишевая формация и восточная часть в целом										
П.	148	$\frac{1-69}{4}$	$\frac{6-140}{27}$	$\frac{5-140}{38}$	$\frac{25-425}{104}$	$\frac{5-120}{28}$	$\frac{15-120}{51}$	$\frac{5-44}{14}$	$\frac{13-180}{81}$	$\frac{6-100}{42}$
А.	119	$\frac{2-12}{4,6}$	$\frac{7-96}{38}$	$\frac{21-170}{83}$	$\frac{28-540}{210}$	$\frac{10-160}{68}$	$\frac{17-150}{62}$	$\frac{3-25}{13}$	$\frac{30-160}{96}$	$\frac{16-150}{64,4}$
Главный синклиниорий в целом										
П.	277	$\frac{1-96}{5,3}$	$\frac{3-140}{28}$	$\frac{5-1700}{67}$	$\frac{4-425}{75}$	$\frac{3-120}{28}$	$\frac{6-120}{40}$	$\frac{4-44}{12}$	$\frac{6-270}{77}$	$\frac{6-580}{71}$
А.	213	$\frac{1-12}{4}$	$\frac{3-96}{30}$	$\frac{10-400}{108}$	$\frac{14-540}{153}$	$\frac{5-200}{50}$	$\frac{10-150}{47}$	$\frac{2-25}{10}$	$\frac{16-250}{80}$	$\frac{16-690}{98}$

Примечания. П. — песчаники, А. — алевро-аргиллиты.

Т а б л и ц а 14

Средние содержания микроэлементов в породах Ильинского полуострова, г/т

Типы пород	Количество образцов	Sn	Pb	Zn	B	Cu	Ni	Co	Cr	V
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Аспидная формация, ложноильинская свита, первая толща</i>										
П.	7	$\frac{3-6}{4,9}$	$\frac{14-22}{19}$	$\frac{33-110}{68}$	$\frac{62-140}{93}$	$\frac{80-130}{96}$	$\frac{34-63}{46}$	$\frac{23-46}{34}$	$\frac{63-100}{77}$	$\frac{76-120}{90}$
А.	21	$\frac{3-11}{6}$	$\frac{14-32}{24}$	$\frac{69-170}{124}$	$\frac{38-230}{147}$	$\frac{55-170}{111}$	$\frac{29-63}{49}$	$\frac{19-50}{35}$	$\frac{62-88}{72}$	$\frac{63-140}{106}$
<i>Флишевая формация, тактуринская свита, вторая толща</i>										
П.	4	$\frac{3-5}{3,5}$	$\frac{11-22}{15}$	$\frac{50-130}{80}$	$\frac{21-130}{61}$	$\frac{91-120}{113}$	$\frac{44-48}{46}$	$\frac{29-58}{38}$	$\frac{62-96}{76}$	$\frac{96-120}{109}$
А.	4	$\frac{3-5}{3,5}$	$\frac{8-25}{14}$	$\frac{32-130}{87}$	$\frac{27-130}{77}$	$\frac{66-96}{88}$	$\frac{36-48}{41}$	$\frac{29-48}{32}$	$\frac{51-130}{87}$	$\frac{83-130}{96}$
<i>Третья толща</i>										
П.	36	$\frac{1-6}{3,3}$	$\frac{4-32}{10}$	$\frac{12-140}{42}$	$\frac{20-170}{46}$	$\frac{58-130}{19}$	$\frac{29-100}{47}$	$\frac{9-36}{22}$	$\frac{42-170}{118}$	$\frac{20-120}{71}$
А.	32	$\frac{2-20}{7,1}$	$\frac{4-42}{19}$	$\frac{15-160}{81}$	$\frac{39-170}{102}$	$\frac{63-180}{123}$	$\frac{34-100}{68}$	$\frac{10-36}{22}$	$\frac{62-150}{93}$	$\frac{21-140}{79}$
<i>Орийская свита, четвертая и шестая толщи</i>										
П.	35	$\frac{2-8}{3,1}$	$\frac{4-23}{10}$	$\frac{27-110}{47}$	$\frac{17-98}{34}$	$\frac{41-140}{93}$	$\frac{28-71}{49}$	$\frac{12-44}{28}$	$\frac{63-250}{194}$	$\frac{59-160}{102}$
А.	33	$\frac{3-4}{3,8}$	$\frac{2-42}{19}$	$\frac{55-160}{91}$	$\frac{43-130}{92}$	$\frac{43-170}{128}$	$\frac{27-85}{58}$	$\frac{16-130}{27}$	$\frac{44-140}{87}$	$\frac{76-120}{105}$

Таблица 14 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Пятая толща										
П.	16	2-8 4,1	3-23 11	12-180 53	15-80 40	43-170 87	20-89 44	14-49 27	53-300 117	44-170 96
А.	17	3-13 11,5	11-34 26	80-150 105	72-180 115	80-210 137	30-85 60	19-27 23	46-130 89	63-130 117
Флишевая формация в целом										
П.	91	1-8 3,4	3-32 10	12-180 48	15-170 41	41-170 63	20-100 47	9-58 26	42-300 145	20-170 89
А.	86	2-20 6,5	2-42 20	15-160 90	27-180 100	43-210 126	27-100 61	10-130 24	44-150 90	21-140 97
Орийская свита, четвертая и шестая толщи										
П.	35	2-8 3,1	4-23 10	27-110 47	17-98 34	41-140 93	28-71 49	12-44 28	63-250 194	59-160 102
А.	33	3-4 3,8	2-42 19	55-160 91	43-130 92	43-170 128	27-85 58	16-130 27	44-140 87	76-120 105
Пятая толща										
П.	16	2-8 4,1	3-23 11	12-180 53	15-80 40	43-170 87	20-89 44	14-49 27	53-300 117	44-170 96
А.	17	3-13 11,5	11-34 26	80-150 105	72-180 115	80-210 137	30-85 60	19-27 23	46-130 89	63-130 117
Флишевая формация в целом										
П.	91	1-8 3,4	3-32 10	12-180 48	15-170 41	41-170 63	20-100 47	9-58 26	42-300 145	20-170 89
А.	86	2-20 6,5	2-42 20	15-160 90	27-180 100	43-210 126	27-100 61	10-130 24	44-150 90	21-140 97

Молаассовая формация, унальская свита, седьмая толща

П.	25	1-9 3,5	4-30 10	12-83 37	8-130 25	17-150 83	20-100 56	10-31 21	30-350 145	43-170 100
А.	18	1-5 2,7	6-44 18	18-83 44	0-65 25	15-130 79	23-130 55	9-32 18	18-170 77	38-170 91

Ильпинская свита, нижняя подсвита, восьмая-одиннадцатая толщи

П.	13	3-5 3,5	8-26 17	28-180 64	20-150 50	58-170 124	9-66 40	12-43 29	22-110 44	81-150 121
А.	9	3-5 3,7	16-46 23	74-200 119	63-120 94	120-180 138	42-66 56	18-32 25	10-150 83	98-160 131

Ильпинская свита, верхняя подсвита

П.	1	2	9	71	22	45	31	16	63	170
А.	12	2-17 3,7	6-150 36	31-210 142	28-130 86	16-63 36	18-51 43	5-15 9	33-86 43	71-420 270

Пахачинская свита

П.	22	2-8	8-36	62-220 110	15-47 26	16-85 16	8-110 38	4-42 12	4-650 54	78-380 210
А.	1	2	16							

Корфская свита

П.	13	1-4 2,1	4-28 12	48-130 62	11-49 22	14-70 28	10-63 34	5-24 15	21-140 67	43-430 174
А.	4	2-6 3,9	7-33 20	140	35-50 41	26-50 39	19-55 46	5-46 16	35-120 76	110-420 300

Молаассовая формация в целом

П.	74	1-9 2,7	4-36 13	12-220 59	8-150 35	14-170 66	8-110 44	4-43 21	4-650 103	43-430 167
А.	44	1-17 3,3	6-150 24	18-210 87	10-130 57	15-180 74	18-130 51	5-46 15	18-170 68	38-420 145

Таблица 14 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Ильинский разрез в целом</i>										
П.	172	$\frac{1-9}{3,2}$	$\frac{3-36}{12}$	$\frac{12-220}{53}$	$\frac{8-170}{41}$	$\frac{14-170}{66}$	$\frac{8-110}{46}$	$\frac{4-58}{24}$	$\frac{4-650}{124}$	$\frac{20-430}{123}$
А.	151	$\frac{1-20}{5,5}$	$\frac{2-150}{22}$	$\frac{15-210}{94}$	$\frac{10-230}{94}$	$\frac{15-210}{109}$	$\frac{18-130}{56}$	$\frac{5-130}{23}$	$\frac{18-170}{81}$	$\frac{21-420}{112}$

Примечание. П. — песчаники, А. — алевро-аргиллиты.

Таблица 15

Средние содержания микроэлементов в породах Кроноцкого полуострова, г/т

Типы пород	Количество образцов	Sn	Pb	Zn	B	Cu	Ni	Co	Cr	V
<i>Граувакковая формация, богачевская свита</i>										
П.	11	$\frac{2-4}{2,8}$	$\frac{9-17}{12}$	$\frac{20-65}{40}$	$\frac{27-47}{39}$	$\frac{36-91}{67}$	$\frac{24-60}{47}$	$\frac{21-38}{29}$	$\frac{46-150}{88}$	$\frac{50-110}{83}$
А.	1	2	11	78	50	71	37	23	48	71
<i>Аспидная формация, чажминская свита</i>										
П.	5	$\frac{2-3}{2,2}$	$\frac{6-15}{12}$	$\frac{27-60}{45}$	$\frac{26-59}{45}$	$\frac{34-80}{63}$	$\frac{41-73}{52}$	$\frac{15-32}{23}$	$\frac{40-130}{90}$	$\frac{83-110}{94}$
А.	10	$\frac{1-5}{2,5}$	$\frac{4-17}{11}$	$\frac{40-85}{55}$	$\frac{20-85}{64}$	$\frac{27-85}{61}$	$\frac{15-59}{36}$	$\frac{5-63}{18}$	$\frac{25-110}{57}$	$\frac{28-120}{81}$

Флишевая формация, татъянинская свита

П.	11	$\frac{1-3}{2}$	$\frac{6-17}{11}$	$\frac{13-63}{42}$	$\frac{44-74}{59}$	$\frac{46-80}{62}$	$\frac{26-58}{49}$	$\frac{9-30}{23}$	$\frac{66-120}{101}$	$\frac{76-100}{88}$
А.	13	$\frac{2-12}{3,1}$	$\frac{6-23}{10}$	$\frac{29-110}{65}$	$\frac{24-140}{92}$	$\frac{15-88}{50}$	$\frac{7-55}{34}$	$\frac{2-20}{12}$	$\frac{36-89}{52}$	$\frac{27-150}{99}$
П.	60	$\frac{1-8}{3,3}$	$\frac{7-23}{12}$	$\frac{30-98}{58}$	$\frac{36-100}{75}$	$\frac{14-140}{60}$	$\frac{6-60}{36}$	$\frac{8-35}{20}$	$\frac{32-110}{79}$	$\frac{58-130}{92}$
А.	41	$\frac{2-10}{3,3}$	$\frac{7-18}{10}$	$\frac{29-120}{72}$	$\frac{58-130}{94}$	$\frac{26-100}{64}$	$\frac{19-55}{34}$	$\frac{9-27}{15}$	$\frac{23-89}{58}$	$\frac{68-140}{89}$

Флишевая формация в целом

П.	71	$\frac{1-8}{3,1}$	$\frac{6-23}{12}$	$\frac{13-98}{56}$	$\frac{36-100}{72}$	$\frac{46-140}{60}$	$\frac{6-60}{38}$	$\frac{8-35}{20}$	$\frac{32-120}{82}$	$\frac{58-130}{91}$
А.	54	$\frac{2-12}{3,2}$	$\frac{6-23}{10}$	$\frac{29-120}{70}$	$\frac{24-140}{93}$	$\frac{15-100}{61}$	$\frac{7-55}{34}$	$\frac{2-27}{14}$	$\frac{23-89}{56}$	$\frac{27-150}{91}$

Кроноцкий разрез в целом

П.	87	$\frac{1-8}{3}$	$\frac{6-23}{12}$	$\frac{1-98}{53}$	$\frac{26-100}{67}$	$\frac{14-140}{62}$	$\frac{6-73}{40}$	$\frac{8-38}{22}$	$\frac{32-150}{83}$	$\frac{50-130}{90}$
А.	65	$\frac{1-12}{3,1}$	$\frac{4-23}{10}$	$\frac{29-120}{68}$	$\frac{20-140}{89}$	$\frac{15-100}{60}$	$\frac{7-59}{34}$	$\frac{2-63}{15}$	$\frac{23-110}{56}$	$\frac{27-150}{89}$

Примечание. П. — песчаники, А. — алевро-аргиллиты.

Таблица 16

Распределение средних содержаний малых элементов в песчаниках Сихотэ-Алиня и Камчатки и их сравнение с кларками по различным авторам, г/т

1	2	3	4			5			6		
			А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В
	пх										
Sn	10 ⁻⁵	—	5,3	10	—	3	10	—	3,2	10	—
Pb	7	20	28	4	1,4	12	3	0,6	12	3	0,6
Zn	16	20	67	4,2	3,3	53	3,3	2,6	53	3,3	2,6
B	35	20	75	2,1	3,7	67	1,9	3,3	41	1,2	2
	пх										
Cu	10 ⁻⁴	—	28	10	—	62	10	—	66	10	—
Ni	2	5	40	20	8	40	20	8	46	23	9,2
Co	0,3	0	12	40	?	22	73	?	24	80	?
Cr	35	134	77	2,2	0,6	83	2,4	0,6	124	3,5	0,9
V	20	20	71	3,5	3,5	90	4,5	4,5	123	6,1	6,1

Примечание. 1 — элемент; кларки: 2 — по К. Турекяну и К. Ведеполу [130]; 3 — по К. Ранкама и Т. Сахама [126]; 4 — Сихотэ-Алинь; 5 — Кроноцкий полуостров; 6 — Ильпинский полуостров; А — абсолютные содержания, Б, В — кларки концентраций: Б — по К. Турекяну и К. Ведеполу; В — по К. Ранкама и Т. Сахама.

