

**ИТМУРУНДИНСКИЙ АККРЕЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС (СЕВЕРНОЕ ПРИБАЛХАШЬЕ):
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, СТРАТИГРАФИЯ И ТЕКТОНИЧЕСКОЕ
ПРОИСХОЖДЕНИЕ**

**И.Ю. Сафонова^{1,2}, А.А. Перфилова^{1,2}, О.Т. Обут^{1,3}, И.А. Савинский^{1,2}, Р.И. Чёрный^{1,2},
Н.А. Петренко^{1,2}, А.В. Гурова^{1,2}, П.Д. Котлер¹, С.В. Хромых^{1,2}, С.К. Кривоногов^{1,2},
Ш. Маруяма^{1,4}**

¹ФГАОУВО Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, ул. Пирогова 1,
г. Новосибирск, 630090; e-mail: inna03-64@mail.ru

²ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, пр-т Коптюга 3, г. Новосибирск, 630090

³ФГБУН Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, пр-т Коптюга 3,
г. Новосибирск, 630090

⁴Токийский институт технологий, 2-12-1 О-окаяма, Мегуро-ку, Токио 152-8550, Япония

Поступила в редакцию 28 июня 2018 г.

Итмурундинская зона северного Прибалхашья представляет собой ороген тихоокеанского типа. Она имеет сложную геологическую структуру, включающую породы мантийной, аккреционной и посторогенной ассоциаций. Вулканические и осадочные породы аккреционной ассоциации в составе итмурундинской ($O_{1,2}$), казыкской ($O_{2,3}$) и тюретайской (O_3-S_1) свит разделены тектоническими несогласиями 3-х порядков: 1) крупные региональные разломы; 2) разломы, разделяющие породы мантийной и аккреционной ассоциаций; 3) мелкие разломы, разделяющие отдельные пачки, сложенные океаническими осадками. Наибольшим литологическим разнообразием отличаются отложения итмурундинской свиты ($O_{1,2}$), представленные океаническими базальтами, пелагическими кремнями, хемипелагическими кремнистыми аргиллитами и алевролитами, а также граувакковыми песчаниками. Пачки пород с повторяющимся составом (кремни-аргиллиты) отделены друг от друга разломами 2-го и 3-го порядка предположительно надвиговой/подвиговой природы, т.е. являются дуплекс-структурами. Наличие таких структур и высокая степень деформации пород итмурундинской свиты океанического происхождения являются характерными признаками аккреционных комплексов. Изученные ассоциации вулканических и осадочных пород представляют собой полный разрез стратиграфии океанической плиты: базальты (MORB, OIB) – пелагические кремни – хемипелагические кремнистые аргиллиты, алевролиты и сланцы – глубоководные песчаники (граувакки). По структурному положению и литологическому составу они соответствуют модели образования аккреционных комплексов на конвергентных окраинах тихоокеанского типа западной Пацифики.

Ключевые слова: песчаники, кремнистые осадки, базальты, дуплекс-структуры, аккреционный комплекс, стратиграфия океанической плиты, конвергентная окраина тихоокеанского типа, Центрально-Азиатский складчатый пояс.

ВВЕДЕНИЕ

Итмурундинский офиолитовый пояс или Итмурундинская зона находится в центральной части Казахстана, в северном Прибалхашье (рис. 1). Он расположен в пределах Итмурунды-Казыкской складчатой зоны, которая, в свою очередь, локализована в ядре Северо-Балхашского антиклинория центральной ча-

сти Джунгаро-Балхашской складчатой системы [1, 6, 8]. С конца 1990-х и в 2000-х годах эта зона уже описывалась некоторыми исследователями как аккреционный комплекс или аккреционная призма [2, 8], а ее образование связывалось с эволюцией Палеоазиатского океана и формированием Центрально-Азиатского складчатого пояса [3, 14, 22, 26, 27, 33].

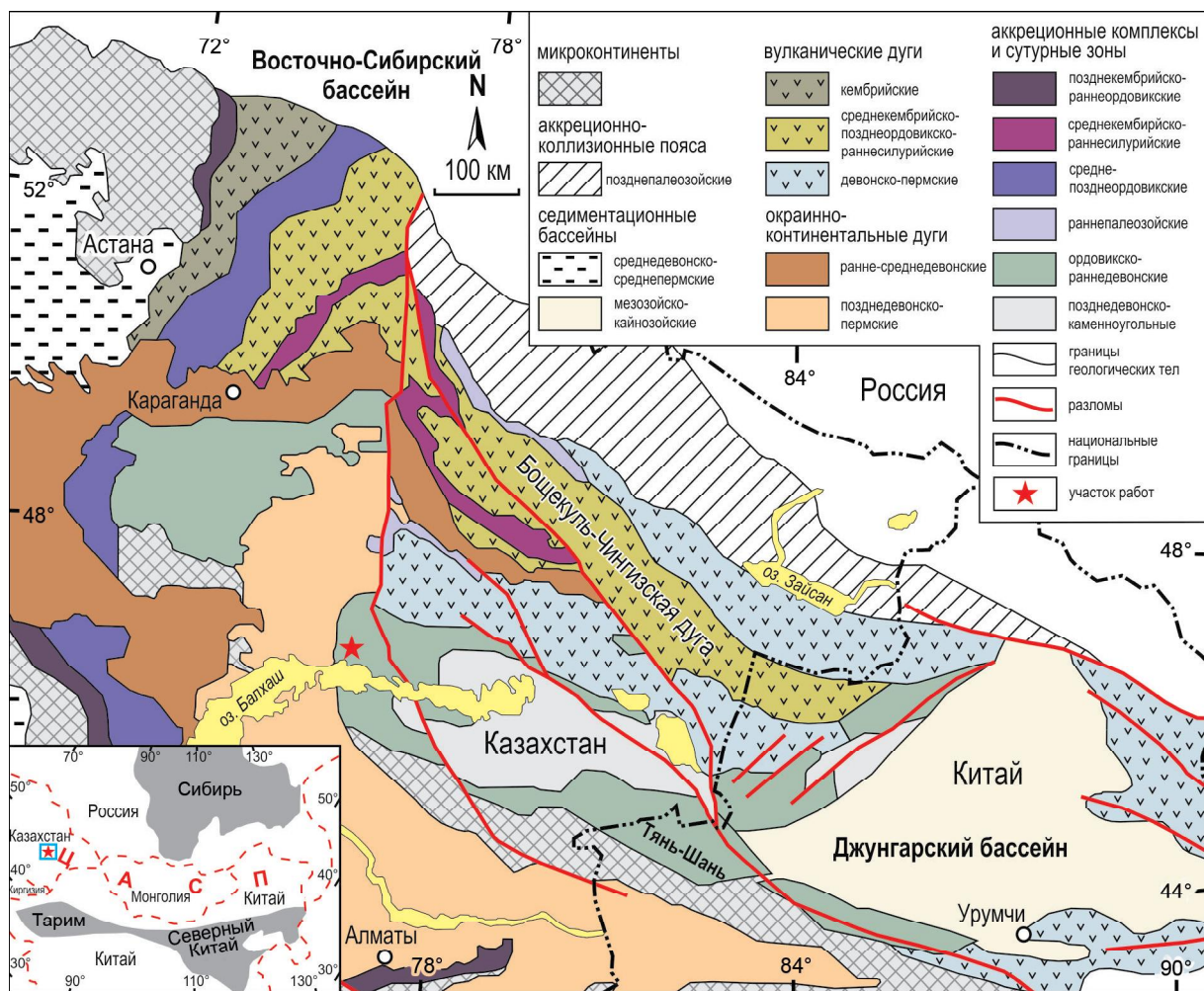


Рис. 1. Геотектоническая карта западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП), по [33].

Геолого-съёмочные работы масштаба 1:200 000 в Итмурундинской зоне проводились Министерством геологии и охраны недр СССР еще в 50-х годах прошлого столетия [1]. Единственная детальная публикация времен СССР по Итмурундинской зоне – это глава «Офиолиты Итмурунды-Казыкской зоны» Е. И. Паталахи и В. А. Белого в монографии «Офиолиты Казахстана» под редакцией А.А. Абдулина и Е.И. Паталахи [6], в которой представлены только геологические данные. С тех пор природа этой геологической структуры практически не изучалась и мало обсуждалась, особенно с позиции тектоники плит. Геологические данные, представленные в работе Е.И. Паталахи и В.А. Белого, показывают снизу вверх по стратиграфическому разрезу устойчивые повторяющиеся ассоциации пород: от базальтовых пиллоулав к глубоководным (пелагическим) кремням, далее к кремнистым аргиллитам, алевролитам и сланцам (хемипелагическим осадкам) и, наконец, к отложениям глубоководного желоба (турбидиты, граувакки).