Пониженные по сравнению с песчаниками и кларками содержания олова в алевро-аргиллитах Сихотэ-Алиня объясняются тем, что олово, главным образом обломочное, и его наиболее тонко измельченные частицы концентрируются не в глинистых осадках, а преимущественно в алевритовой фракции зернистых пород, где оно определено в количествах, на порядок превышающих кларк [5, 44, 53, 57, 58]. Это особенно хорошо видно на

Таблица 17

Распределение средних содержаний малых элементов в глинистых породах Сихотэ-Алиня и Камчатки и их сравнение с кларками по различным авторам, г/т

1	2	3	4	5			
				А	Б	В	Г
Sn	6	40	3	4	0,7	0,1	1,3
Pb	20	20	20	30	1,5	1,5	1,5
Zn	95	600	80	108	1,1	0,2	1,3
B	10	310	100	153	15,3	0,5	1,5
Cu	45	192	57	50	1,1	0,3	0,9
Ni	68	24	95	47	0,7	1,9	0,5
Co	19	8	20	10	0,5	1,2	0,5
Cr	90	450	100	80	0,9	0,2	0,8
V	130	120	130	98	0,7	0,8	0,7

Примечание. 1 — элемент; кларки: 2 — по К. Турекяну и К. Ведеполу [130]; 3 — по К. Ранкама и Т. Сахама [126]; 4 — по А.П. Виноградову [21]; 5 — Сихотэ-Алинь; 6—7 — Камчатка; 6 — Кроноцкий полуостров; 7 — Ильпинский полуостров;

графике распределения олова в элементарных ритмах дальнегорского флиша Восточного Сихотэ-Алиня (рис. 27).

В верхнетриасовых отложениях Комсомольского района [27] олово составляет в среднем (в г/т): в песчаниках — 17, алевролитах — 16, глинистых сланцах — 12, а в юрских — 12 в песчаниках и 15 в алевролитах, т. е. его в 2–3 раза больше, чем в соответствующих породах Южного Сихотэ-Алиня. Это подтверждает мнение, что олово встречается в большинстве минеральных образований данного района, одновозрастных с концентрациями этого элемента [86].

Свинец, так же как и олово, элемент, характерный для сиалической земной коры [23, 79, 124]. Его значительно больше в гранитоидах, чем в основных магматических породах.

Выветривание метаморфических и кислых магматических пород продуцирует слюду и полевые шпаты, в состав которых свинец входит как малый элемент. Свинец также может транспортироваться в осадочные бассейны глинистыми минералами и окислами железа в абсорбированном состоянии. Этим, по-видимому, объясняются сравнительно высокие содержания его в сихотэ-алинских породах (*к.к.* в песчаниках составляет 4, в алевро-аргиллитах — 1,5) и, наоборот, низкие — в камчатских (*к.к.* в песчаниках — 3, а в алевро-аргиллитах — 0,5–11). Следует упомянуть, что на Сихотэ-Алине наши исследования проводились в Дальнегорском районе, богатом полиметаллическими месторождениями.

По поводу способа транспортировки и накопления свинца в осадочных породах не существует единого мнения. Вероятно, он может накапливаться как вследствие переотложения, так и постседиментационными процессами. Уверенно можно лишь утверждать, что обогащению осадочных, и в частности глинистых, пород свинцом весьма благоприятствует органическое вещество, в присутствии которого образуются сульфидные соединения этого металла, но в кварцевых песках и песчаниках его количество ничтожно.

6				7			
А	Б	В	Г	А	Б	В	Г
3,1	0,5	0,07	1,0	5,5	0,9	0,1	1,8
10	0,5	0,5	0,5	22	1,1	1,1	1,1
68	0,7	0,1	0,8	94	0,9	0,1	1,2
89	8,9	0,3	0,9	94	9,4	0,3	0,9
60	1,3	0,3	1,05	109	2,4	0,6	1,9
34	0,5	1,4	0,3	56	0,8	2,33	0,6
15	0,8	1,9	0,7	23	1,2	2,9	1,1
56	0,6	0,1	0,6	81	0,9	0,2	0,8
89	0,6	0,7	0,86	112	0,9	0,9	0,8

А — абсолютные содержания; Б–Г — кларки концентраций; Б — по К. Турекяну и К. Ведеполю; В — по К. Ранкама и Т. Сахама; Г — по А.П. Виноградову.

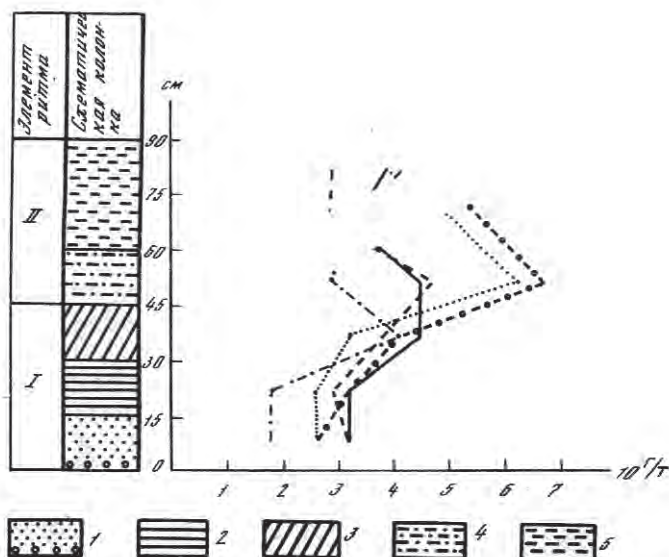


Рис. 27. Распределение олова в элементарном ритме нижнемелового флиша Сихотэ-Алиня по типам пород (Г/т)

I, II — элементы ритма; 1—3 песчаник: 1 — с градиационной слоистостью, 2 — горизонтально-слоистый, 3 — косослоистый со следами оползания; 4 — алевро-аргиллит; 5 — аргиллит. Кривые по пяти ритмам.

Цинк в отличие от олова и свинца содержится в кислых изверженных породах в сравнительно малых количествах — в гранитоидах 30–40 г/т, а в габброидах и базальтах — 80–120 г/т. Поэтому обогащение цинком сихотэ-алинских пород (*к.к.* для песчаников — 4,2, для алевро-аргиллитов — 1,1) по сравнению с камчатскими (соответственно 3,3–2,6 и 0,71–0,55) невозможно объяснить исходя из предполагаемого состава материнских пород.

Так же как и свинец, цинк, освобождаясь из магматических пород в виде растворов, адсорбируется глинистыми минералами, окислами и органическим веществом, часто образуя сульфиды, которые обычно тонко рассеяны в осадках.

Меди в осадочных породах Сихотэ-Алиня и Камчатки сравнительно мало. В глинистых породах Сихотэ-Алиня *к.к.* = 1,1, на Кроноцком полуострове — 1,3, а на Ильпинском — 2,2. По сравнению же с кларками К. Ранкама и Т. Сахама (192) *к.к.* значительно ниже единицы. Что касается песчаников, то в них меди на порядок больше кларка К. Турекяна и К. Ведеполя, причем на Камчатке ее примерно в два раза больше, чем на Сихотэ-Алине.

По другим данным [124], сихотэ-алинские песчаники по содержанию меди соответствуют аркозовым, а камчатские богаче их примерно в три раза. Это объясняется, вероятно, тем, что магматические породы основного состава (предполагаемый источник сноса на Камчатке) содержат 140–150 г/т меди, в то время как в кислых и средних (материнские породы на Сихотэ-Алине) этого металла не более 30–35 г/т. Кроме меди, вынесенной, как предполагается выше, из всего комплекса материнских пород, содер-

жащих кларковые или повышенные содержания металла, возможно ее накопление в связи с вулканической деятельностью, как наземной, так и подводной [71]. Последний фактор играл весьма существенную роль в процессах литогенеза Восточной Камчатки.

Медь транспортируется реками большей частью в виде взвеси и лишь частично в виде растворов [71, 72, 91, 92], поэтому между абсолютными содержаниями меди в песчаниках и алевро-аргиллитах Камчатки разницы нет, а на Сихотэ-Алине алевро-аргиллиты примерно в два раза богаче медью, чем песчаники.

Резкие различия концентраций *никеля* обнаруживаются по сравнению с кларками в песчаниках и алевро-аргиллитах.

В песчаниках его содержания превышают кларк К. Турекяна и К. Ведеполя примерно в два раза, в то время как для алевро-аргиллитов коэффициент концентрации составляет на Сихотэ-Алине 0,7, на Кроноцком полуострове — 0,5 и на Ильпинском — 0,8, а по А.П. Виноградову — соответственно 0,5; 0,3 и 0,6. В пределах одного типа пород никеля на всех трех участках содержится примерно одинаково; несколько меньше его содержание в алевро-аргиллитах Кроноцкого полуострова (возможно, это обусловлено их диатомовым кремнистым составом). Однако в целом в песчаниках он намного выше кларка, а в алевро-аргиллитах, наоборот, значительно ниже.

Известно, что в песках и песчаниках количество никеля незначительное, и он большей частью входит в состав магнетита и хромита [120, 124]. Обычно это продукты разрушения основных магматических пород, в которых никеля содержится 100–500 г/т (в гранитах и риолитах — всего 5–20 г/т). В нашем случае анализ состава тяжелой фракции не позволяет выяснить причину такого распределения, так как хромит во всех случаях присутствует в очень малых количествах. То же можно сказать и о магнетите, который встречается только в виде следов, и только на Кроноцком полуострове в песчаниках он слагает почти всю магнитную фракцию. Вместе с тем в этих породах не наблюдается повышенных по сравнению с другими песчаниками количеств никеля. Таким образом, концентрации никеля непосредственно не связаны с обломочной частью пород и, следовательно, с источником питания.

Кобальт, хотя и родственный никелю элемент, с наиболее ярко выраженными сидерофильными и халькофильными свойствами ведет себя в рассматриваемых отложениях иначе. В песчаниках его содержания от Сихотэ-Алиня к Ильпинскому полуострову отчетливо возрастают, и в целом они значительно превышают кларки. Коэффициент концентрации соответственно 40, 73 и 80! В глинистых породах кобальта, наоборот, меньше или он незначительно превышает кларк, но так же, как и в песчаниках, его содержание от Сихотэ-Алиня к Камчатке увеличивается: *k.k.* составляет 0,5, 0,8 и 1,3.

Такие резкие колебания в концентрации кобальта как между типами пород, так и между регионами вполне удовлетворительно объясняются характером источников сноса.

Хром попадает в осадочные породы двумя путями. Основная масса его осаждается в виде взвеси обломочных нерастворимых хромшпинелидов (хромита), и в этом случае он концентрируется в зернистых по-

родах — песчаниках и алевролитах. При этом, как полагает В. Гольдшмидт [120], чем меньше размер зерен, тем больше количество хрома. Хромшпинелиды — характерные минералы основных, и в частности габброидных, пород, и их количество падает от ультраосновных к кислым, но в любом случае принято считать их минералами почти исключительно магматического происхождения, а присутствие хрома является индикатором близости богатых магнием магматических пород.

В песчаниках содержание хрома всегда выше кларкового. От Сихотэ-Алиня к Камчатке коэффициент концентрации увеличивается и равен 2,2, 2,4, 3,5. Однако содержание хрома не согласуется с количеством хромита в тяжелой фракции этих пород. В камчатских песчаниках хромит встречается равномерно, но в количествах от следов до 1%, редко достигая 4%, а на Сихотэ-Алине он отсутствует или встречается в виде редких знаков, и только в двух образцах его количество превышает 2%. Между тем в основных магматических породах он составляет для габброидов и ультраосновных менее 5%, а в гранитоидах практически отсутствует.

Другой источник хрома в осадках — это фемические компоненты материнских пород, такие, как пироксены, амфиболы и биотит, высвобождающие этот элемент в процессе выветривания. В дальнейшем он концентрируется в глинистой составляющей пород — каолините и монтмориллоните [73]. Возможно, это и было главным фактором обогащения хромом камчатских пород по сравнению с сихотэ-алинскими.

Судя по кларкам, хром склонен накапливаться больше в глинах, нежели в песчаниках, однако в нашем случае это не находит подтверждения: содержание хрома в песчаниках и алевро-аргиллитах Сихотэ-Алиня почти одинаковое, а на Камчатке алевро-аргиллиты беднее песчаников по хрому в полтора раза.

Ванадий, один из наиболее распространенных рассеянных элементов, в осадочном цикле обычно накапливается в рассеянном состоянии, главным образом в глинистых породах. В механической взвеси он транспортируется в составе титаномагнетита преимущественно в тех случаях, когда областью питания служат магматические породы основного состава. Ванадий может переноситься и в сорбированном состоянии многими минералами и коллоидами, а наиболее обычный способ его фиксации — это адсорбция на глинистых частицах [35].

Для песчаников ванадий в общем не характерен. Это обусловлено, согласно В. Гольдшмидту, двумя независимыми главными факторами: 1) первичным материалом, обычно происходящим из гранитоидов, которые бедны ванадием, и 2) тем, что в процессах выветривания большая часть ванадия выносится как растворимый ванадат.

Глины и сланцы, содержащие органическое вещество, как правило, богаче ванадием, чем породы, не содержащие такого материала. Однако прямой связи между ванадием и органикой нет. Вероятно, решающую роль играет все же состав источника питания.

Все сказанное выше объясняет обычные средние концентрации ванадия в осадочных породах: для песчаников — 20, а для глинистых пород — 90–450 г/т.

Наш материал по ванадию не укладывается в эти общепринятые рамки. На Камчатке алевро-аргиллиты содержат примерно столько же или даже

несколько меньше ванадия, чем песчаники, а на Сихотэ-Алине в алевро-аргиллитах его больше лишь в 1,4 раза. По отношению к кларкам песчаники обнаруживают значительную концентрацию ванадия: от Сихотэ-Алиня к Камчатке $k.k.$ равны 3,5, 4,5, 6,1. Между тем в алевро-аргиллитах, наоборот, ванадия содержится меньше кларка — кларк концентрации колеблется в пределах 0,7–0,9.

При сравнении регионов видно, что камчатские песчаники, особенно ильпинские, обогащены ванадием почти в два раза больше сихотэ-алинских и в шесть раз больше по отношению к кларкам. Это дает основание полагать, что большая часть ванадия имеет там обломочное происхождение и связана с источниками сноса, сложенными преимущественно средними и основными эффузивами.

Бор присутствует в песчаниках в количествах, превышающих кларки: на Сихотэ-Алине коэффициент концентрации по К. Турекяну и К. Ведеполю — 2,1, по Ранкама и Сахама — 3,7, а на Камчатке несколько меньше: соответственно 1,9–1,2 и 3,3–2,0. Выше кларковых, как правило, и содержание бора в алевро-аргиллитах, особенно по сравнению с цифрами К. Турекяна и К. Ведеполя: 15,3 для Сихотэ-Алиня и 8,9–9,4 для Камчатки. Однако эти содержания ниже кларковых по А.П. Виноградову. Значительные концентрации в песчаниках и алевро-аргиллитах Дальнего района Сихотэ-Алиня имеют, вероятнее всего, вторичную, наложенную природу и обусловлены общей зараженностью этим элементом пород вблизи борных месторождений скарнового типа. Определенную роль могут играть обломочный турмалин, весьма характерный для этих осадков, а также некоторые боросодержащие тонкодисперсные алюмосиликаты: мусковит, серицит и др. [100, 124]. Ю.А. Билибин [14] подчеркивал, что в выделенном им восточноазиатском подтипе минерализации внешних зон металлогенических поясов, куда входит и Сихотэ-Алинь, бор — один из наиболее характерных минерализаторов, и он обуславливает появление существенных количеств турмалина в месторождениях почти всех металлов.

Распределение микроэлементов в ряду песчаник–алевро-аргиллит, согласно Н.М. Страхову [90], относится к пестрому типу, характерному для континентальных угленосных толщ Караганды (рис. 28).

В числе других геохимических индикаторов условий седиментации З.А. Яночкина [115] применяет коэффициент упорядоченности — отношение числа элементов, подчиняющихся упорядоченному типу распределения по Н.М. Страхову, к общему числу рассматриваемых элементов. В эпохи интенсивного выветривания этот коэффициент будет стремиться к единице, а в периоды ослабления — убывать. В нашем петрографическом ряду коэффициент упорядоченности в общем невелик. Он значительно меньше единицы и составляет на Сихотэ-Алине 0,55, на Кроноцком полуострове — 0,22, а на Ильпинском — 0,66. Это свидетельствует об очень слабой степени химического разложения материнских пород и о преобладании физической их дезинтеграции. Определенную роль в уменьшении коэффициента сыграло и участие вулканогенного материала, почти не подвергшегося выветриванию.

Только в нижнемеловой флишевой формации Восточного Сихотэ-Алиня распределение малых элементов приближается к сглаженно-упорядо-

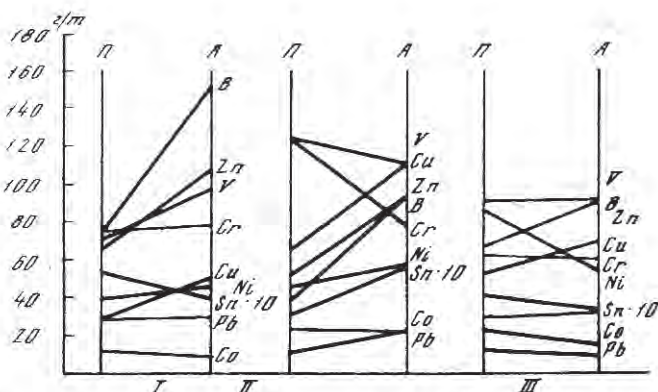


Рис. 28. Поведение микроэлементов в ряду песчаник (П) – алевро-аргиллит (А)

I – Сихотэ-Алинь, II – Ильинский полуостров, III – Кроноцкий полуостров

ченному типу, когда концентрации их повышаются от песчаных пород к глинистым. Этот тип распределения обусловлен, вероятно, более глубокой переработкой исходного материала и, возможно, менее расчлененным рельефом, что, впрочем, и подтверждается относительно высоким коэффициентом зрелости (отношением $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$), а также присутствием в некоторых местах разреза флишевой формации обломочного каолинита, входящего как в состав песчаников, так и алевро-аргиллитов [108]. Такой характер распределения, кроме того, может быть и благодаря механизму осаждения турбидитов, слагающих флишевую формацию, обеспечившему хорошую гранулометрическую сортировку песчаноглинистого осадка, что соответственно привело к более контрастному и однообразному распределению малых элементов [90]. Это особенно наглядно иллюстрируется распределением микроэлементов внутри элементарных ритмов наиболее типичных турбидитов флишевой формации (рис. 29). От основания ритмов к их кровле содержания микроэлементов вначале падают, а затем более или менее резко возрастают с уменьшением зернистости породы и переходом песчаника в алевро-аргиллит. Падение концентраций от самого основания ритма, состоящего из градационно-слоистого песчаника, к горизонтальному – слоистому – вызвано уменьшением количества глинистых включений, которые в подошве ритма многочисленны и достигают величины нескольких сантиметров.

Сравнение концентраций одних и тех же элементов на Сихотэ-Алине и Камчатке отдельно по песчаникам и по алевро-аргиллитам показывает, что в песчаниках четко выделяются две их группы. Одна группа, куда входит олово, свинец, цинк и бор, генетически (за исключением цинка) связана с кислыми магматическими породами, главным образом, с гранитоидами, прямым или косвенным продуктом разрушения которых являются сихотэ-алинские аркозы и ассоциирующиеся с ними глинистые породы преимущественно хлорит-гидрослюдистого состава. Микроэлементы этой группы содержатся в сихотэ-алинских песчаниках в заметно больших количествах, чем в камчатских. Такое распределение согласуется и с рудной специализацией Сихотэ-Алиня, в пределах которого ши-

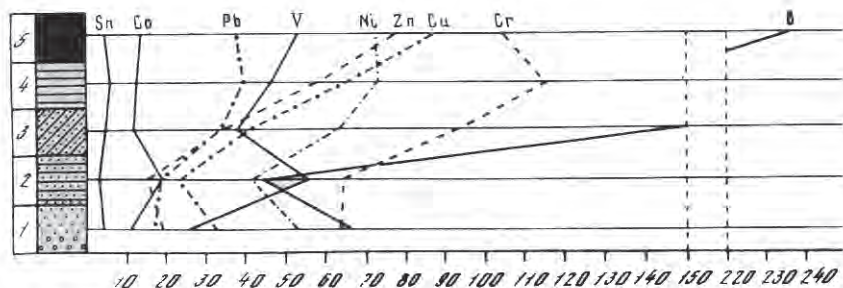


Рис. 29. Распределение микроэлементов в элементарном ритме нижнемелового флиша Сихотэ-Алиня по типам пород (в г/т)

1—3 — песчанник: 1 — с градационной слоистостью; 2 — горизонтально-слоистый, 3 — косослоистый со следами оползания; 4 — алевро-аргиллит; 5 — аргиллит

роко развита оловянно-полиметаллическая минерализация, а также имеется месторождение бора [45, 77, 78] (рис. 30).

Другая группа объединяет остальные микроэлементы: медь, никель, кобальт, хром и ванадий. Все они относятся к фемическому ряду и свойственны магматическим породам среднего и основного состава. Именно эти породы служили источником питания для камчатских граувакк и связанных с ними преимущественно монтмориллонит-хлоритовых плинитовых пород. Вторая группа элементов обнаруживает более высокие концентрации в камчатских песчаниках по сравнению с сихотэ-алинскими, что, как и в первом случае, совпадает с металлогеническим профилем Камчатско-Корякской складчатой области.

Отметим еще, что в обоих камчатских разрезах большинство элементов содержится в каждом типе пород примерно в равных количествах, в то время как хромом и ванадием, в меньшей степени никелем, обогащены песчаники Ильпинского полуострова, а бором — Кроноцкого.

Таким образом, характер распределения всех микроэлементов в песчаниках (кроме цинка) обнаруживает прямую связь с содержаниями этих элементов в исходных материнских породах: сиалического профиля, кислого состава на Сихотэ-Алине и фемического, основного и среднего состава на Камчатке.

Еще в 1946 г. С.С. Смирнов [87] сформулировал идею о существовании двух металлогенических зон, концентрически прилегающих одна к другой — внутренней и внешней по отношению к океану. Внутренняя зона, куда относится и Восточная Камчатка, характеризуется оруденением, относящимся к производным мезократовой магмы, и среди металлов наиболее типична медь. Эта зона на азиатской стороне проявлена со значительными перерывами, благодаря чему большая часть азиатского побережья Тихого океана представлена только внешней зоной с оловянно-вольфрамовым оруденением — производным лейкократовой магмы.

По мнению Ю.А. Библина [14], нет сомнения, что металлами, связанными с основными и ультраосновными магматическими комплексами, являются, помимо меди, хром, титан, никель и платиноиды, которые с полным правом можно отнести к металлам "мезократовой" группы.

В отношении свинца и цинка следует сказать, что в колчеданных зале-

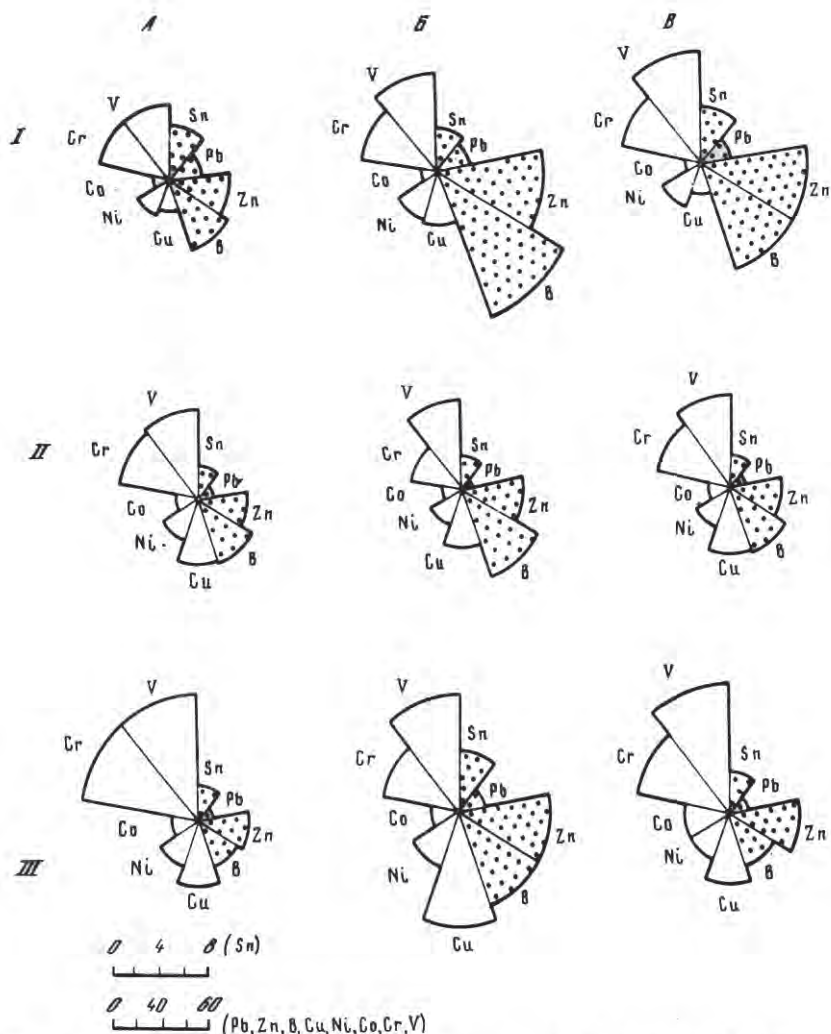


Рис. 30. Распределение микроэлементов в терригенных образованиях Сихотэ-Алиня и Камчатки

I — Сихотэ-Алинь; II — Кроноцкий полуостров; III — Ильинский полуостров. А — песчаники; Б — алевро-аргиллиты; В — средневзвешенные значения для всего терригенного разреза. Секторы: с точками — сидерофильные элементы, белые — халькофильные

жах, содержащих примесь пирротина, золота и барита, эти металлы очень характерны для мезократового оруденения, в жильных же и скарновых месторождениях они больше приближаются к металлам лейкократового типа. Возможно, этим объясняется двойственное поведение хотя бы одного из этих металлов — цинка [105],

Такое сравнительно простое и логически объяснимое поведение микроэлементов в песчаниках нарушается при рассмотрении алевро-аргиллитов, где не обнаружено какой-либо закономерности. Вероятно, это происхо-

дит потому, что в глинистых породах состав источников сноса отражается не столь непосредственно, как в песчаниках, где по существу микроэлементы содержатся в количествах, характерных для материнских пород, но искаженные в той или иной степени. Кроме того, распределение микроэлементов может усложниться из-за большей, чем у песчаников, способности глинистых пород взаимодействовать с растворимыми соединениями элементов, и в частности с ювенильными растворами и газовыми эманациями из вулканических источников.

Как было показано выше, распределение микроэлементов в паре песчаник-глинистая порода указывает на преобладание физического выветривания над химическим в области сноса. Может быть, именно поэтому содержания элементов не всегда соответствуют количеству в тяжелой фракции тех минералов, в состав которых входит тот или иной элемент, а скорее зависят от валового состава исходного материала.

Можно лишь констатировать, что, во-первых, в среднем алевро-аргиллиты Камчатки по сравнению с сихотэ-алинскими, так же как песчаники, содержат больше меди, кобальта и ванадия и, неожиданно, олова. Все остальные элементы на Камчатке содержатся в алевро-аргиллитах в значительно меньших количествах, чем на Сихотэ-Алине. Во-вторых, кронацкие алевро-аргиллиты по всем элементам беднее ильпинских.

Хотя мы придерживаемся точки зрения, что основные линии поведения малых элементов, так же как и породообразующих, определялись характером поступающего в бассейн исходного материала, нельзя не допустить, что в стадии диагенеза, катагенеза и эпигенеза происходит перераспределение некоторых элементов под влиянием различных факторов внутри слоев и между ними.

Из малых элементов это относится к бору, о чем было указано выше, а из породообразующих — к железу, соотношение закисной и окисной форм которого не соответствует тому, которые можно было бы ожидать, учитывая химический состав предполагаемых материнских пород.

Опубликованных данных по распределению малых элементов в геосинклинальных комплексах других районов Главного синклинория Сихотэ-Алиня пока немного, но цифры, опубликованные С.С. Карауловым [46] по олову, свинцу, цинку, меди, никелю, кобальту, хрому и ванадию, а также В.В. Беловым [9] по меди, как правило, совпадают с нашими или очень близки и для песчаников, и для алевро-аргиллитов.

В геосинклинальных терригенных осадочных комплексах Сихотэ-Алиня и Камчатки не установлено пока полезных ископаемых, непосредственно связанных с осадкообразованием, кроме фосфоритов. Однако в вулканогенно-осадочных формациях этих регионов локализовано большое число месторождений и проявлений полезных ископаемых магматического и гидротермального генезиса, на формирование которых в той или иной степени могли оказать влияние химический состав и распределение микроэлементов во вмещающих толщах [17, 37, 106]. В этом смысле небезынтересно, что в общих чертах металлогенические профили Сихотэ-Алиня и Камчатки совпадают с содержаниями соответствующих малых элементов в осадочно-вулканогенных толщах этих регионов.

Это хорошо видно в табл. 16—17 и иллюстрируется рис. 30, где показаны абсолютные средние содержания микроэлементов по типам в обоих

регионах, а также средневзвешенные их содержания в соответствии с долей участия этих типов в строении геологических разрезов.