Пачки пород разделены разломами/надвигами. Такие повторяющиеся ассоциации предполагают схожесть литологии отложений и структуры этой зоны с аккреционными комплексами, с фрагментами отложений стратиграфии океанической плиты (СОП), детально описанными на западной Пацифике, в первую очередь на аккреционных комплексах российского Дальнего Востока (Хабаровский, Самаркинский, Таухинский) и Японии (Мино-Тамба, Шиманто) [9–12, 16–21]. Поэтому изучение этого геологического объекта является крайне важным для получения более достоверной картины раннепалеозойской эволюции Палеоазиатского океана – фанерозойского аналога современного Тихого океана, включая его закрытие и последующий коллизионный орогенез.

В данной статье сделан обзор имеющихся данных по Итмурундинской зоне (рис. 2) и представлены результаты первых полевых работ в его центральной части, а именно на участке Хорс-2 (рис. 3), с целью обоснования аккреционно-субдукционной природы

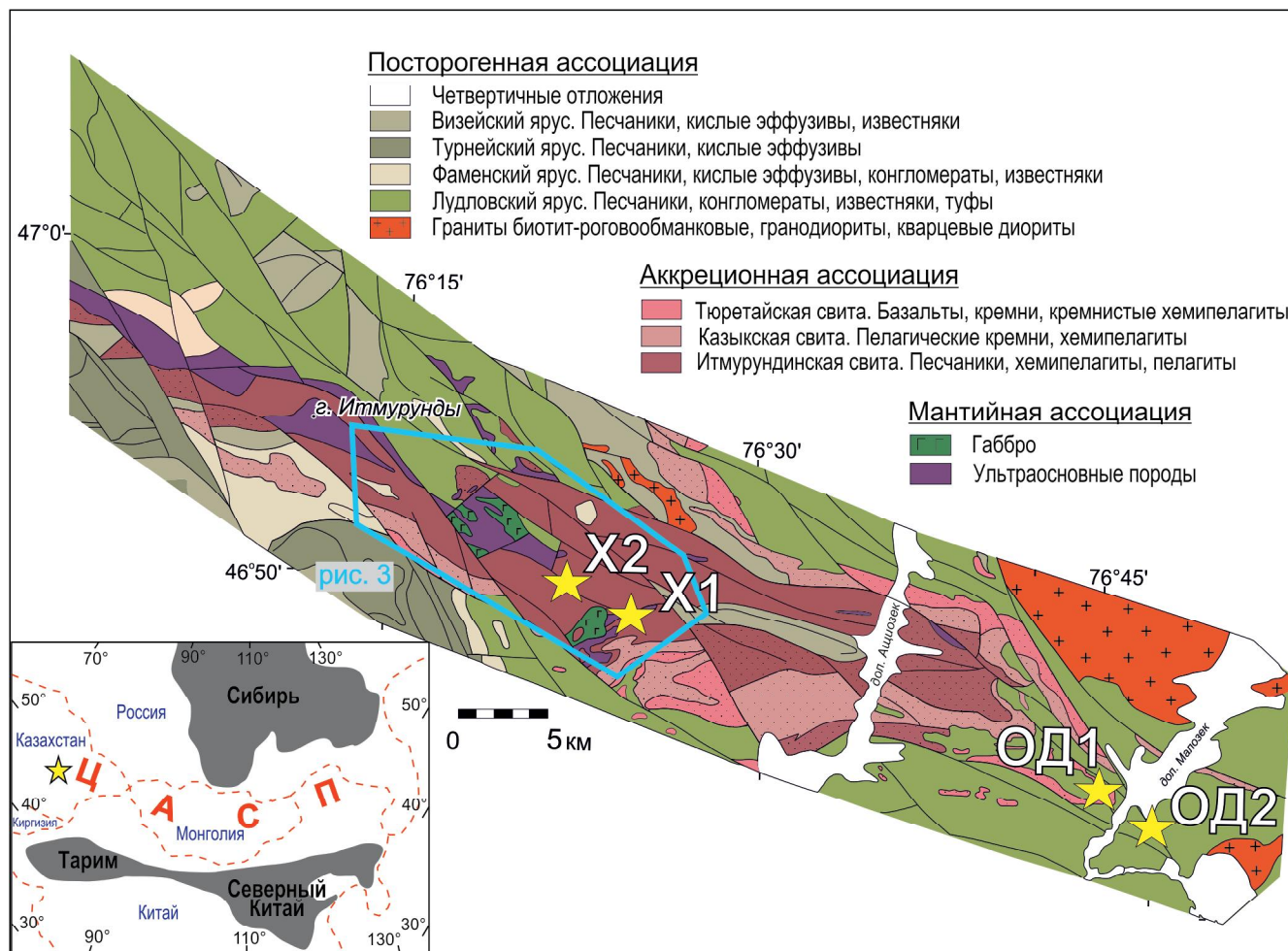


Рис. 2. Фрагмент геологической карты СССР, масштаб 1:200 000, серия Прибалхашская, лист L-43-XI [1].

Желтыми звездами показаны главные участки работ: Хорс-2, Хорс-1, ОД-1, ОД-2 (см. текст).

этой зоны. Особое внимание уделено литологии магматических и осадочных пород, их взаимоотношениям в разрезах и структурному положению. Полученные данные обсуждаются с позиций модели СОП, орогении тихоокеанского типа и строения аккреционного комплекса в сравнении с примерами из современной западной Пацифики.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ИТМУРУНДИНСКОГО АККРЕЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

Итмуруды-Казыкская складчатая зона расположена в одном из наиболее труднодоступных мест северного Прибалхашья (рис. 1, 2). Согласно геологической карте масштаба 1:200 000, лист L-43-XI [1], в строении зоны принимают участие несколько ассоциаций магматических и осадочных пород, имеющих возраст от позднего докембрия до кайнозоя (рис. 2). По легенде карты выделяются три главные ассоциации позднедокембрийских и палеозойских пород: мантийная (офиолиты), аккреционная (от-

ложения аккреционной призмы) и посторогенная (континентальные отложения). Породы мантийной ассоциации представлены образованиями нижней и средней частей «классического» офиолитового разреза: ультраосновные породы (гарцбургит, дунит, верлит), габброиды и плагиограниты океанической коры неустановленного возраста [1]. В состав аккреционной ассоциации входят отложения океанической плиты, т.е. аккрецированные фрагменты верхней части океанической коры или офиолитового разреза; кроме этого в регионе, вероятно, присутствуют породы магматической дуги, образованные над зоной субдукции [7, 8].

Ранее аккрецированные породы назывались спилит-яшмовым комплексом и рассматривались отдельно от офиолитовой ассоциации [5] (рис. 3 а). В современной терминологии этот комплекс представляет собой систему тектонических пластин, надвинутых и/или поддвинутых друг на друга, что характерно для многих аккреционных комплексов мира, в первую