Исследования минерального и химического состава опорных разрезов осадочно-вулканогенных формаций, естественно, не могут выявить степень постоянства полученных цифровых данных на всей площади развития этих формаций, но они позволяют получить представление о типе земной коры в источниках сноса и тем самым способствуют реконструкциям палеогеографической и палеотектонической обстановки на стыке континента и океана в различные геологическое время. В этом заключается их основная ценность. О значении подобных исследований для определения перспектив обнаружения олова писал почти полвека тому назад С.С. Смирнов [86], а именно, что тщательному сравнительному анализу должны быть подвергнуты основные элементы геологического строения и истории развития крупных специфически оловоносных районов. Характерное развитие песчаниково-сланцевых толщ, тип складчатости и характер интрузивных комплексов ряда оловоносных регионов говорят иногда о каких-то особых условиях развития соответственных геосинклинальных участков. Вероятно, это замечание можно распространить на целый ряд других элементов (полезных ископаемых), поиски которых с каждым днем требуют все более научно обоснованных критериев.

ОСОБЕННОСТИ ФАНЕРОЗОЙСКОГО ГЕОСИНКЛИНАЛЬНОГО ТЕРРИГЕННОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ НА СИХОТЭ-АЛИНЕ И КАМЧАТКЕ

Как было кратко изложено во Введении, основная задача монографии — показать, насколько идея о существовании двух контрастных зон Тихоокеанского пояса — внутренней и внешней по отношению к океану, каждая из которых характеризуется своими особенностями магматизма, тектоники, металлогении и в целом геологической историей развития, подтверждается результатами изучения осадочных и осадочно-вулканогенных геосинклинальных образований Сихотэ-Алиня и Камчатки, их формационной принадлежностью и особенно вещественным составом.

Анализ формаций главнейших зон терригенного осадконакопления показал [55], что во внешней зоне в каждой крупной структурной единице, входящей в состав наиболее типичной ее части — Яно-Колымской складчатой области, развиты, как правило, различные по полноте формационные ряды, включающие все основные типовые формации — от кремнисто-вулканогенной до молассовой. Однако во всех случаях мы сталкиваемся или с ущемленным, рудиментарным характером вулканогенно-кремнистой формации, или она отсутствует вообще, или наоборот — мощным развитием песчано-глинистых толщ, образующих флишевые, флишоподные и другие терригенные формации.

Геосинклинальные бассейны, в которых накапливались терригенные осадки, закладывались здесь на континентальной основе, хотя механизм их образования не совсем ясен и, по-видимому, мог быть разным.

В одних случаях (Западно-Верхоянский и Иньяли-Дебинский прогибы) происходили значительные блоковые перемещения массивов по системам региональных разломов, приведшие к образованию крупных проги-

бов глубокого заложения, в которых впоследствии отложения были смяты в узкие линейные складки типично геосинклинального характера. Этим прогибам свойственны и наиболее полные формационные ряды, и наибольшие мощности отложений, достигающие 12—15 тыс. м. В них недоразвита лишь самая нижняя, вулканогенно-кремнистая или кремнисто-терригенная формация. Терригенные же формации — аспидная, флишевая и молассовая — развиты хорошо и отчетливо обособляются. Учитывая размеры этих геосинклиналей, наличие хотя и слабых, но достоверно проявившихся вулканических процессов в начале их развития, а также более позднее интенсивную складчатость и кислый магматизм, в том числе гранитоидный, надо допускать, что догеосинклинальный фундамент был существенно переработан, глубоко опущен или раздвинут и эти участки земной коры отличались значительной мобильностью [26].

В другом случае Полоусный прогиб Кондаковского плоскогорья заложился на опущенных по разломам блоках в краевой части жесткого Колымского массива. Неглубокое залегание фундамента и относительно слабая его переработка обусловили спокойные, простые формы складчатости, осложненные только в непосредственной близости к разломам. Терригенная флишевая формация здесь — единственная геосинклинальная формация, заполняющая прогиб, причем максимальная мощность ее превышает 10 км, а время образования растянулось от раннего триаса до поздней юры [69].

Смешанными признаками обладает Илин-Тасская геосинклинальная зона [52]. С одной стороны, она возникла на позднем этапе развития области, когда основная ее часть была уже консолидирована. С другой стороны, благодаря глубоким расколам земной коры в ней развит формационный ряд, который можно было бы отнести к эвгеосинклинальному, если бы не смешанный состав вулканитов вулканогенно-кремнистой формации основания разреза, из-за которого последнюю нельзя уверенно сопоставить с офиолитовой. Эта зона отличается от предыдущих несколько повышенным индексом вулканизма [74]. С.М. Тильман относит ее к позднемезозойским рифтам [97].

Миогеосинклинальный характер Яно-Колымской геосинклинальной области (кроме Илин-Тасской зоны) подтверждается не только слабым проявлением прямых признаков вулканизма, но и минеральным составом песчаников в осадочных толщах, который остается аркозовым или близким к нему на протяжении всего времени накопления терригенных формаций, что свидетельствует об отсутствии или слабом развитии продуктов вулканической деятельности и в соседних источниках питания.

Иного взгляда на происхождение геосинклинальных структур внешней зоны Северо-Запада Тихоокеанского пояса придерживается Н.П. Васильковский [18, 19]. Он считает, что конкретные данные о присутствии на глубине складчато-метаморфического фундамента как самостоятельного структурного этажа отсутствуют в Верхоянском метантиклинории, а мнение о наличии в пределах Яно-Чукотского мегасинклинория выступов докембрийского кристаллического фундамента несостоятельно — миогеосинклинальный бассейн на этой территории образовался в процессе развития эвгеосинклинальной, океанической области, корни которой обнаруживаются в базитовом кристаллическом комплексе Охотского массива.

В целом терригенное осадконакопление, в том числе и флишеобразование, было приурочено к поздней стадии развития геосинклинальных прогибов — эпохе их расчленения внутренними поднятиями, и оно постепенно перемещалось к востоку, становясь моложе в соответствии с общим ходом развития геосинклинальной области.

Терригенные формации Яно-Колымской области обладают и некоторыми особенностями морфологии. Они лишены во многих случаях характерных признаков типичного флиша — градационной слоистости и других атрибутов турбидитов, нехарактерны подводно-оползневые явления; как правило, палеогеографические реконструкции предполагают компенсированное осадконакопление в относительно мелководных условиях. Исключение составляют отложения восточной части Полоусного прогиба, которые, по-видимому, обладают всеми чертами типичного флиша [69].

В Амуро-Уссурийском мегаблоке внешней зоны терригенные образования, включая и флишевые формации, участвуют в строении крупнейших структур Сихотэ-Алиня — Главного и Прибрежного антиклинориев, а также Главного и Амуро-Уссурийского синклинориев.

В антиклинориях развит в основном раннегеосинклинальный комплекс — вулканогенно-кремнистая ассоциация позднего палеозоя—раннего мезозоя с участием известняков, входящая в состав не очень ярко выраженного офиолитового комплекса.

Терригенные породы во всех свитах комплекса составляют значительную часть — более половины, а ариаднинская и удековская свиты сложены ими целиком, и они представлены флишеидным, иногда флишевым чередованием. Ариаднинская свита, которая долгое время считалась самым верхним членом вулканогенно-кремнистой ассоциации, по последним данным, может подстилать ее, и тогда это один из особых и наиболее необычных случаев образования ритмичных толщ, внешне сходных с флишем, но занимающих в формационном геосинклинальном ряду самое нижнее положение. Песчаники свиты имеют ярко выраженный аркозовый состав и специфический "гранитный" комплекс тяжелых минералов.

По аналогии с геосинклиналями Яно-Колымского блока можно предположить, что ариаднинская свита образовалась в самом начале заложения на сиалическом фундаменте рифтогенного бассейна, в котором в дальнейшем накопились вулканогенно-кремнистые толщи. В удековской свите, лежащей стратиграфически выше — внутри офиолитового комплекса, необычно большую роль играют граувакки — вероятные продукты разрушения внутрибассейновых поднятий, сложенных интрузивными и эффузивными породами основного состава. Именно рифтовая природа геосинклинального бассейна, по-видимому, обусловила сравнительно малое количество эффузивов в раннегеосинклинальном комплексе Сихотэ-Алиня [32] — 15,7%, а в целом для геосинклинального разреза — 7,7%. Между тем средняя геосинклиналь [80, 81] содержит более 20% эффузивов.

Рифтовым происхождением Сихотэ-Алинской геосинклинали объясняется удовлетворительно и аномальный состав части основных эффузивов раннегеосинклинального комплекса [6], развитого в антиклинориях. Они отличаются от океанических базальтоидов повышенными содержаниями K_2O и общей щелочностью, а также другими особенностями, прибли-

жающими их к "сиалическим базальтоидам" окраинных морей Тихого океана, образование которых объясняется переработкой континентальной коры, протекающей вплоть до образования рифтогенных структур в глубоководных впадинах — зонах максимального растяжения [113]. Иными словами, сиалический характер базальтоидного магматизма окраинных морей является следствием разрушения окраин континентов и вовлечения в магмообразование материала континентальной коры. Основные породы, обогащенные сиалическими элементами, образование которых связывается с рифтогенными процессами, обнаружены и на Западе Сихотэ-Алиня — в Бикинской структурно-фациальной зоне [24]. Сопровождающие их осадочные терригенные формации, по данным А.Н. Филиппова, характеризуются аркозовым составом и также являются результатом разрушения континентальной коры в рифтоподобных структурах. Эта общность состава Бикинской зоны и Главного антиклинория, которые вместе составляют единую структуру, окаймляющую Ханкайский массив, свидетельствует об очень близких условиях заложения и развития. В пользу рифтовой природы раннегеосинклинального бассейна Сихотэ-Алиня могут также свидетельствовать широкое развитие подводно-оползневых образований, олистостромовых масс и существование многочисленных экзотических обломков, глыб и громадных массивов известняков, фиксирующих, по-видимому, тектонически наиболее активные периоды в развитии рифта, обусловившие образование крутых подводных склонов и неустойчивого берега. Быть может, полное разрушение и переработка береговой зоны с захоронением ее обломков в более молодых осадках морского бассейна являются причинами отсутствия известняков палеозоя *in situ*.

Раннегеосинклинальный комплекс накапливался, по всей вероятности, не только в пределах нынешних антиклинориев, где он выходит на дневную поверхность, но и в синклинориях, о чем можно достаточно уверенно судить по маломощным слоям и линзам кремнистых пород и эффузивов, залегающим в основании таухинской свиты — самого нижнего члена позднегеосинклинального комплекса Западной части Главного синклинория Сихотэ-Алиня в устье р. Троповой. В зонах крупных разломов свита содержит, кроме того, линзы и прослои кремнистых пород, диабазовых порфиринов и их туфов [75]. Можно, таким образом, говорить об унаследованности и непрерывности накопления раннегеосинклинального — вулканогенно-кремнистого и позднегеосинклинального — терригенного комплексов. Однако к началу накопления последнего площадь собственно геосинклинальной седиментации сократилась и ограничивалась территорией Главного и Амуро-Уссурийского синклинориев. На остальной территории образовались только континентальные и континентально-морские молассы.

Позднегеосинклинальный комплекс, развитый в синклинориях, представленный таухинской, уктурской и лужинской свитами на юге Сихотэ-Алиня и их стратиграфическими аналогами на севере его, отражает сравнительно короткое геологическое время — почти исключительно ранний мел. Но за этот относительно небольшой срок накопились песчано-глинистые толщи, мощность которых нередко превышает 5 км, и занимают они громадную территорию от Южного Сихотэ-Алиня до

Охотского моря, сохраняя при этом удивительное однообразие в целом как по морфологии, так и по вещественному составу — все они укладываются в понятие аспидной и терригенной или флишевой формаций в широком (тектоническом) смысле термина [67].

Эта однородность дает основание считать, что раннемеловой бассейн, существовавший на месте Главного синклинория, по всей вероятности, был слабо расчленен. Правда, имеются некоторые признаки присутствия в нем внутренних поднятий и островов — это грубообломочные осадки (конгломерато-брекчии, гравелиты и грубозернистые песчаники), например в среднем течении р. Павловки в окрестностях с. Нижние Лужки. При более детальном рассмотрении морфологии и отчасти вещественного состава осадков оказывается, что осадконакопление как вдоль бассейна, так и поперек его было различным. Так, в восточной части раннемелового бассейна накапливалась единая флишевая формация, но в Дальнегорском районе это терригенный флиш, только в одной песчано-глинистой разновидности которого есть следы вулканического материала; севернее, в бассейне р. Кемы, нижняя часть формации терригенная, а верхняя — типичный вулканогенный флиш; еще дальше к северу, в бассейне р. Бикина и ее притока р. Зевы, снова влияние вулканизма ослабевает [38, 75]. По латерали, к западу от флиша распространены лишь флишеидные толщи, характеризующиеся повсеместно развитой неправильной ритмичностью. Во флишеидные толщи переходят флишевые формации и на Северном Сихотэ-Алине по Амуру, Горину, Хунгари и др. Строение самой флишевой формации также изменяется по простиранию. В зависимости от соотношения слагающих ее главных компонентов — песчаников и алевро-аргиллитов — она может быть представлена различными типами флиша: глинистым, песчано-глинистым, песчаным. Довольно широко варьируют и мощности ритмов, участвующих в чередовании. Например, в Дальнегорском районе мощность песчаников достигает десятков метров, а в бассейне р. Кемы она не превышает нескольких метров. Меняются также некоторые текстурные особенности, например полнота ритмов, неодинакова роль различных типов слоистости, в частности градационной и др.

Несмотря на эти и другие отличия в морфологии в составе осадков, некоторые наиболее характерные признаки пород остаются без существенных изменений. К ним относится, например, постоянное присутствие в главной, типичной разновидности песчаников уктурской свиты включений алевро-аргиллитового материала, осаждавшегося в пластичном состоянии, размеры которого обычно больше среднего размера обломочных зерен и достигают нескольких сантиметров, образуя иногда глиняные катыши и гальки. Эти включения встречаются по всей мощности пластов, но наиболее крупные и многочисленные приурочены к их основанию и свидетельствуют о повсеместной высокой гидродинамической активности бассейна. Этот признак свойствен только песчаникам уктурской свиты, а ниже и выше ее он встречается редко.

Хорошая выдержанность условий осадконакопления на больших площадях иллюстрируется и таухинской свитой, основной тип пород которой — алевро-аргиллиты — легко распознается во всех местах ее развития благодаря их текстурным особенностям и поведению в гипергенных условиях: это массивные, часто скорлуповатые породы, легко и быстро

разрушающиеся при выветривании в мелкую щебенку, изменяя при этом цвет с темно-серого, почти черного на зеленовато-серый и желтовато-серый. Присутствие в них сингенетического пирита, а также высокое содержание органического рассеянного вещества указывают на существовавшие во время их накопления восстановительные условия и частично сероводородное заражение.

По минеральному составу обломочной части позднегеосинклинальные песчаники Сихотэ-Алиня, как и большинство раннегеосинклинальных, относятся к аркозам, и они содержат глинистые минералы гидрослюда-хлоритового ряда. Такими же минералами сложены и алевро-аргиллиты. Это свидетельствует о сиалическом источнике сноса, что подтверждается валовым химическим составом пород, наиболее информативными петрохимическими коэффициентами, а также наибольшими содержаниями сиалической группы микроэлементов.

В позднегеосинклинальном комплексе, как и в раннегеосинклинальном, широко проявлены признаки активной сейсмической жизни седиментационного бассейна — подводнооползневые образования, мощность которых в таухинской и уктурской свите особенно велика в восточной части Главного синклинория, а также повсеместно развитые турбидиты, наиболее типичные представители которых слагают нижнемеловую флишевую формацию Сихотэ-Алиня. Эти факты указывают также на относительно крутые уклоны дна палеобассейна в его краевых частях.

Для позднегеосинклинального бассейна хорошо и достаточно убедительно восстанавливается питание обломочным материалом не только и не столько с западных источников, сколько с восточных гипотетических массивов суши, существовавших на месте Японского моря.

Такая суша доказывается с рифея. Еще в 1908 г. В. Кото предполагал существование такого континента. Об этом же писал С. Бубнов, ссылаясь на исследования Т. Кобаяси [16]. На основе палеотектонических реконструкций рифейд востока Азии Л.И. Ицксон и С.А. Музылев [45] сделали вывод о существовании на месте окраинных морей рифейских, включая и ранний палеозой, массивов, в том числе Уссуро-Охотского, на месте Охотского и Японского морей. Наличие таких массивов в палеозое доказывает в своих палеореконструкциях и Н.А. Богданов [15].

О поступлении обломочного материала в Сихотэ-Алинскую геосинклиналь в мезозойское время с востока писал Н.А. Беляевский [11], и, в частности для мелового времени, возможность источника питания на месте Японского моря доказывается И.А. Меланхолиной [61], И.К. Пуциным [75] и автором [54,55].

Таким образом, кроме питания Сихотэ-Алинских фанерозойских бассейнов с запада из области Ханкайского и Буреинского массива, обломочный материал поступал и с востока, где в настоящее время расположено Японское море. Вещественный состав осадочных пород геосинклинальных комплексов Сихотэ-Алиня подтверждает эту точку зрения и свидетельствует в пользу двухстороннего питания продуктами разрушения континентальной коры на стадии развития зрелых складчатых структур.

Все приведенные выше обстоятельства вместе с данными по вещественному составу терригенных — песчаных и глинистых — пород осадочных формаций свидетельствуют, что Сихотэ-Алинская геосинклиналь представ-

ляет собой внутриконтинентальное образование, заложенное на месте раскола (рифта) в сиалической земной коре.

За последнее время увеличилось число сторонников энсиалической [131] природы Сихотэ-Алиня или хотя бы части его, придающих большое значение процессам рифтообразования на континентальной коре в противовес точке зрения об энсиматическом происхождении этой геосинклинали. Существование зон растяжения доказывается и в более древних, чем рассматриваемые нами, зонах — Ханкайском массиве и Юго-Западном Приморье, а также Северо-Восточном Китае, где в силуре и девоне образование континентальной коры сопровождалось тектонической деструкцией дорифейского метаморфического основания с различной глубиной его раскрытия, вплоть до образования эвгеосинклинальных прогибов, а к среднему палеозою на этой обширной площади наметилась сложная палеотектоническая обстановка, характеризовавшаяся сочетанием рифтовых зон, глубоких подвижных шельфов и континентальных склонов, разделенных остатками фундамента [95]. Сама же Сихотэ-Алинская система, по мнению С.М. Тильмана, заложилась на первичной океанической коре, фрагменты которой в виде небольших полос офиолитового меланжа развиты на юге Приморья. В карбоне—перми произошло становление раннего гранитно-метаморфического слоя, который в триасе подвергся рифтогенезу, и в новообразованных шовных прогибах возобновлялось геосинклинальное осадконакопление. Большую роль отводит процессам рифтообразования в Сихотэ-Алинской геосинклинали И.И. Берсенов [12]. Основываясь на общегеологических и палеонтологических данных, он предполагает, что в каменноугольном периоде и раннепермской эпохе геосинклинальные прогибы занимали сравнительно небольшую площадь, соизмеримую с территориями, занятыми в настоящее время Самурским, Главным и Прибрежным антиклинориями, причем не исключено, что эти прогибы образовались в результате растяжения земной коры, т. е. относились к типу рифтов. Растяжение коры в синклинии сопровождалось ее сжатием в смежных районах, а образовавшийся геосинклинальный бассейн заполнился осадками в конце перми, триасе и раннем мелу. Н.Г. Мельников и Л.А. Изов [62] на основе структурно-формационного анализа Сихотэ-Алиня пришли к выводу, что геосинклиналь заложилась в среднем палеозое, возможно в силуре, на раздробленных структурах докембрийского кристаллического основания.

В.В. Голозубов [34], использовавший новейшие данные по стратиграфии и тектонике Южного Сихотэ-Алиня, выделяет стадию наложенной геосинклинали, следовавшую за платформенной стадией, и делит ее на два этапа: демиссионный и инверсионный. Первый из них охватывает отрезок времени от карбона до поздней юры. В карбоне и перми осадконакопление происходило в двух однотипных внутриконтинентальных рифтах, вытянутых в северо-восточном направлении, разделявших область поднятия, которое размывалось вплоть до поздней перми, в то время как в рифтах накапливались кремнисто-алевролитовые спилитовые формации с линзами рифогенных известняков. В рифтах, вероятно, формировалась новая океаническая кора.

Н.П. Васильковский [18] считает, что концепция заложения Тихоокеанского пояса на платформенном субстрате не согласуется с геологическими

и геофизическими данными и поэтому не может быть положена в основу современных представлений о его геологической природе, а Г.С. Гнибиденко [33] называет структуру северо-западного сектора Тихоокеанского пояса ортогеосинклинальной.

Компромиссная точка зрения высказана Е.Б. Бельтеновым и И.А. Плотиновым: судя по физическому полю и формационному составу, Сихотэ-Алинская геосинклиналь заложилась на гетерогенном фундаменте. К югу от линии Комсомольск-на-Амуре—Советская Гавань фундамент континентального типа, а к северу — океанического или переходного. Они же подчеркивают огромную роль рифтогенеза в кайнозойское время, когда растягивающие усилия привели к образованию грандиозной системы грабенов, прослеживающейся в пределах Приамурья более чем на 900 км — от устья р. Сунгари на юге до Ульбанского залива Охотского моря на севере [10]. Серия кайнозойских впадин под названием Амуро-Охотской выделяется и Л.И. Красным [51].

Продукты вулканической деятельности оказали несущественное влияние на терригенное осадконакопление Сихотэ-Алиня. Они входят в состав пород и толщ только раннегеосинклинального комплекса и самой верхней части позднегеосинклинального. В первом случае это результат подводного вулканизма основного состава, преимущественно лавы спилитов и очень немного основных туфов. Кроме того, в кремнисто-вулканогенной формации встречается и некоторое количество граувакковых песчаников — результат размыва внутрибассейновых поднятий, в том числе и вулканического происхождения. Во втором случае это продукты преимущественно субаэральных извержений и лишь частично подводных — андезитового и более кислого состава. В бассейне р. Кемы они представлены пластовыми залежами туфов и туфолав небольшой мощности, но основную роль играют вулканомиктовые породы, по составу соответствующие андезиту, внешне порой неотличимые от туфов и слагающие вулканогенный тип флиша. Еще севернее, в бассейне р. Самарги, наиболее молодые горизонты складчатых комплексов готерива—альба, непосредственно подстилающие вулканический пояс, вполне сопоставимы с островодужными системами типа Камчатско-Курильской [32]. Тем не менее эти проявления андезитового вулканизма вряд ли считают доказательством существования типичных островодужных систем, так как они возникли одновременно с окончанием флишевого этапа в Главном синклинии и с началом накопления молассы, непосредственно перед мощным орогенным вулканизмом субаэрального типа, приведшим к образованию Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса. Указанные проявления андезитового вулканизма в верхней части геосинклинального терригенного субстрата свидетельствуют лишь о том, что существует известная унаследованность позднегеосинклинальных и орогенных вулканических процессов [18, 32, 55, 98]. Состав терригенных образований Сихотэ-Алиня и анализ формаций позволяют уверенно утверждать, что этот регион не проходил в большей своей части, по крайней мере ярко выраженной, островодужной стадии, хотя андезитовый вулканизм проявился на самых поздних стадиях собственно геосинклинального развития.

На Восточной Камчатке, входящей в состав внутренней зоны Тихоокеанского рудного пояса, так же как и на Сихотэ-Алине, в целом

Таблица 18

Средневзвешенный химический состав осадочных образований Главного синклинория Сихотэ-Алиня, вес, %

Литолого-стратиграфическая единица	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO
Западная часть					
Аспидная формация					
таухинская свита	65,95	0,54	14,37	2,65	2,58
Флишоидная формация					
уктурская серия	70,72	0,44	13,09	1,76	3,42
Молассовая формация					
лужинская свита	76,50	0,30	10,42	2,25	2,08
Западная часть в целом	71,83	0,42	12,57	2,06	2,78
Восточная часть					
Флишевая формация					
уктурская свита					
Первая толща песчаного флиша	68,25	0,51	14,07	1,20	1,45
Вторая толща песчаного флиша	60,01	0,65	14,50	0,69	4,42
Толща песчано-глинистого флиша	63,12	0,71	15,28	2,13	3,38
Третья толща песчаного флиша	67,76	0,47	12,98	1,33	3,98
Толща грубокластического флиша	65,32	0,66	14,88	1,21	3,57
Флишевая формация и восточная часть в целом	63,34	0,59	14,36	1,38	2,91
Главный синклинорий в целом	68,45	0,51	13,50	1,70	2,85

развит полный формационный ряд, включающий вулканогенно-кремнистую, аспидную, терригенные флишевую, флишоидную, граувакковую и молассовую формации.

В Олюторском прогибе не позже сенона накопился раннегеосинклинальный комплекс, представленный в основном вулканогенно-кремнистой формацией, мощность которой оценивается в несколько километров [96]. Она состоит из эффузивов основного состава, яшм и кремнистых сланцев, значительно реже из обломочных пород. Позднегеосинклинальный комплекс, куда входят аспидная, флишевая и молассовая формации, состоит почти исключительно из терригенных — песчаных и глинистых — пород, к которым только в верхней части разреза на заключительной стадии развития геосинклинали — в молассе значительное место занимают туфы и лавы основного и среднего состава. В остальных литолого-стратиграфических единицах продукты синхронного вулканизма не играют самостоятельной роли, составляя доли процентов мощности и слагая редкие мало-мощные пласты и линзы.

Вулканический материал тем не менее развит везде очень широко как примесь в осадочных породах, хотя количественные соотношения далеко не ясны, поскольку литокластическую часть очень трудно отличить от переотложенных обломков эффузивов, и вероятно, все же подавляющее количество его переотложено и является главным компонентом вулканомиктовых граувакк.

Аспидная формация подстилает флишевую не только на Ильпинском

MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ППП	Сумма
Западная часть						
0,15	1,60	2,12	2,76	2,75	4,32	99,79
0,07	0,90	1,24	2,94	2,95	2,10	99,63
0,03	0,63	0,92	1,88	2,77	2,28	100,06
0,05	1,05	1,14	2,44	2,92	2,80	100,06
Восточная часть						
0,07	1,58	1,61	1,51	3,59	6,20	100,04
0,20	2,74	1,65	1,96	3,44	9,54	99,80
0,06	2,34	1,58	2,26	3,35	5,81	100,02
0,07	1,66	2,06	1,62	2,72	5,25	99,90
0,25	2,23	1,58	1,89	3,53	4,97	100,09
0,10	2,02	1,66	1,86	3,38	6,39	99,99
0,08	1,55	1,41	2,14	3,16	4,75	100,10

полуострове, но и в других местах, например на западном и восточном побережье полуострова Говена, в районе бухты Лаврова. Она же хорошо развита в Тюшевском прогибе. Можно предположить, что в обоих регионах аспидная формация, представленная монотоннейшими черными алевро-аргиллитами, часто в той или иной степени рассланцованными, повсеместно отделяет флишевую формацию от кремнисто-вулканогенной или граувакковой.

Так же как и во внешней зоне, включая Сихотэ-Алинь, во внутренней — Корякско-Камчатской области — широко развиты флишевые формации [55]. Они накопились за сравнительно короткий отрезок времени (в Олюторском прогибе это поздний мел-палеоген, в Тюшевском — нижний-средний миоцен), но мощность их велика, и это свидетельствует о весьма интенсивных процессах разрушения, переноса и накопления больших масс обломочного вулканического материала. Это согласуется с мощной вспышкой терригенного осадконакопления и в особенности накопления терригенного флиша, которая проявилась в различные времена мелового периода и частично в начале палеогена. В это время по всей периферии Тихого океана и его окраинных морей существовала цепь глубоких и протяженных флишевых бассейнов, испытавших сильное влияние процессов вулканизма [56].

Моцассообразование на Камчатке проявилось значительно ярче, чем на Сихотэ-Алине. Осадочно-вулканогенные, в том числе и обломочные, толщи, накопившиеся здесь, на этом этапе намного мощнее, и они содер-

Т а б л и ц а 19

Средневзвешенный химический состав осадочных образований Ильпинского полуострова, вес. %

Литолого-стратиграфические единицы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO
Аспидная формация					
ложноильпинская свита					
первая толща	59,43	0,84	16,05	3,71	4,21
Флишевая формация					
такетуирская свита					
вторая толща	57,11	0,70	16,01	2,14	4,91
третья толща	58,33	0,71	14,60	3,95	3,70
орийская свита					
четвертая толща	57,98	0,74	13,56	4,02	3,36
пятая толща	58,46	0,80	15,71	2,26	4,78
шестая толща	58,62	0,76	14,48	2,24	4,76
Флишевая формация в целом	58,11	0,75	14,39	3,31	3,99
Молассовая формация					
унальская свита					
седьмая толща	56,17	0,76	15,09	2,59	4,91
Ильпинская свита,					
нижняя подсвита					
Восьмая—одиннадцатая толщи	55,30	0,17	16,17	4,58	2,97
Ильпинская свита,					
верхняя подсвита	56,25	0,75	12,52	4,09	1,56
Пахачинская свита	57,89	0,75	12,02	5,23	1,35
Корфская свита	56,40	0,59	14,49	2,45	4,15
Молассовая формация в целом	56,15	0,73	14,64	3,62	3,38
Ильпинский разрез в целом	57,36	0,74	14,64	3,48	3,74

жат несравненно больше, чем в нижележащих формациях, продуктов вулканических субаэральных извержений, синхронных осадконакоплению.