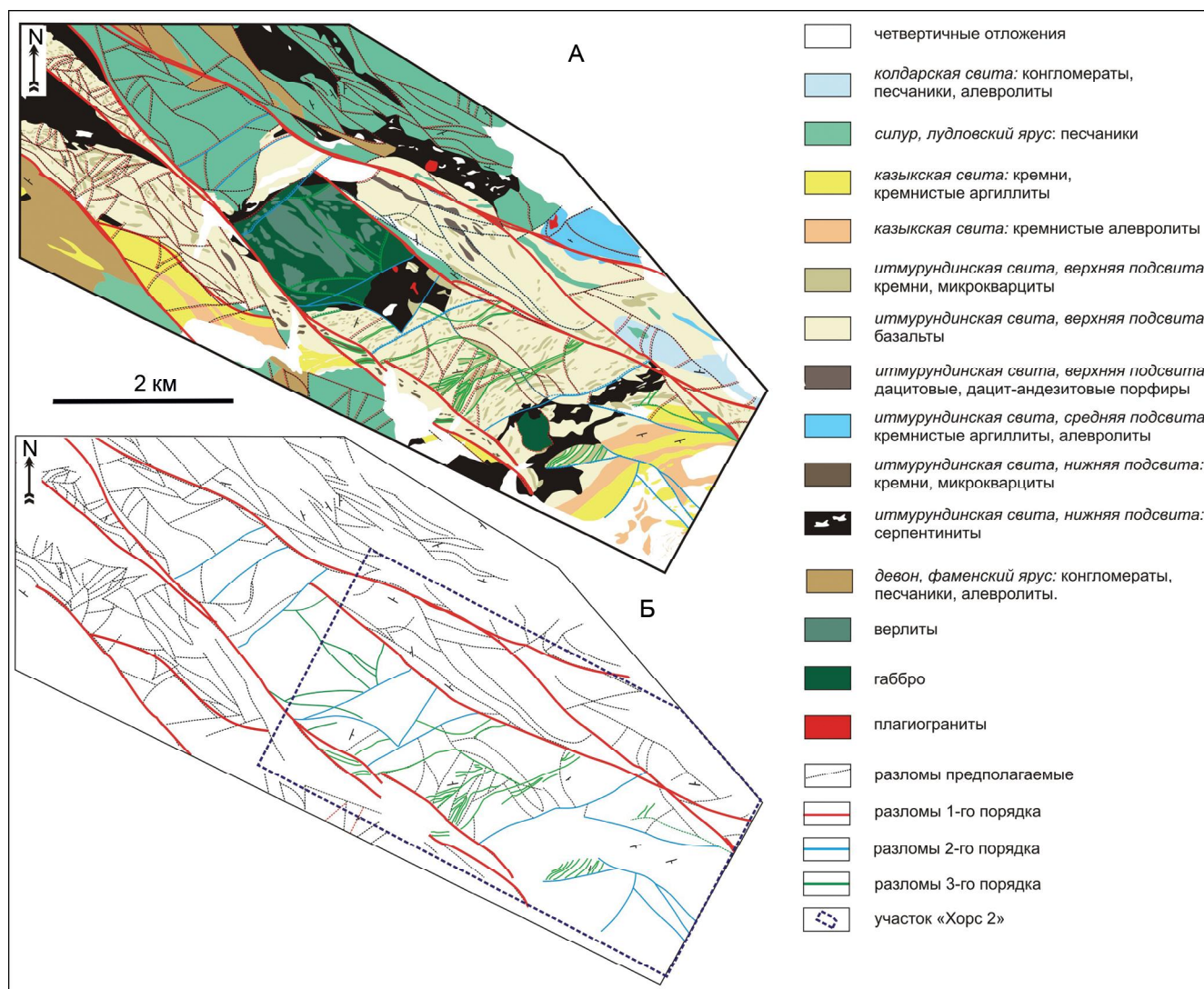


Рис. 3. Геологическое строение (А – по [6], с изменениями) и основные системы разрывных нарушений (Б – оригинальная интерпретация) юго-восточной части Итмурундинского аккреционного комплекса.

очередь, Японии, например, для аккреционного комплекса Мино-Тамба, в пределах которого находится эталон стратиграфии океанической плиты – разрез Инуяма [9–12, 16–18, 21, 24]. Тектонические пластины сложены осадочными и магматическими породами – базальтами, ленточными кремнями и кремнистыми тонкозернистыми осадками (аргиллитами, алевролитами), образованными на океанической литосфере.

Итмурундинская зона имеет крайне сложное строение – в ней выделяются разломы как минимум 3-х порядков (рис. 3 б). Наиболее крупные и самые молодые (докарбоновые) региональные разломы простираются в северо-западном направлении и, вероятно, связаны с син- и/или постколлизийным сжатием. В них упираются разломы второго порядка, имеющие, в основном, восточное простирание и

разделяющие породы мантийной части офиолитовой ассоциации (ультраосновные породы и габброиды) и породы верхней части офиолитового разреза, т.е. спилито-яшмовый или аккреционный комплекс [6]. Это – базальт-кремнистые толщи итмурундинской свиты и преимущественно кремнистые толщи казыкской свиты (рис. 3 а, 4). Базальт-кремнистые толщи смяты в систему сложных складок размером от 15 до 70 км в длину при ширине 5–10 км. Они осложнены складками более высоких порядков, вплоть до плейчатости, и разбиты густой сетью разломов 3-го порядка (рис. 2, 3). Наиболее сложные складчато-разрывные структуры высших порядков развиты в отложениях итмурундинской свиты, представляющих собой, согласно [6], «гигантскую тектоническую брекчию» или тектонический меланж в современной терминологии. Такие

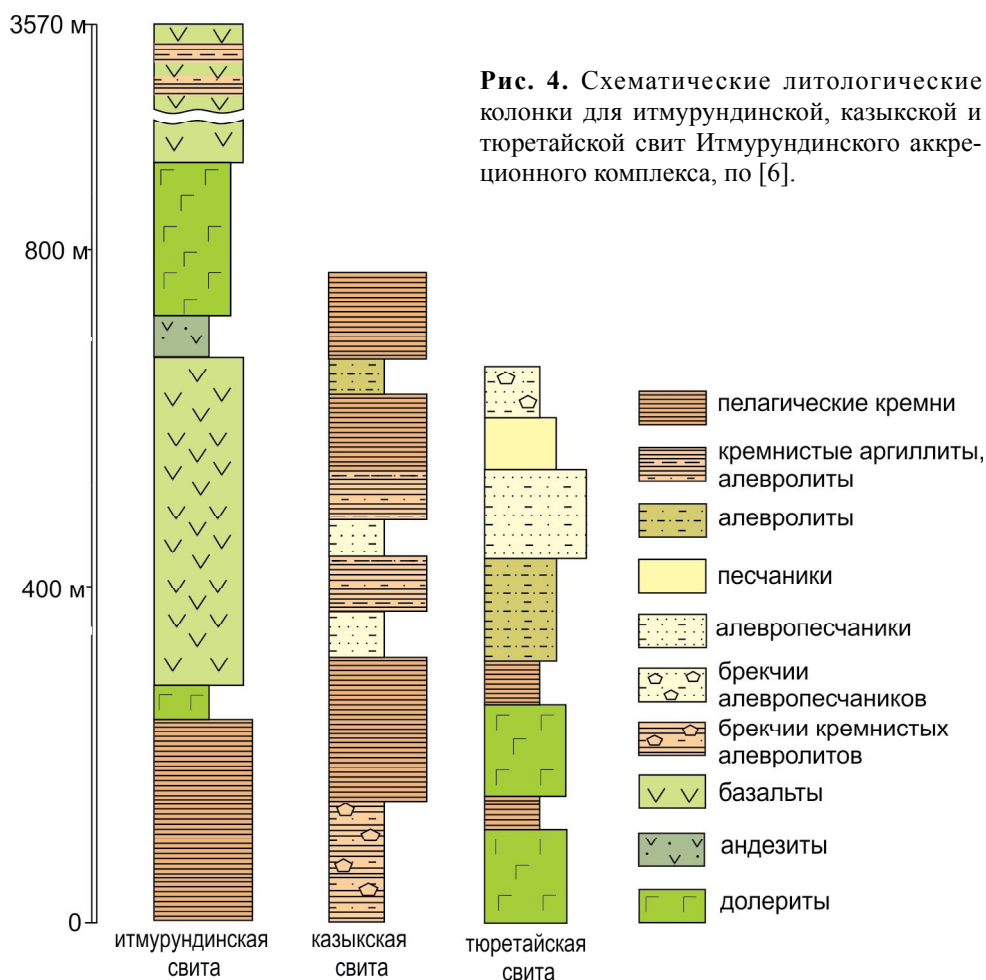


Рис. 4. Схематические литологические колонки для итмурундинской, казыкской и тюретайской свит Итмурундинского аккреционного комплекса, по [6].

разломы и складки образовались непосредственно в процессе аккреции и последующего надвигообразования и складчатости [15, 24, 31].

СТРАТИГРАФИЯ ИТМУРУНДИНСКОГО АККРЕЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

В соответствии с Геологической картой СССР 1960-го года породы Итмурундинского аккреционного комплекса разделяются на три свиты (снизу вверх): итмурундинскую, казыкскую и тюретайскую (рис. 2–4) с возрастом от позднего неопротерозоя до кембрия. Однако в более поздних публикациях было показано, что их возраст более молодой, преимущественно ордовикский [2, 4, 5]. Итмурундинская свита (нижний-средний ордовик) сложена базальтами, яшмами/кремнями, кремнистыми алевролитами, аргиллитами и сланцами. В составе казыкской свиты (средний-верхний ордовик) преобладают яшмы/кремни, кремнистые алевролиты, аргиллиты и сланцы. Тюретайская свита (верхний ордовик – ранний силур) представлена в основном кремнистыми алевролитами, аргиллитами и песчаниками (рис. 4, 5). Необходимо отметить, что в ранних публикациях [2, 4–6] пе-

лагические глубоководные кремни называли яшмами, видимо, по их облику, т.е. скрытозернистой структуре и часто полосчатой текстуре. В данной работе мы будем называть эти яшмы кремнями в соответствии с их глубоководным генезисом, т.к. они состоят из микроскопических кремнистых скелетов радиолярий и их обломков и имеют ленточную текстуру (см. ниже раздел 4).