Минеральный состав обломочного компонента песчаников Восточной Камчатки, соответствующий грауваккам, образованным за счет разрушения средних и основных эффузивов, а также монтмориллонит-хлоритовый состав глинистых пород — продукта преобразования вулканического вещества — это свойства, которые выдерживаются во всем геосинклинальном разрезе при полном отсутствии аркозов и ничтожно малом участии сиалического материала, и они несомненно свидетельствуют, что решающим фактором в процессах геосинклинальной седиментации Восточной Камчатки был вулканизм вначале основного, а затем преимущественно среднего состава островодужного типа.

Если в ильпинском разрезе Олюторского прогиба вулканический материал большей частью вулканомиктовый, то в Тюшевском прогибе, судя по развитию диатомового флиша на Кроноцком полуострове, влияние вулканизма проявилось в резкой активизации жизнедеятельности диатомовых водорослей благодаря обогащению вод кремнеземом в результате побочной и поствулканической деятельности, а также в связи с разложе-

	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ППП	Сумма
	0,13	2,96	2,65	2,88	2,41	4,81	100,08
	0,15	4,33	3,54	3,51	1,77	5,16	99,33
	0,12	4,32	3,71	3,09	1,89	5,37	99,79
	0,09	4,68	5,18	3,08	1,94	5,59	100,22
	0,09	3,78	2,82	2,67	2,49	6,29	100,15
	0,12	4,15	3,90	3,22	1,89	5,94	100,08
	0,11	4,40	4,26	3,14	1,92	5,55	99,93
	0,13	3,95	3,49	4,54	1,52	6,89	100,04
	0,09	3,39	4,99	3,19	1,41	7,46	100,32
	0,33	1,90	6,18	2,05	2,08	11,95	99,66
	0,31	2,81	5,11	3,44	1,75	9,18	99,84
	0,19	1,47	5,82	2,87	1,71	9,52	99,66
	0,17	2,18	4,90	3,38	1,47	9,72	100,34
	0,14	3,29	4,40	3,22	1,77	7,32	100,10

нием вулканических продуктов. Образованию диатомитов способствовало, по-видимому, и значительно меньшее количество терригенного материала, поступавшего в Тюшевский бассейн по сравнению с Олюторским.

Вероятно, эти бассейны могут сопоставляться с современными окраинными морями и глубоководными желобами, сопряженными с островными дугами типа Курило-Камчатской и Алеутской. В известном смысле можно утверждать, что характер осадконакопления, особенно вещественный состав осадков, практически не меняется со временем: существует некая преемственность процессов седиментации без какой-либо ощутимой эволюции состава.

Если наше предположение о различных путях развития внутриконтинентальной и приокеанической зон Дальнего Востока верно, то по-разному представляется и способ наращивания осадочно-вулканогенной оболочки земной коры, и в особенности ее верхних частей. Естественным выводом из нашей предпосылки о рифтовой природе большинства фанерозойских внутриконтинентальных геосинклиналей и соответственно бассейнов осадконакопления в этой части зоны перехода от континента к океану будет тот, что по существу здесь на протяжении фанерозоя не происходило

Таблица 20

Средневзвешенный химический состав осадочных образований Кроноцкого полуострова, вес. %

Литолого-стратиграфические единицы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO
Граувакковая формация					
богачевская свита	58,4	0,66	14,41	4,29	1,25
Аспидная формация					
чажминская свита	67,56	0,60	12,57	3,41	0,82
Флишевая формация					
татьянинская свита	62,33	0,59	11,622	3,03	1,27
гюшевская свита	61,35	0,65	14,75	2,88	2,04
Формация в целом	61,77	0,60	14,52	2,94	1,71
Кроноцкий разрез в целом	61,91	0,61	14,16	3,35	1,44

Таблица 21

Средневзвешенные содержания микроэлементов в осадочных образованиях Главного синклиория Сихотэ-Алиня

Литолого-стратиграфическая единица	Sn	Pb	Zn	B	Cu	Ni	Co	Cr	V
Западная часть									
Аспидная формация									
таухинская свита	2,5	18	76	37	25	24	7	51	70
Флишеидная формация									
уктурская свита									
флишеидная толща	5,2	28	96	56	21	32	9	88	108
песчанниковая толща	8,6	31	139	58	17	28	9	67	126
Формация в целом	7,1	30	120	57	19	30	9	76	118
Молассовая формация									
лужинская свита	8,8	33	275	110	12	38	12	100	310
Западная часть в целом	7,2	30	162	71	17	32	10	81	171
Восточная часть									
Флишевая формация									
уктурская свита									
первая толща песчаного флиша	3,7	29	54	129	36	59	9,5	94,5	54
вторая толща песчаного флиша	3,1	21	75	85	40	44	14	70	61
песчано-глинистый флиш	5,2	35	52	166	57	64	14	96	46
третья толща песчаного флиша	4,3	35	51	189	36	47	23	84	41
грубокластический флиш	3,0	23	84	196	36	48	64	78	57
Формация в восточной части в целом	4,0	30	58	145	41	56	17	88	52
Главный синклиорий в целом	5,5	30	108	109	29	44	14	84	109

MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ППП	Сумма
0,13	2,66	6,51	2,65	1,58	7,50	100,04
0,01	1,83	2,04	1,86	1,64	7,52	99,86
0,08	2,19	3,90	2,41	1,88	8,02	99,92
0,08	2,65	3,19	2,35	2,17	7,71	99,82
0,08	2,45	3,49	2,37	2,04	7,84	99,81
0,08	2,39	4,00	2,35	1,85	7,70	99,84

сколько-нибудь значительного увеличения массы осадочно-вулканогенного слоя земной коры за счет поступления нового, ювенильного материала. В процессы размыва, транспортировки, перераспределения и осадконакопления вовлекались лишь породы сиалического фундамента, на котором образовались рифты и который служил главным источником питания внутриконтинентальных бассейнов. Глубинные источники вещества сыграли в этой зоне большую роль главным образом в образовании многочисленных, иногда крупных тел гранитоидов путем переработки осадочных пород или посредством внедрения мантийных магм.

Таким образом, наши данные полностью подтверждают точку зрения А.М. Смирнова [85], высказанную им на основе анализа общегеологических данных, и в частности докембрийской истории развития Востока Азии. Если докембрийские геосинклинали по окраинам Тихого океана закладывались на океанической коре, то разрастание континентальных масс в докембрии действительно происходило. В фанерозое же более вероятно формирование геосинклинальных трогов на континентальном субстрате или на новообразованной океанической коре, возникшей в процессе рифтообразования. Возможно, что процессы тектоно-магматической активизации в широком смысле были связаны с подобными явлениями.

Предположение же о том, что приокеанические геосинклинали были заложены на океанической коре, присутствие в геосинклинальных терригенных толщах огромного количества вулканического материала в граувакках и, напротив, ничтожная роль аркозового материала дают основание утверждать, что именно вулканические глубинные продукты привели к истинному увеличению массы осадочно-вулканогенного слоя земной коры, которая даже в своей видимой части насчитывает здесь несколько километров и которая в районах активного вулканизма продолжала наращиваться в недавнем геологическом прошлом, и этот процесс продолжается и в настоящее время.

Принципиально различное происхождение обломочного материала для терригенных комплексов в целом подтверждается и их средневзвешенным химическим составом, подсчитанным в соответствии с долей участия в них основных типов пород (табл. 18—20). На Сихотэ-Алине средневзвешенный

Таблица 22

Средневзвешенные содержания микроэлементов в осадочных образованиях Ильпинского полуострова, г/т

Литолого-стратиграфические единицы	Sn	Pb	Zn	B	Cu	Ni	Co	Cr	V
Аспидная формация									
ложноильпинская свита									
первая толща	5,7	24	119	142	110	49	35	73	104
Флишевая формация									
такетуирская свита									
вторая толща	3,5	15	84	69	101	44	35	81	103
третья толща	4,3	12	52	60	45	52	32	112	73
орийская свита									
четвертая толща	3,2	12	55	44	99	50	28	134	102
пятая толща	9,6	22	92	96	124	50	25	96	112
шестая толща	3,2	12	55	44	99	50	28	134	102
Флишевая формация в целом	3,8	13	60	53	88	50	27	121	95
Молассовая формация									
унальская свита									
седьмая толща	3,3	12	39	25	82	56	20	128	98
ильпинская свита, нижняя подсвита, восьмая-одиннадцатая толща	3,5	19	81	63	122	45	28	56	124
ильпинская свита, верхняя подсвита	3,7	36	142	86	36	43	8,6	43	270
пахачинская свита	2,3	14	85	39	29	35	16	91	232
корфская свита	2,6	38	72	24	40	22	15	38	194
Молассовая формация в целом	3,1	22	75	40	74	42	19	74	158
Ильпинский разрез в целом	3,7	18	72	55	69	46	24	96	124

состав аспидной, флишевой и молассовой формаций примерно соответствует граниту—гранодиориту [48], обнаруживая высокие содержания SiO_2 и K_2O , а на Камчатке тот же формационный ряд содержит окислы (в особенности суммарное железо, MgO , CaO и Na_2O) в количествах, характеризующих андезиты. Причем Кроноцкий разрез занимает промежуточное положение между ильпинским и сихотэ-алинским типом, располагаясь ближе к ильпинскому.

Достаточно ярко эта разница иллюстрируется и поведением микроэлементов (рис. 30, табл. 21–23): сихотэ-алинский разрез характеризуется значительно большими содержаниями элементов сиалического профиля олова, свинца, цинка, бора, чем камчатские, где ведущими являются фемические медь, никель, кобальт, хром и ванадий. Здесь по некоторым элементам Кроноцкий полуостров снова занимает промежуточное положение.

Таблица 23

Средневзвешенные содержания микроэлементов в осадочных образованиях Кроноцкого полуострова, г/т

Литолого-стратиграфическая единица	Sn	Pb	Zn	B	Cu	Ni	Co	Cr	V
Граувакковая формация богачевская свита	2,8	12	41	39	67	47	29	36	82
Аспидная формация чажминская свита	2,5	11	54	63	61	38	19	60	82
Флишевая формация татьянинская свита	2,3	11	49	69	58	45	19	36	91
тюшевская свита	3,3	12	63	82	62	35	18	71	91
Формация в целом	2,9	12	57	76	60	38	18	75	91
Кроноцкий разрез в целом	2,9	12	52	63	62	40	21	75	87

Учитывая, что терригенные породы составляют подавляющую часть мощности осадочно-вулканогенного слоя земной коры, химический состав последней оказывается очень близким к составу терригенной песчано-глинистой составляющей [32].

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Рассмотренные осадочно-вулканогенные образования, развитые в двух контрастных зонах Тихоокеанского пояса, — внешней и внутренней, сложены формационными рядами, отражающими полные геосинклинальные циклы осадконакопления и вулканизма. Как на Сихоте-Алине, так и на Камчатке в основании геологических разрезов залегают раннегеосинклинальные офиолитовые комплексы. Выше расположены позднегеосинклинальные терригенные комплексы, в том числе вулканомиктовые, большей частью с ритмичным строением, и они могут классифицироваться как терригенные — аспидная, флишеидная и флишевая формации — или в целом, как отложения флишевого этапа в широком понимании. Выше они переходят в морскую и континентальную молассу, которая в отличие от нижележащих собственно геосинклинальных комплексов, как правило, характеризуется спокойными условиями залегания и отражает самые поздние стадии развития синклинали.

Хотя в целом главнейшие формационные комплексы, являющиеся продуктами одних и тех же геотектонических этапов развития, идентичны на Сихоте-Алине и на Камчатке, при сравнении вещественного состава однотипных формаций между ними обнаруживаются существенные различия, которые для терригенных пород носят принципиальный характер.

Песчаники Сихоте-Алиня по соотношению породообразующих компонентов в подавляющем большинстве относятся к аркозам и разностям, переходным к грауваккам, полевошпатовым и кварцевым песчаникам. Типичные граувакки, как правило, отсутствуют. На Камчатке, напротив, развиты только граувакки, полевошпатовые и кварц-полевошпатовые граувакки, а типичные аркозы или разности, переходящие к ним, не обнаружены.

Среди породообразующих компонентов на Сихоте—Алине полевые шпаты представлены главным образом устойчивыми к выветриванию кислыми плагиоклазами, а также ортоклазом и микроклином. Камчатским песчаникам свойственны неустойчивые средние и основные плагиоклазы, а калиевые полевые шпаты почти не встречаются.

Акцессорные минералы и минералы тяжелой фракции существенно различны. На Сихоте—Алине типичны циркон, анатаз, турмалин и гранат, характерные для материнских пород гранит—гранодиоритового состава, а также осадочных, метаморфических и скарново—гидротермальных образований. Камчатские песчаники и более грубообломочные породы содержат комплекс минералов, основными, типовыми компонентами которого являются магнетит, хромит, моноклинные, реже ромбические пироксены и роговые обманки, а также эпидот, апатит и гранат. Большая часть перечисленных минералов характеризует группу основных и средних интрузивных пород, и она особенно хорошо и разнообразно выражена по всему разрезу Кроноцкого, а также в молассе Ильпинского полуострова. Часть акцессорных минералов Камчатки отличается от Сихотэ—Алинских тем, что они относятся к неустойчивым и подвергались слабой физической и химической переработке.

Глинистые минералы песчаных и глинистых пород Сихотэ—Алиня — это гидрослюда, хлорит, в меньшем количестве каолинит и гидрослюда—монтмориллонит. Причем последний обнаружен только в основании ритмов флиша и является аутигенным, остальные глинистые минералы — терригенные. На Камчатке определяющими являются аутигенные глинистые минералы группы монтмориллонита—хлорита — продукты преобразования вулканического материала, главным образом стекла основного и среднего состава.

Петрографо—минералогический состав песчаников и алевро-аргиллитов показывает, что источником сноса для них на Сихотэ—Алине служили кислые магматические породы гранитоидного ряда, а также осадочные и метаморфические породы с небольшим участием кислых, реже средних и основных эффузивов. На Камчатке это главным образом средние и основные эффузивы и очень мало осадочных и метаморфических пород.