Итмурундинская свита наиболее полно представлена на участке Хорс-2, расположенном в 10–15 километрах к юго-востоку от горы Итмурунды (рис. 2). Свита имеет невыдержанный состав, резкие фациальные переходы по вертикали и латерали. Е. И. Паталаха и В. А. Белый [6] разделили ее на три подсвиты: нижнюю, среднюю и верхнюю. В нижней подсвите представлены, в основном, афировые и порфиновые базальты, часто в виде пиллоу-лав, часто измененные, и долериты (рис. 5 а). В средней подсвите преобладают осадочные породы океанического генезиса: глубоководные ленточные кремни, кремнистые аргиллиты и алевролиты, гравелито-брекчии, состоящие из обломков вышеперечисленных пород и глинисто-кремнистого матрикса. В состав верхней подсвиты входят

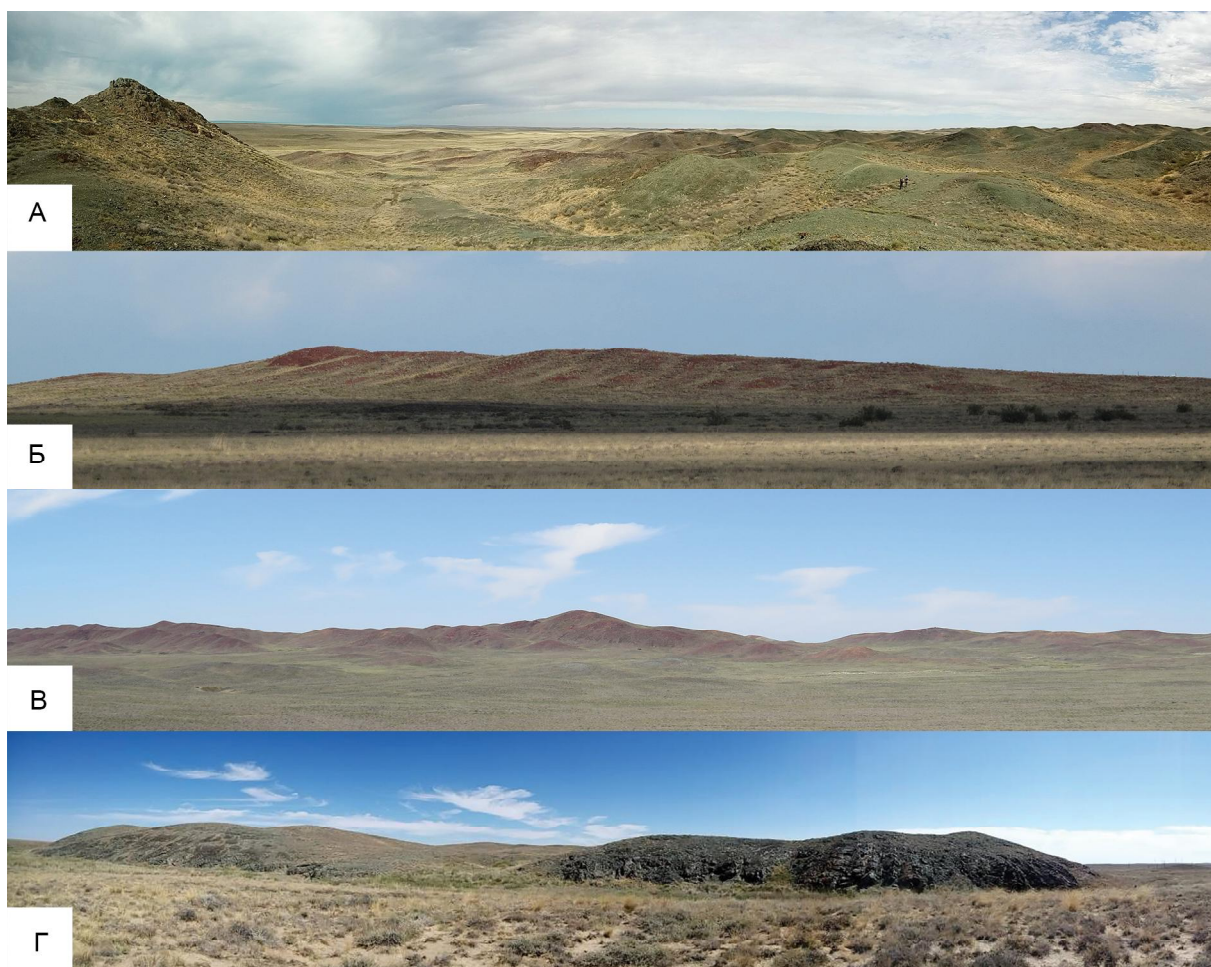


Рис. 5. Панорамные фото обнажений Итмурундинского аккреционного комплекса.

А, Б – итмурундинская свита: базальты (А), дуплекс структуры, сложенные кремнями и аргиллитами (Б); В – кремни казыкской свиты, Г – песчаники тюретайской свиты. Породы на фото соответствуют классической последовательности СОП: 1) базальты океанического дна (А), 2) пелагические кремни (Б, В), 3) хемипелагические кремнистые осадки (Б), 4) песчаники (Г) [17, 28, 31].

также, в основном, базальты и, в подчиненном количестве, кремни, кремнистые аргиллиты и алевролиты, песчаники и гравелиты. Свита имеет очень сложную тектоническую структуру: отложения пород нарушены многочисленными разломами – от локальных до региональных (рис. 3 б). Дизъюнктивные нарушения сопровождаются образованием более мелких складок, смятием и образованием литологически однородных пачек пород, разделенных разломами и слагающих достаточно крупные структуры (рис. 5 б). Мощность свиты достигает 3570 м (рис. 4).

Отложения казыкской свиты залегают на породах итмурундинской часто с несогласием и базальным горизонтом в основании. Казыкская свита фациально неоднородна, ее мощность существенно меняется. Наиболее полный разрез свиты наблюдается в 20–25 километрах на юго-восток от горы Итмурунды (рис. 2). Здесь на измененных долеритах итмурундин-

ской свиты залегают (снизу вверх): 1) алевролиты; 2) переслаивающиеся разнозернистые полимиктовые песчаники, гравелиты, кремнистые алевролиты; 3) кремни; 4) переслаивающиеся кремни, кремнистые сланцы и алевролиты, полимиктовые песчаники; 5) красные кремни (рис. 4, 5 в). Мощность свиты составляет 780 м. Нами также были выделены конодонты из кремней казыкской свиты, которые показали возраст от верхов среднего ордовика до низов позднего ордовика (рис. 6).

Тюретайская свита имеет пестрый, невыдержанный состав и характеризуется резкими фациальными переходами. Наиболее полный разрез представлен на юго-востоке Итмурундинского аккреционного комплекса и состоит из (снизу вверх): базальтов, кремней, кремнистых аргиллитов и алевролитов, перекрытых мощной толщей переслаивающихся брекчий, разнозернистых полимиктовых песчаников