Характер и состав источников питания определили и способ распределения и концентрации породообразующих и большинства микроэлементов в основных типах пород терригенных толщ двух регионов. Сихотэ—Алинские аркозовые песчаники и сопровождающие их алевро-аргиллиты как продукты разрушения сиалической континентальной коры обладают и соответствующим "кислым" валовым химическим составом, и им свойственны сиалические микроэлементы: олово, свинец, цинк и бор, которые являются металлогенически профилирующими для внешней зоны Тихоокеанского рудного пояса. Восточно-Камчатские граувакковые песчаники и алевро-аргиллиты как результат размыва островных дуг и под влиянием вулканизма по химическому составу соответствуют андезиту и содержат феррический ряд микроэлементов: медь, никель, кобальт, хром и ванадий, которые характерны для металлогении внешних зон.

Эти же особенности химизма выявляются не только для состава песчаников и алевро-аргиллитов, но и в целом для позднегеосинклинальных комплексов Сихотэ—Алиня и Камчатки.

Сиалический состав терригенных образований Сихотэ-Алиня, преобладающий во всех геосинклинальных осадочно-вулканогенных формациях, а также аномальный "сиалический" характер базальтоидов кремнисто-вулканогенной формации свидетельствуют, что Сихотэ-Алинская геосинклиналь заложилась в результате процессов рифтогенеза на континентальной коре, которая служила и источником питания седиментационных бассейнов обломочным материалом. Вулканические процессы и поступление ювенильного вещества были весьма ограничены.

Иной, исходя из грауваккового, вулканического состава осадочно-вулканогенных толщ, представляется история развития Восточно-Камчатской геосинклинали. Начиная от офиолитового этапа и кончая молассовым терригенное осадконакопление находилось под постоянным сильным влиянием вулканических процессов островодужного характера. Они же подавляли подавляющее большинство синхронного вулканического и вулканического материала. Можно утверждать, поэтому, что эта геосинклиналь была заложена на океанической коре и главными в ее развитии были островодужные процессы при ведущей роли вулканизма.

Наиболее общий выход из анализа вещественного состава осадочно-вулканогенных пород — это подтверждение точки зрения, что рассматриваемые нами регионы Восточной Азии начиная с докембрия развивались на различных этапах по-разному. Докембрий был этапом роста континента, а в палеозое и на протяжении большей части мезозоя окраина его дробилась, частично разрушаясь, и на ней развивались рифтогенные энциалические геосинклинали, в которых перерабатывались и перераспределялись континентальные массы без существенного прироста континента за счет эндогенного материала. В приокеанической части в фанерозое континентальная кора наращивалась в геосинклиналях, которые развивались на океанической основе благодаря главным образом мощным вулканическим островодужным процессом в позднем мелу и кайнозое, поставлявшим огромное количество ювенильного вещества.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агеева Е.М.* Основные петрографо-минералогические особенности и фациальный состав меловых отложений Южного Приморья. — В кн.: Свод. ДВ фил. СО АН СССР. Владивосток, 1959, вып. 10, с. 121–128.
2. *Агеева Е.М.* Минералогия и петрография меловых отложений Южного Приморья. — В кн.: Материалы по стратиграфии и литологии мезозойских отложений Дальнего Востока. Магадан, 1960, с. 59–124.
3. *Агеева Е.М.* Литолого-минералогическая характеристика меловых отложений Восточно-Сихотэ-Алинского прогиба: Северный Сихотэ-Алинь. — В кн.: Вопросы геологии, геохимии и металлогении северо-западного сектора Тихоокеанского пояса. Владивосток, 1970, с. 79–81.
4. *Агеева Е.М.* Вещественный состав и постседиментационные изменения пород комсомольской серии нижнего мела Северного Сихотэ-Алия. — В кн.: Вопросы литологии и геохимии вулканогенно-осадочных образований юга Дальнего Востока. Владивосток, 1971, с. 81–107.
5. *Асипов А.А., Малков И.И.* Формации и терригенно-минералогические ассоциации палеозойских отложений Главного антиклинория Сихотэ-Алия. — В кн.: Вопросы геологии, геохимии и металлогении северо-западного сектора Тихоокеанского пояса. Владивосток, 1970, с. 70–72.
6. *Афанасьева В.М.* Особенности позднепалеозойско-мезозойского вулканизма в Южном Сихотэ-Алине. — В кн.: Геология и магматизм Дальнего Востока. Владивосток, 1977, с. 67–69.
7. *Афанасьева И.М., Ткачук Л.Г.* Петрохимические особенности мелового флиша южного склона Карпат. — В кн.: Материалы по минералогии, петрографии и геохимии осадочных пород и руд. Киев, 1974, с. 56–65.
8. *Афанасьева И.М.* Геохимические черты эволюции пород флишевой формации южного склона советских Карпат. — В кн.: Геохимия осадочных пород и прогноз полезных ископаемых. Киев, 1978, с. 10–21.
9. *Белов В.В.* Распределение меди в осадочных породах Приморского края. — В кн.: Геохимия и петрохимия осадочных комплексов Дальнего Востока. Владивосток, 1980, с. 71–75.
10. *Бельтнев Е.Б., Плотинов И.А.* Особенности и некоторые проблемы тектоники Приамурья. — В кн.: Общие и региональные проблемы тектоники Тихоокеанского пояса. Магадан, 1974, с. 96–100.
11. *Беляевский Н.А., Громов Ю.Я., Баскакова Л.А.* и др. Геология Приморского края. М.: Госгеолтехиздат, 1955, 339 с.
12. *Берснев И.И.* Основные черты тектоники Приморского края. — В кн.: Общие и региональные проблемы тектоники Тихоокеанского пояса. Магадан, 1974, с. 114–127.
13. *Беус А.А.* Геохимия литосферы. М.: Недра, 1972, 294 с.
14. *Билибин Ю.А.* О геохимических типах орогенических зон. — Intern. geol. Congr. Rep. 18th sess. 1948. Part II. Proc. sect. A. Problems of geochemistry. London, 1950, p. 29–35.
15. *Богданов Н.А.* Тектоническое развитие Японии и Сахалина в палеозое. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1965, № 6, с. 51–63.
16. *Бубнов С.Н.* Основные проблемы геологии. М.: Изд-во МГУ, 1960, 233 с.
17. *Бурков Д.К.* Линейные парагенезы малых элементов в осадочных толщах как индикаторы условий седиментогенеза. — В кн.: Физические и химические процессы и фации. М.: Наука, 1968, с. 22–26.
18. *Васильковский Н.П.* Геологиче-

ская природа Азиатской ветви Тихоокеанского подвижного пояса. — В кн.: Вопросы геологии северо-западного сектора Тихоокеанского пояса. Владивосток, 1966, с. 8–10.

19. *Васильковский Н.П.* Геологическая история Северо-Востока Азии. М.: Наука, 1981. 306 с.

20. *Вассович Н.Б.* Флиш и методика его изучения. Л.: М.: Гостоптехиздат, 1948. 216 с.

21. *Виноградов А.П.* Средние содержания химических элементов в главных типах пород земной коры. — Геохимия, 1962, № 7, с. 558–563.

22. *Волохин Ю.Г.* Глинистые минералы геосинклинальных кремнистых пород палеозоя и мезозоя юга Дальнего Востока. — В кн.: Геохимия и петрохимия осадочных комплексов Дальнего Востока. Владивосток, 1980, с. 76–99.

23. *Вольфсон Ф.И., Некрасов Е.М.* Свинц и цинк. — В кн.: Металлы в осадочных толщах: Тяжелые цветные металлы: Малые и редкие металлы. М.: Наука, 1965, с. 69–142.

24. *Вржосек А.А.* Меймечит-пикритовый комплекс Бикинского прогиба. — В кн.: Геология, магматизм и рудогенез зоны перехода от континента к океану. Владивосток, 1978, с. 84–86.

25. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Камчатки. М.: Гостоптехиздат, 1961. 342 с.

26. Геологическое строение северо-западной части Тихоокеанского подвижного пояса. М.: Недра, 1966. 516 с.

27. Геология, минералогия и геохимия Комсомольского района. М.: Наука, 1971. 335 с.

28. Геология СССР: Камчатка, Курильские и Командорские острова. Геологическое описание. М.: Недра, 1964. Т. 31. 733 с.

29. Геология СССР. Хабаровский край и Амурская область. М.: Недра, 1966. Т. 19. 736 с.

30. Геология СССР. Приморский край. Геологическое описание. М.: Недра, 1969. Т. 32. 664 с.

31. Геология СССР: Северо-Восток СССР. Геологическое описание, Т. 30, Кн. 2. М.: Недра, 1970. 536 с.

32. Геохимическая модель Тихоокеанской окраины Азии. М.: Наука, 1984. 300 с.

33. *Гнибиденко Г.С.* О заложении структуры северо-западного сектора Тихоокеанского пояса. — В кн.: Вопросы

геологии северо-западного сектора Тихоокеанского пояса. Владивосток, 1966, с. 24–26.

34. *Голозубов В.В.* Строение и история развития геосинклинальных комплексов Южного Сихотэ-Алиня: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Владивосток, 1984. 30 с.

35. *Данчев В.И., Шиловский П.П.* Ванадий. — В кн.: Металлы в осадочных толщах: Тяжелые цветные металлы. Малые и редкие металлы. М.: Наука, 1965, с. 345–361.

36. *Двали М.Ф.* Геологическое строение и нефтегазоносность Восточной Камчатки. Л.: Гостоптехиздат, 1955. 268 с.

37. *Домарев В.С.* Стратиграфо-литологические факторы металлогенической специализации рудных районов. — В кн.: Проблемы региональной металлогении. М., 1973. с. 25–40 (Тр. ВСЕГЕИ. Н.С.; Т. 191.).

38. *Евланова М.А.* Литолого-фациальные и геохимические особенности осадочных образований Бикинской рудоконтролирующей структуры и ее обрамления. — В кн.: Новые принципы металлогенических прогнозов на территории Приморья. М.: Наука, 1977, с. 93–125.

39. *Евланова М.А.* Петрографо-минералогические особенности осадочных пород Верхнебикинского района в Приморье. — В кн.: Тез. докл. XXIV науч. техн. конф. ДВПИ. Владивосток, 1977, с. 76–77.

40. *Ермаков Б.В., Супруненко О.И.* Строение и условия формирования позднемиоценовых и миоценовых флишевых образований Корьяско-Камчатской области. — Сов. геология, 1975, № 12, с. 53–65.

41. *Игнатова В.Ф.* Литография верхнепермско-триасовых отложений восточного склона Главного антиклинория Сихотэ-Алиня. — В кн.: Вопросы геологии, геохимии и металлогении северо-западного сектора Тихоокеанского пояса. Владивосток, 1970, с. 77–79.

42. *Игнатова В.Ф.* Прибрежно-морское осадконакопление в позднем палеозое — раннем мезозое вдоль восточного склона Главного антиклинория Сихотэ-Алиня и перспективы поисков палеороссыпей. — В кн.: Геология и магматизм Дальнего Востока. Владивосток, 1977, с. 22–25.

43. *Игнатова В.Ф.* Современное осадкообразование в Татарском проливе. М.: Наука, 1980. 77 с.

44. *Игнатова В.Ф., Маркевич П.В.* О возрасте эндогенного оруднения в некоторых районах Приморья. — В кн.: Основные проблемы металлогении Тихоокеанского пояса. Владивосток, 1971, с. 334—335.
45. *Иицксон М.И.* Металлогеническая зональность Тихоокеанского сегмента Земли. М.: Недра, 1979. 229 с.
46. *Караулов С.С.* Геохимические и петрохимические особенности рудовмещающих толщ и первичных ореолов оловянно-полиметаллических месторождений Приморья. — В кн.: Геохимия и петрохимия осадочных комплексов Дальнего Востока. Владивосток, 1980, с. 54—70.
47. *Киреева Е.А., Бурилина Л.В., Афанасьева В.М.* Основные особенности геологического развития южного Сихотэ-Алиня в позднем палеозое. — В кн.: Геологические и палеонтологические аспекты развития Дальнего Востока. Владивосток, 1976, с. 20—77.
48. Классификация и номенклатура магматических горных пород: Справочное пособие. М.: Недра, 1981. 159 с.
49. *Коваленко С.В.* Нижнемеловые вулканогенно-осадочные отложения Среднего Сихотэ-Алиня. — В кн.: Петрохимия магматических формаций вулканических зон Дальнего Востока. Владивосток, 1980, с. 129—133.
50. *Косовская А.Г.* Минералогия терригенного мезозойского комплекса Вилуйской впадины и Западного Верхоянья. — Тр. ГИН АН СССР, 1962, вып. 63. 206 с.
51. *Красный Л.И.* Геология региона Байкало-Амурской магистрали. М.: Недра, 1980. 158 с.
52. *Красный Л.Л.* Особенности геологического строения и развития Ильин-Гасской зоны (Северо-Восток СССР): Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Владивосток, 1974. 25 с.
53. *Малков И.И.* Исследование форм нахождения меди и олова в породах и современных осадках: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Владивосток, 1973. 25 с.
54. *Маркевич П.В.* Нижнемеловая флишевая формация Восточного Сихотэ-Алиня. Владивосток, Изд-во ДВ филиала СО АН СССР, 1970. 113 с.
55. *Маркевич П.В.* Флишевые формации северо-западной части Тихоокеанского складчатого пояса. М.: Наука, 1978. 143 с.
56. *Маркевич П.В.* Фанерозойское флишеобразование в Восточной Азии. — В кн.: Морская геология, седиментология, осадочная петрография и геология океана. Л.: Недра, 1980, с. 115—119.
57. *Маркевич П.В., Михайлов М.А.* Специфика распределения олова, свинца и цинка во флишевых отложениях Сихотэ-Алиня. — В кн.: Основные проблемы металлогении Тихоокеанского пояса. Владивосток, 1971, с. 333—334.
58. *Маркевич П.В., Михайлов М.А., Нартов Г.А.* Некоторые особенности распределения малых концентраций олова в нижнемеловом флише Восточного Сихотэ-Алиня. — В кн.: Вулканогенно-осадочные образования Юга Дальнего Востока: Литология и геохимия. Владивосток, 1978, с. 100—103.
59. *Маркевич П.В., Чудаев О.В.* Состав песчаников флиша Сихотэ-Алиня и Камчатки и палеотектонические условия его образования. — ДАН СССР, 1979, т. 246, № 2, с. 428—431.
60. *Марковский В.А., Суфрунко О.И.* Сравнительная характеристика двух типов турбидитовых формаций Восточной Камчатки. — Сов. геология, 1972, № 10, с. 24—31.
61. *Меланхолина Е.Н.* Очерк геологии меловых отложений Приморья. — В кн.: Мезозойские и кайнозойские структурные зоны запада Тихоокеанского тектонического пояса. М.: Наука, 1965, с. 7—29.
62. *Мельников Н.Г., Изосов Л.А.* Структурно-формационное районирование Приморья (Докайнозойские структуры). — Тихоокеанская геология, 1984, № 1, с. 53—61.
63. *Милановский Е.Е.* Рифтовые зоны континентов. М.: Недра, 1976. 279 с.
64. *Михайлик Е.В.* О кластическом материале триасовых отложений Кавалеровского района. — В кн.: Геология, магматизм и рудогенез зоны перехода от континента к океану. Владивосток, 1978, с. 31—33.
65. *Несвит Д.С.* Геология и нефтегазоносность Ильинского полуострова восточного побережья Камчатки. — В кн.: Геология и перспективы нефтегазоносности Камчатки. Л.: Наука, 1967, с. 115—114.
66. *Несвит Д.С., Плешаков И.Б.* О флишевых гиероглифах и подводных оползнях в третичных отложениях Кроноцкого района восточного побережья Камчатки. — Геология и геохимия, 1960, сб. 3 (9), с. 264—278.