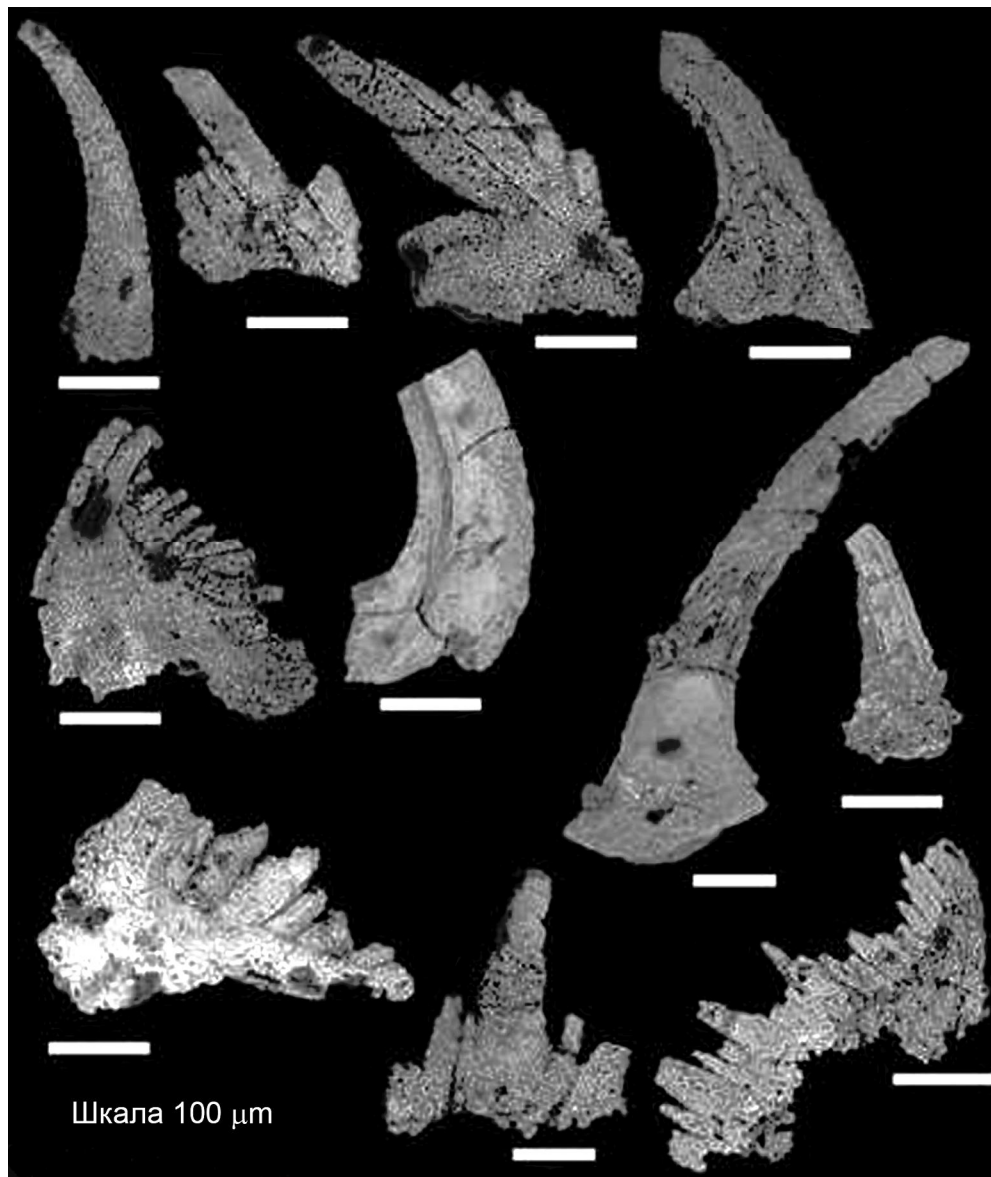


Рис. 6. Микрофотографии конодонтов, выделенных из кремней казыкской свиты Итмурундинского аккреционного комплекса (новые данные).

Возраст: верхи среднего ордовика – низы верхнего ордовика.

и гравелитов, брекчий и средне-тонкозернистых песчаников (рис. 4, 5 г).

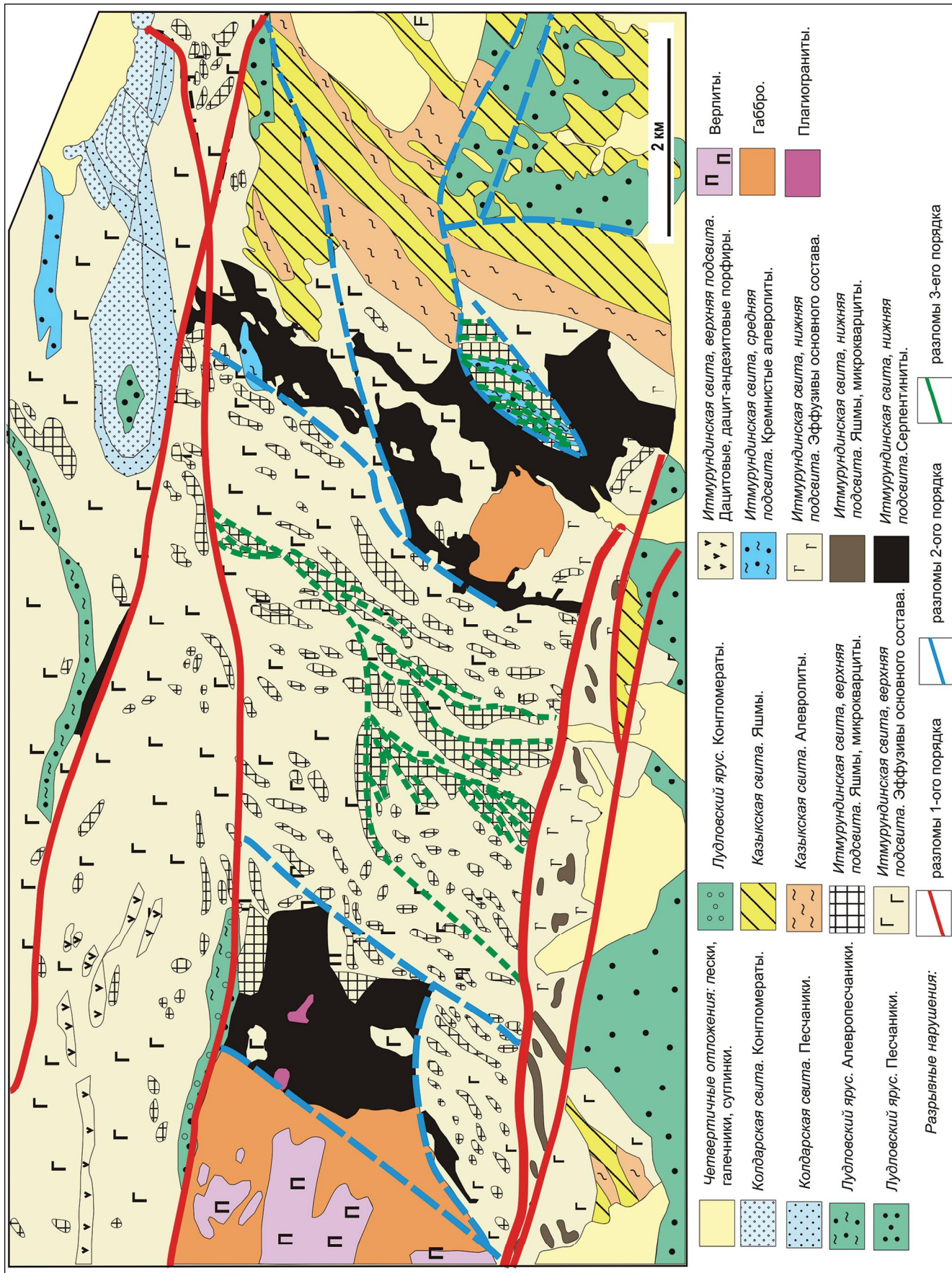
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ УЧАСТКА ХОРС-2

Участок Хорс-2 расположен в центральной части Итмурундинского аккреционного комплекса (рис. 2,

3, 7). Названия участков «хорс» (horse) были выбраны нами по схожести их структур, состоящих из повторяющихся пачек базальтов, кремней, кремнистых аргиллитов и алевролитов, с одноименными надвиговыми и поддвиговыми дуплекс-структурами, описанными еще в 1982 г. Бойером и Эллиотом [13] и в 1992 г.

Рис. 7. Геологическая схема участка Хорс-2 и прилегающей территории с предполагаемыми дуплекс-структурами (по [6], с изменениями).

Разломы показаны толстыми сплошными линиями для 1-го порядка, толстым штрихом для 2-го порядка и тонким штрихом для 3-го порядка. Разломы 3-го порядка разделяют отдельные хорсы в пределах дуплекс-структур.



К. Маклэем [23] (рис. 8 – врезка). Позже поддвиговые дуплекс-структуры были представлены Ш. Маруямой и И. Кемкиным и их соавторами по результатам многолетних работ на различных аккреционных комплексах западной Пацифики, в первую очередь, Японии и Приморья [16–18, 22]. Участок Хорс-2 условно ограничен разломами 2-го порядка, отделяющими отложения итмурундинской свиты от ультраосновных пород на северо-западе и от отложений казыкской свиты на юго-востоке (рис. 3 б, 7).

В пределах этого участка на поверхность выходят отложения итмурундинской свиты (рис. 2, 4) в виде многочисленных выходов базальтов, кремней и кремнистых аргиллитов; также присутствуют редкие выходы песчаников (рис. 9). Базальты и андезибазальты занимают около 70 % участка (вулканы «главного поля»; рис. 5 а), остальное приходится на долю пелагитов и хемипелагитов (25 %), трахиандезитов, трахитов, щелочных риолитов и плагиогранитов (5 %). В литературе также упоминаются трахиандезиты, трахиты, щелочные риолиты, плагиограниты [6, 8]. Нами также закартированы ультраосновные породы, порфиновые андезиты и дациты; плагиограниты обнаружены не были. Основные петрографические разновидности пород показаны на рисунке 10.

Главной разновидностью магматических пород являются базальты в виде фрагментов потоков и пиллоу-лав (рис. 9 а). Породы часто изменены – видны прожилки эпидота, кварца, гидроксиды железа, псевдоморфозы лимонита по пириту. Встречаются миндалекаменные разновидности с миаролами, заполненными цеолитами и кальцитом (рис. 10 в).

Сопки высотой 10–30 м – типичные элементы рельефа участка Хорс-2 – сложены базальтами в основании и на западных склонах, но кремнями в средней части и кремнистыми алевролитами около вершины и на восточных склонах (рис. 5, 9 б). Во многих базальты находятся в контакте с сургучно-красными и черными кремнями и шоколадными тонкоплитчатыми алевролитами. Глубоководные кремни, как правило, залегают стратиграфически выше базальтов (рис. 8, 9 г). Они часто изменены до яшм и микрокварцитов. Глубоководная природа этих кремней определена по крайне тонкозернистой, фактически криптокристаллической структуре и по их ленточной текстуре (рис. 9 г), что характерно для глубоководных пелагических кремней, описанных в составе древних и молодых аккреционных комплексов западной Пацифики [15–17]. Кроме того, в этих кремнях были найдены радиолярии и конодонты [2, 4, 5].

Залегание слоев кремней и кремнистых аргиллитов часто почти вертикальное, что характерно для

многих аккреционных комплексов [31]. Местами кремни находятся в контакте с брекчиями (рис. 9 д), состоящими из обломков кремней, погруженных в зеленоватый матрикс предположительно базальтового состава, и зеленовато-серых, сильно рассланцованных базальтов. Нами были описаны зеленоватые и красные кремни с ленточной текстурой в контакте с вулканической брекчией (рис. 9 е). В контакте с серыми кремнями описаны черные сланцы (рис. 9 ж), образующие линзы размером до 5 м с ленточными кремнями в ядре. Широко распространенные шоколадные кремнистые аргиллиты слагают вершины или целиком отдельные сопки, местами сильно изменены, вследствие чего приобретают зеленоватый и белесый цвет (рис. 9 з, 10 д).

Выходы песчаников встречаются редко, как правило, в виде маломощных прослоев и линз (рис. 9 и). Песчаники перекрывают кремнистые отложения и распространены локально, часто на вершинах и бортах сопки. Все песчаники имеют серый и темно-серый, иногда зеленоватый цвет, визуальное напоминают граувакки; они преимущественно мелко-среднезернистые, плохо сортированные (рис. 10 е). Среди обломков отмечаются кварц, плагиоклаз, кремни, базальты. Для участка Хорс-2, в частности, и всего комплекса, в целом, характерны вулканогенно-осадочные брекчии, состоящие из обломков яшм и базальтов, сцементированных кремнистым или глинисто-кремнистым материалом, что характерно для всех аккреционных комплексов Тихого океана.

В западной части участка Хорс-2 (рис. 7), рядом с крупным массивом, сложенным ультраосновными и основными породами, преобладают базальты. Они перекрываются пачками переслаивающихся красных кремней и темно-серых кремнистых аргиллитов, толщина слоев которых доходит до 2 мм. Кроме этого, на участке на поверхность выходят мощные пачки красных кремнистых аргиллитов, рассланцованные кремнистые алевролиты, пронизанные кварцевыми жилами, а также маломощные слои среднезернистых песчаников. Красные кремни, серые аргиллиты и алевролиты слагают многочисленные повторяющиеся пачки и/или надвинутые друга на друга будины, похожие на дуплекс-структуры, состоящие из отдельных «хорсов» (в русскоязычной литературе также называемые структурой «конского хвоста») мощностью до 10 м (рис. 8).

Центральная часть участка Хорс-2 сложена преимущественно осадочными породами – кремнями, кремнистыми аргиллитами и алевролитами, песчаниками и брекчиями (рис. 7). Кремни и кремнистые аргиллиты часто образуют гривки, впадины между которыми заполнены базальтами. Видимых контактов

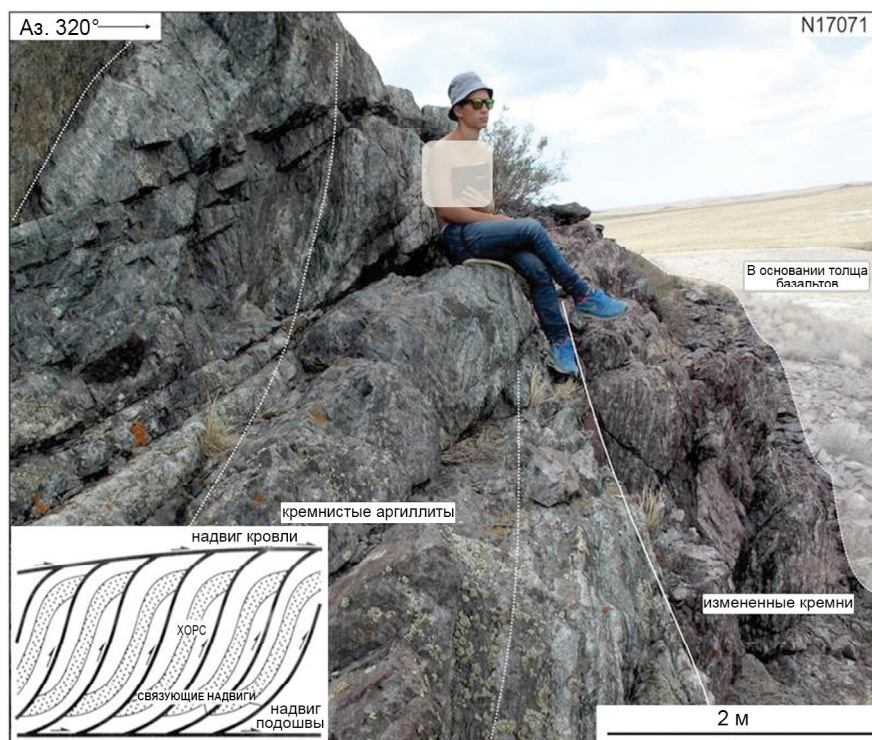


Рис. 8. Пачка пород СОП на участке Хорс-2, состоящая из (снизу вверх) базальтов, кремней и кремнистых аргиллитов. Изображена поверхность несогласия (с субвертикальным падением) между кремнями и кремнистыми аргиллитами, которая может быть интерпретирована как надвиг в структуре хорс-типа. На врезке показана модель образования дуплекс-структуры, состоящей из отдельных хорсов [25].

между базальтами и кремнями, базальтами и кремнистыми аргиллитами немного, они, как правило, задернованы, но эта закономерность залегания (снизу-вверх: базальты – кремни – кремнистые аргиллиты) проявлена по всей площади участка Хорс-2. Хороший «холодный» контакт между базальтами и кремнистыми аргиллитами, найденный нами, показан на рис. 9 в.

В восточной части участка Хорс-2 базальты в виде пиллоу-лав слагают более четко выраженные в рельефе гряды и горные массивы (рис. 5 а, 7). Кремнистые алевролиты с красными кремнями и кремнистые алевролиты зелено-серого цвета контактируют с брекчиями, имеющими окатанные и полуокатанные обломки от 2–3 мм до 1–2 см. Осадочная толща сильно смята и дислоцирована. Зеленовато-серые и шоколадные аргиллиты слагают отдельные холмы. Они сильно изменены: хлоритизированы и окварцованы, подвержены деформациям, вследствие чего раскливажированы и рассланцованы. В толще аргиллитов наблюдаются будины, представленные теми же породами зеленого и шоколадного цвета, кварцевые будины с поверхностями скольжения, а также псевдобудины с захваченным в процессе перемещения материалом. Среди аргиллитов также встречаются

линзовидные тела кроваво-красных кварцитов с рудными включениями. Выходы песчаников маломощны, представляют собой сильно смятые щетки. Присутствуют небольшие выходы базальтов. Встречаются толщи переслаивающихся песчаников мелкозернистых, алевролитов и аргиллитов серых, шоколадных. Все эти разновидности также сильно рассланцованы. Алевролиты – в виде линзовидных тел среди преимущественно зеленовато-серых пород.

В целом доля базальтов увеличивается к западу и северу, где кремни и кремнистые аргиллиты выходят только на вершинах гривок и холмов (рис. 5). В восточном направлении увеличивается мощность осадочных пород (рис. 7). Часто встречаются зоны смятия, имеющие субширотное простирание. Смяты как осадочные породы, так и магматические. Измененные базальты представлены фациями зеленых сланцев с широким развитием эпидота и пренита. Сургучно-красные кремни также часто сильно изменены, пронизаны жилками кварца, вплоть до кварцитов, встречаются характерные белые кремни. Кремни также претерпевали сильное субширотное смятие. Как правило, под ними обнаруживаются рассланцованные базальты (рис. 8). Такая высокая степень