67. Обухи Ж. Геосинклинали. М.: Мир, 1967. 291 с.
68. Олейник Ю.М. Тектоническое районирование Приморского края. — Тихоокеанская геология, 1983, № 1, с. 11–19.
69. Осипова З.В. Литография верхнеюрского песчаникового комплекса Кондаковского плоскогорья. — В кн.: Новые данные по металлогении и геологическому строению Яно-Колымского междуречья. Л.: Наука, 1972, с. 43–50.
70. Петтиджон Ф., Поттер Н., Сивер Р. Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 535 с.
71. Попов В.М. Медь. — В кн.: Металлы в осадочных толщах: Тяжелые цветные металлы. Малые и редкие металлы. М.: Наука, 1965, с. 3–68.
72. Пустовалов Л.В. Петрография осадочных пород. М.: Гостоптехиздат, 1940. 220 с.
73. Пустовалов Л.В., Холодов В.Н. Хром. — В кн.: Металлы в осадочных толщах: Черные металлы, цветные легкие металлы. М.: Наука, 1964, с. 171–196.
74. Пушаровский Ю.М. Введение в тектонику Тихоокеанского сегмента Земли. М.: Наука, 1972. 221 с.
75. Пушин И.К. Геологическое строение и история геологического развития центральной части Главного синклинория Сихотэ-Алиня в раннем мелу и сеномане-туроне: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Владивосток, 1976. 26 с.
76. Радкевич Е.А. Схема металлогении Тихоокеанского пояса. М.: 1972. 1 л.
77. Радкевич Е.А. Очерк металлогении Тихоокеанского рудного пояса. М.: Наука, 1977. 94 с.
78. Радкевич Е.А. Металлогенетические провинции Тихоокеанского рудного пояса. М.: Наука, 1977. 176 с.
79. Ребенок А.Ф., Чайковский В.К. Олово. — В кн.: Металлы в осадочных толщах: Тяжелые цветные металлы. Малые и редкие металлы. М.: Наука, 1965, с. 184–207.
80. Ронов Л.Б. Осадочная оболочка Земли. М.: Наука, 1980. 78 с.
81. Ронов А.Б., Гирин Ю.П., Казаков Г.А. и др. Сравнительная геохимия геосинклинальных и платформенных толщ. — Геохимия, 1965, № 8, с. 961–976.
82. Рухин Л.Б. Основы литологии. Л.: Гостоптехиздат, 1961. 621 с.
83. Серова М.Я., Гуляев П.В. О возрасте восточно-камчатского туфогенного флиша. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1967, № 2, с. 109–119.
84. Симанович И.М. Кварц песчаных пород. М.: Наука, 1978. 156 с.
85. Смирнов А.М. Комплекс основания геосинклинальных зон северо-запада Тихоокеанского пояса. — В кн.: Геология и магматизм Дальнего Востока. Владивосток, 1977, с. 3–6.
86. Смирнов С.С. К оценке оловорудных районов. — Сов. геология, 1941, № 3, с. 3–16.
87. Смирнов С.С. О тихоокеанском рудном поясе. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1946, № 2, с. 13–28.
88. Страхов Н.М. Распределение химических элементов в осадочных породах и принципы его истолкования. — В кн.: Методы изучения осадочных пород. М.: Гостоптехиздат, 1957, т. 2, с. 175–183.
89. Страхов Н.М. Отражение в осадках водоемов физико-географических особенностей их водосборных площадей. — В кн.: Методы изучения осадочных пород. М.: Гостоптехиздат, 1957, т. 2, с. 439–451.
90. Страхов Н.М. О фациальных соотношениях между рассеянными содержаниями и их рудными накоплениями в отложениях гумидных зон. — Зап. Всесоюз. минерал. о-ва, 1957, т. 86, № 2, с. 5–12.
91. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. М.: Наука, 1960, т. 2. 573 с.
92. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. М.: Наука, 1962, т. 1. 211 с.
93. Страхов Н.М., Залманзон Э.С. Распределение аутигенно-минералогических форм железа в осадочных породах и его значение для литологии. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1955, № 1, с. 34–52.
94. Супруненко О.И. О времени заложения и формирования Курило-Камчатского глубоководного желоба. — ДАН СССР, 1976, т. 227, № 5, с. 1207–1208.
95. Тектоника континентальных окраин Северо-Запада Тихого океана. М.: Наука, 1980. 281 с.
96. Тектоника Северной Евразии: Объяснительная записка к Тектонической карте Северной Евразии масштаба 1:5 000 000. М.: Наука, 1980. 220 с.
97. Тильман С.М. Сравнительная тектоника мезозонд севера Тихоокеанского кольца. Новосибирск: Наука, 1974. 326 с.

98. Федчин Ф.Г., Аблаев А.Г., Денисов Е.П. О природе Восточно-сихотэ-Алинского вулканогенного пояса. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1979, № 4, с. 122–125.
99. Хаин В.Е. Анализ формаций как метод палеотектонических исследований. — Бюл. МОИП. Отд. геол., 1959, т. 34, № 2, с. 3–18.
100. Хардер Г. Геохимия бора. М.: Недра, 1965. 136 с.
101. Харкевич Д.С. К проблеме классификации геосинклинальных областей. — Учен. зап. Книнева. ун-та: Геол. сб., 1955, т. 10, № 1, с. 51–64.
102. Харкевич Д.С. Тектоно-магматическое развитие оловоносных складчатых областей. — Учен. зап. Книнева. ун-та: Геол. сб., 1955, т. 19, с. 55–67.
103. Харкевич Д.С., Москалева В.Н. Серии магматических формаций как основа классификации складчатых областей и платформ. — В кн.: Проблемы связи тектоники и магматизма. М.: Наука, 1969, с. 29–46.
104. Хворова И.В., Ренгартен Н.В., Вознесенская Т.А. Особенности минерального состава обломочных пород раннегеосинклинальных формаций (на примере Южного Урала). — В кн.: Проблемы литологии и геохимии осадочных пород и руд. М.: Наука, 1975, с. 209–224.
105. Чайковский В.К. Новые данные о Тихоокеанском поясе. — Сов. геология, 1956, № 50, с. 134–149.
106. Чайковский В.К. Осадочная металлогения и ее связь с металлогенной эндогенных рудных месторождений. — В кн.: Рудоносность осадочных пород. М.: Наука, 1973, с. 3–14.
107. Чудаев О.В. Природа глинистых минералов флишевой формации Дальнего Востока. — В кн.: Материалы 11-го совещания по изучению и использованию глин и глинистых минералов. М., 1976, с. 27–28.
108. Чудаев О.В. Характеристика глинистых минералов флишевой формации Дальнего Востока. — В кн.: Рельеф и рыхлые отложения Приморья и Приамурья. Владивосток, 1976, с. 132–135.
109. Чудаев О.В. Распределение глинистых минералов во флишеидных отложениях Восточной Камчатки. — Литология и полез. ископаемые, 1978, № 1, с. 105–115.
110. Чудаев О.В., Холодkevич И.В. Сравнительный анализ глинистых минералов флиша Восточного Сихотэ-Алиня и Восточной Камчатки. — В кн.: Геология Дальнего Востока. Владивосток, 1975, с. 213–223.
111. Шутов В.Д. Классификация песчаников. — Литология и полез. ископаемые, 1967, № 5, с. 86–102.
112. Шутов В.Д. Минеральные парагенезисы граувакковых комплексов. М.: Наука, 1975. 107 с.
113. Шека С.А., Куренцова Н.А. Магматические комплексы океанов. — Сов. геология, 1981, № 11, с. 67–76.
114. Янов Э.Н. Использование геохимических данных при палеогеографическом анализе. — Сов. геология, 1980, № 1, с. 66–75.
115. Яночкина З.А. Малые элементы — индикаторы условий седиментации. — Литология и полез. ископаемые, 1964, № 2, с. 127–131.
116. Bhatia M.R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. — J. Geol., 1983, vol. 91, p. 611–627.
117. Bouma A.H. Sedimentology of some flysch deposits: A graphic approach to facies interpretation. Amsterdam, 1962. 168 p.
118. Crook K.A.W. Lithogenesis and geotectonics: The significance of compositional variation in flysch arenites (graywackes). — In: Mod. and ancient geos. sediment.: Proc. symp., Madison (Wis.), 1972. Tulsa (Okla), 1974, p. 304–309.
119. Franzinelli E., Potter P.E. Petrology, chemistry and texture of modern river sands, Amazon River System. — J. Geol., 1983, vol. 91, p. 23–29.
120. Goldschmidt V.M. Geochemistry. Oxford, 1954. 730 p.
121. Ishihara S., Sakamaki Y., Mochizuki T. Distribution of K, Na, Th and U in sandstones and shales from western Shikoku, Japan. — Bull. Geol. Surv. Jap., vol. 32, N 6, p. 329–342.
122. Machperson H.G. A chemical and petrographic study of Pre-Cambrian sediments. — Geochim. et cosmochim. acta, 1958, vol. 14, p. 73–92.
123. Middleton G.V. Chemical composition of sandstones. — Bull. Geol. Soc. Amer., 1960, vol. 71, N 7, p. 1011–1026.
124. Mosser C. Etude geochemique de quelques elements traces dans les argiles des alterations et des sediments. Strasbourg, 1980. 229 p. (Sci. Geol.; N 63).
125. Onishi H., Sandell E.B. Meteorite and terrestrial abundance of tin. — Geochim. et cosmochim. acta, 1957, vol. 12, p. 262–270.
126. Rankama K., Sahama Th.G. Geo-

chemistry. Chicago: Univ. press, 1955. 912 p.

127. *Schwab F.L.* Geosynclinal compositions and the new global tectonics. — *J. Sediment. Petrol.*, 1971, vol. 41, N 4, p. 928-939.

128. *Teraoka Y.* Comparison of the Cretaceous sandstones between the Shimanto Terrane and the Median Zone of Southwest Japan, with reference to the provenance of the Shimanto geosynclinal sediments. — *Bull. Geol. Surv. Jap.*, 1977, N 12, p. 795-810.

129. *Teraoka Y.* Provenance of the Shimanto geosynclinal sediments, inferred from sandstone composition. — *Bull. Geol. Surv. Jap.*, 1979, N 12, p. 753-769.

130. *Turekian K.K., Wedepohl K.H.* Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. — *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 1961, vol. 72, N 2, p. 175-190.

131. *Wells F.G.* Ensimatic and ensialic geosynclines. — *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 1949, vol. 60, N 12, p. 2.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Структурное положение Сихотэ-Алиня и Камчатки в зоне перехода от континента к океану	6
Терригенные отложения	9
Краткая характеристика опорных геологических разрезов и их формационная принадлежность	9
Петрографо-минералогический состав	23
Петрохимическая характеристика	45
Распределение микроэлементов	73
Особенности фаверозойского геосинклинального терригенного осадконакопления на Сихотэ-Алине и Камчатке	94
Основные выводы	109
Литература	112

Павел Владимирович Маркевич

**ГЕОСИНКЛИНАЛЬНОЕ
ТЕРРИГЕННОЕ
ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ
НА ВОСТОКЕ АЗИИ
В ФАНЕРОЗОЕ**

**На примере Сихотэ-Алиня
и Камчатки**

*Утверждено к печати
Дальневосточным геологическим
институтом ДВНЦ
Академии наук СССР*

Редактор Л.Г. Васютинская
Художественный редактор Л.В. Кабатова
Технический редактор Г.П. Каренина
Корректор В.П. Крылова

Набор выполнен в издательстве
на наборно-печатающих автоматах

ИБ № 28797

Подписано к печати 25.06.85. Т — 04280
Формат 60 X 90 1/16. Бумага офсетная № 1
Гарнитура Пресс—Роман. Печать офсетная
Усл.печ.л. 7,5. Усл.кр.-отт. 7,6. Уч.-изд.л. 9,0
Тираж 600 экз. Тип. зак. 523. Цена 1 р. 40 к.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство "Наука"
117864 ГСП-7, Москва В-485,
Профсоюзная ул., д. 90

Ордена Трудового Красного Знамени
1-я типография издательства "Наука"
199034, Ленинград В-34, 9-линия, 12

ИЗДАТЕЛЬСТВО "НАУКА"

Вышли из печати:

К и с е л е в А.Н. Прогнозное биогеографическое картографирование (региональный аспект). 1 р. 40 коп.

Рассматриваются методологические и методические вопросы локально-регионального прогнозного биогеографического картографирования на примере построения крупно- и среднемасштабных карт прогноза ряда компонентов лесной растительности и животного населения среднего Сихотэ-Алиня. Предложена общая методика прогнозно-биогеографического картографирования. Приводится серия прогнозных биогеографических картосхем.

Щ е г л о в А.Д., Г о в о р о в И.Н. Нелинейная металлогения и глубины Земли. 3 р. 50 коп.

Книга посвящена рассмотрению основ нового направления в познании особенностей проявления эндогенных месторождений — "нелинейной металлогении". Показан сложный характер взаимосвязей рудных месторождений со структурами земной коры и связь некоторых из них с эволюцией глубинных, мантийных оболочек Земли, являющихся источниками специализированных рудоносных магм и рудного вещества. Характеризуются отдельные группы "мантийных" месторождений.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазинов "Книга-почтой" "Академкнига":

480091 Алма-Ата, 91, ул. Фурманова, 91/97; 370005 Баку, 5, ул. Джапаридзе, 13; 320093 Днепропетровск, проспект Ю. Гагарина, 24; 734001 Душанбе, проспект Ленина, 95; 252030 Киев, ул. Пирогова, 4; 277012 Кишинев, проспект Ленина, 148; 443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2; 197345 Ленинград, Петрозаводская ул., 7; 220012 Минск, Ленинский проспект, 72; 117192 Москва, В-192, Мичуринский проспект, 12; 630090 Новосибирск, Академгородок, Морской проспект, 22; 620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137; 700187 Ташкент, ул. Дружбы народов, 6; 450059 Уфа, 59, ул. Р. Зорге, 10; 720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42; 310078 Харьков, ул. Чернышевского, 87.