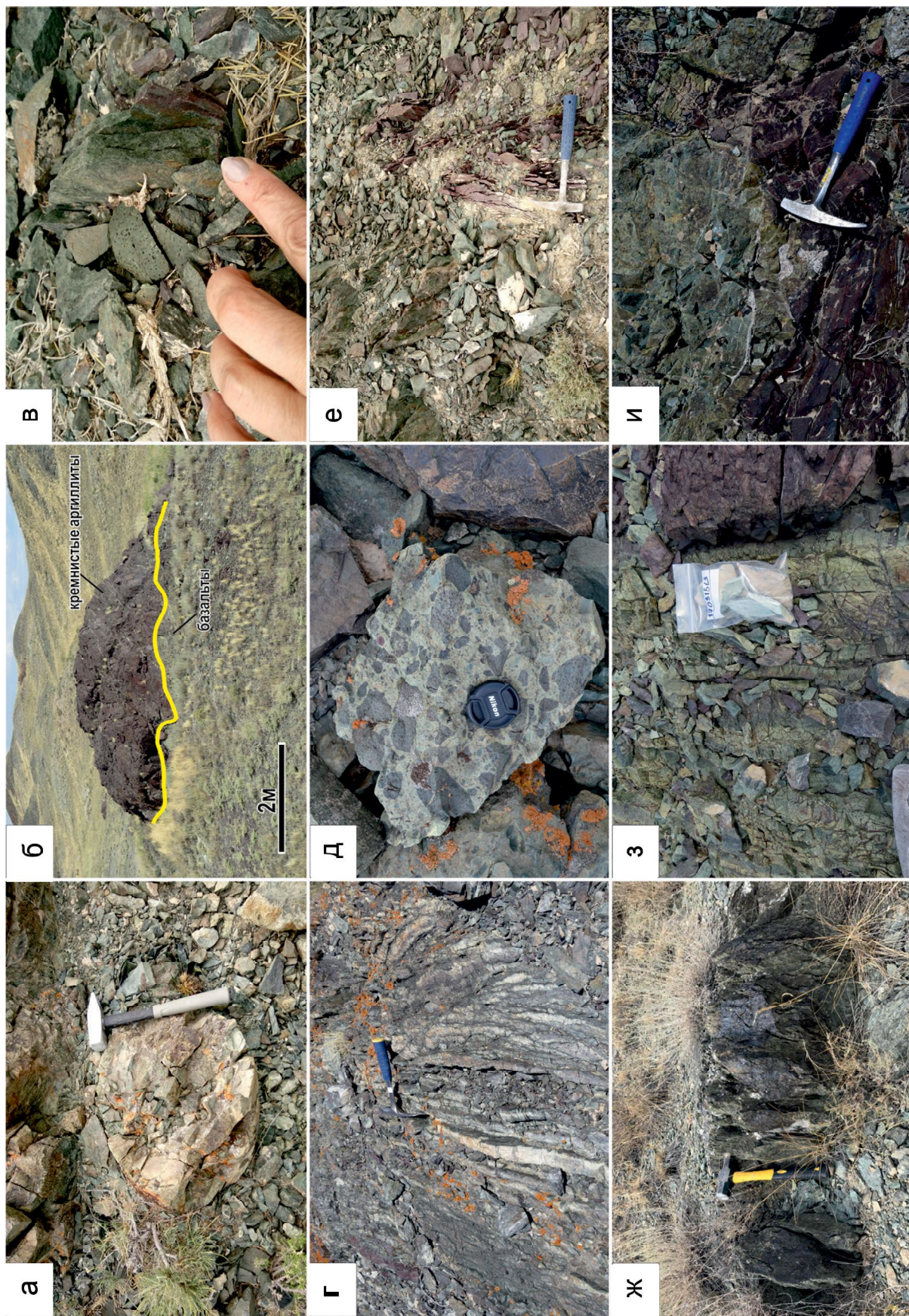


Рис. 9. Фотографии обнажений пород Игмуундинского аккреционного комплекса.

а – подушечные лавы; б – выходы базальтов (в основании) и кремнистых аргиллитов; в – контакт базальтов с кремнями; г – ленточные кремни; д – вулканическая брекчия; е – кремни в контакте с брекчией; ж – чёрные сланцы; з – кремнистые аргиллиты; и – песчаники.

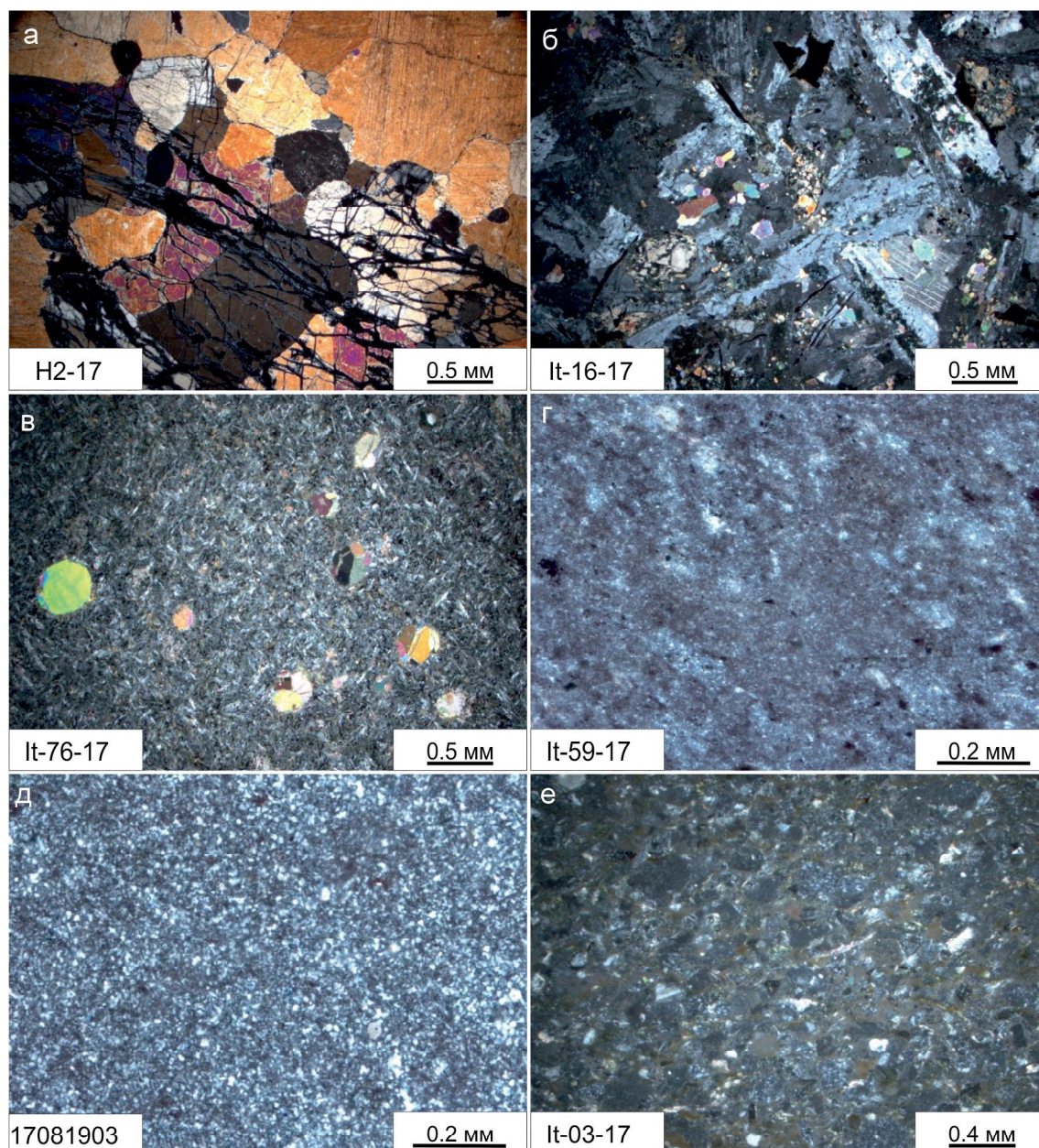


Рис. 10. Фотографии шлифов образцов пород участка Хорс-2 Итмурундинского аккреционного комплекса. а – верлит; б – габбро; в – базальт; г – кварц; д – кремнистый аргиллит; е – песчаник.

деформации океанических пород связана с их включением в состав аккреционных комплексов, формирование которых происходит в результате срезания верхнего слоя пород океанической литосферы, их надвигания и подвигания. Все породы СОП также испытывают более поздние деформации, связанные с закрытием океана.

ДИСКУССИЯ

Попытки проанализировать палеотектонические условия накопления осадочно-вулканогенных

отложений Итмурундинской зоны делались и ранее. Еще 40 лет назад Е.И. Паталаха и В.А. Белый сопоставляли разрезы из разных частей северного Прибалхашья и отмечали, что условия излияния вулканических пород и осадконакопления были «весьма неодинаковыми» [6]. Они полагали, что накопление в глубоководных областях яшм (пелагических кремней в современной терминологии), микрокварцитов (раскристаллизованных хемипелагических кремнистых аргиллитов и алевролитов в современной терминологии) и эффузивов основного состава происходило

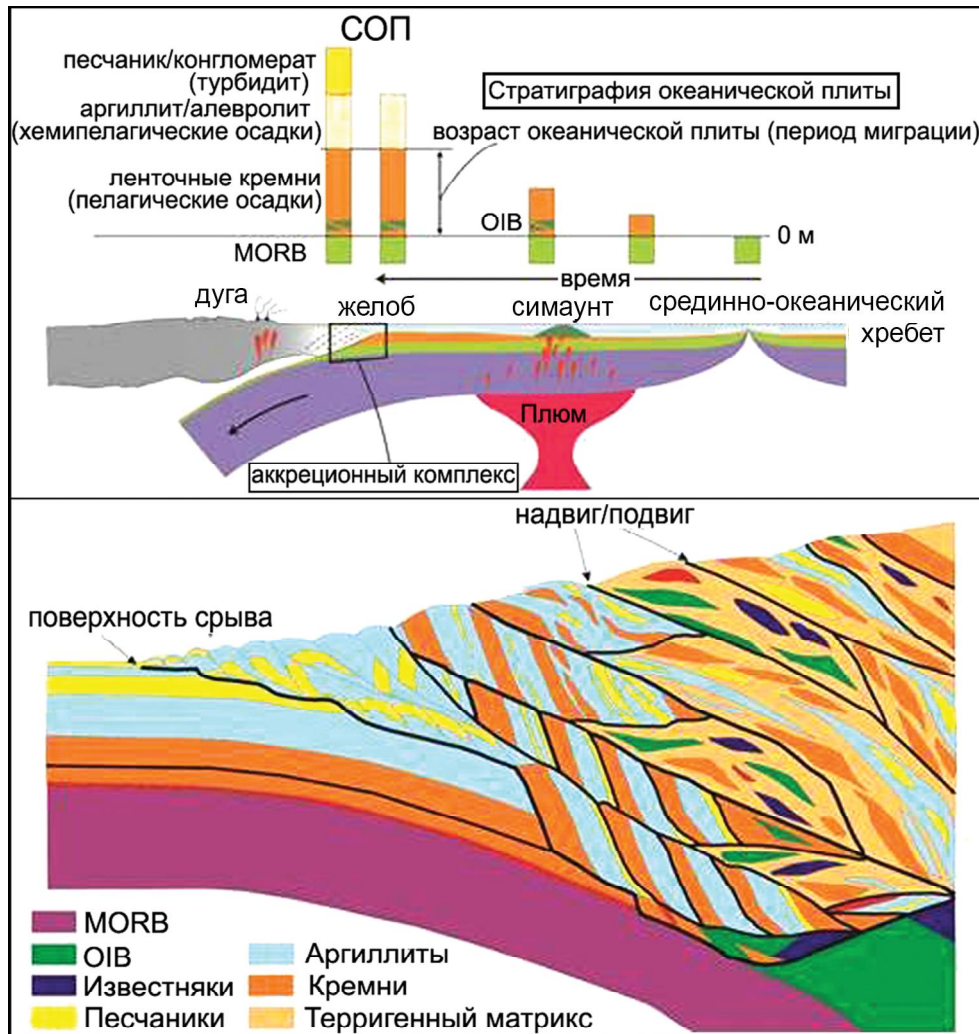


Рис. 11. Верх – модель стратиграфии океанической плиты (СОП), по [24]; низ – строение аккреционного комплекса с дуплекс-структурами, сложенными пачками пород СОП [32].

в областях поднятий на океаническом дне одновременно с размывом ранее образовавшихся горизонтов итмурундинской свиты и их переотложением в виде гравелитов, конгломератов, песчаников. Авторы отмечали, что такие особенности внутреннего строения грубокластических пород характерны для всех подразделений итмурундинской свиты. Нарушение ранее образовавшихся горизонтов итмурундинской свиты и переотложение их в виде многочисленных горизонтов обломочных пород, а также особенности внутреннего строения, по их мнению, свидетельствуют о многочисленных этапах тектонических деформаций в период накопления итмурундинской свиты [6]. Все эти особенности характерны для образований современных конвергентных окраин тихоокеанского типа, в первую очередь, аккреционных призм, состоящих из аккрецированных пластин отложений СОП [18, 20, 24, 31] и терригенного матрикса

(рис. 11). В качестве примера можно привести разрез триасово-юрских кремней, кремнистых аргиллитов и песчаников разреза Инуяма аккреционного комплекса Мино-Тамба [15, 17, 31].

С точки зрения процессов, происходящих в настоящее время на конвергентных окраинах тихоокеанского типа, все комплексы пород, описанные Е.И. Патахой и В.А. Белым, соответствуют классической последовательности СОП: 1) базальты океанического дна, перекрытые 2) пелагическими кремнями, т.е. отлагавшимися глубоко в океане, 3) гемипелагическими кремнистыми тонкозернистыми осадками областей, расположенных ближе к зоне субдукции, т.е. туда попадают тонкозернистые осадки, образующиеся при разрушении внутриокеанических дуг и континентальных окраин, и 4) более грубозернистыми отложениями глубоководных желобов (песчаники, гравелиты, турбидиты) [16, 17, 24, 31].

Модель СОП была разработана японскими учеными по результатам многолетнего изучения аккреционных комплексов Японских островов [16, 22]. Позже эта модель была применена и развита другими исследователями как на мезозойско-кайнозойских аккреционных комплексах Циркум-Пацифики, включая Приморье [9, 10, 18, 20, 21, 29], так и на более древних орогенах тихоокеанского типа [23, 28, 30]. СОП представляет собой закономерную последовательность магматических (MORB, базальты срединно-океанических хребтов; OIB, базальты океанических островов; габбро и перидотиты) и осадочных (пелагические кремни, хемипелагические кремнистые осадки, отложения глубоководного желоба, симаунты: карбонатная «шапка», фации склонов и основания) пород океанической литосферы, которые соответственно изливались или отлагались на океаническом дне по мере того, как она двигалась от срединно-океанического хребта к зоне субдукции (рис. 11 а). В процессе океанической субдукции толщи СОП прирываются к активным окраинам и входят в состав аккреционных комплексов, имеющих сложную структуру (рис. 11 б). Фрагменты океанической коры или элементы СОП являются важными компонентами орогенных поясов тихоокеанского типа, образованных в результате океанической субдукции и аккреции фрагментов океанической литосферы [9–12, 17, 18, 21, 23, 24, 26, 29–31]. При этом существуют и модели тихоокеанской орогении, предполагающие чередование во времени и пространстве обстановок субдукции и скольжения литосферных плит. С периодами скольжения может быть связано синдвиговое сжатие и формирование континентальной литосферы, а также развитие слэб-виндоу и астеносферный магматизм, как из-под стагнированного слэба, так и из-под нависающей плиты [14, 20].

Изучение и картирование аккреционных комплексов всегда было затруднительно в связи с их чрезвычайно сложным строением (рис. 11 б). Аккреционные комплексы состоят из элементов СОП, перемещенных субдуцирующей океанической плитой, и разрушенного материала окружающих вулканических дуг. Важность пород, входящих в состав СОП, состоит в том, что в них запечатлена вся история океанической плиты от ее зарождения в области срединно-океанического хребта до исчезновения в зоне субдукции.

В Итмурундинской зоне широко представлены породы аккреционных призм, которые ранее назывались хаотическими. Аккреционная ассоциация – это ассоциация магматических и осадочных образований, сформированная на конвергентной окраине тихоокеанского типа: фрагменты СОП, аккреционные толщи и надсубдукционные образования. Предполагаемый

возраст пород СОП – от верхнего кембрия до раннего силура. Точный возраст большинства магматических и осадочных образований остается неизвестным. Изотопных возрастов для этого района ранее не было получено, но есть единичные определения возраста по микрофоссилиям из кремней, которые дают поздний ордовик и ранний силур [2, 4]. Первые результаты наших исследований показали, что итмурундинские кремни имеют криптокристаллическую структуру и ленточную текстуру, т.е. они являются «классическими» пелагическими образованиями глубоководного происхождения. Глубоководная природа аналогичных кремней на эталонных объектах западной Пацифики была обоснована крайне низкими скоростями осадконакопления – 1–3 мм за тысячу лет [16]. Изученные нами обнажения базальтов, кремней, кремнистых аргиллитов и алевролитов и песчаников, их закономерные структурные взаимоотношения, т.е. нахождение базальтов в основании разрезов, их перекрытие кремнями и/или кремнистыми аргиллитами и алевролитами и завершение разрезов песчаниками, соответствуют модели СОП. Присутствие в Итмурундинской зоне глубоководных отложений, как пелагических, так и хемипелагических, вулканических пород океанической коры и весьма сложная складчатая структура, включающая повторяющиеся пачки пород – базальтов-кремней-кремнистых аргиллитов, напоминающих дуплекструктуры и «хорсы» [13, 25], а также многочисленные разрывные нарушения, преимущественно надвиги и подвиги (рис. 7, 8, 11 б), подтверждают сделанное ранее предположение об аккреционной природе этой геологической структуры, т.е. она была образована на конвергентной окраине тихоокеанского типа.

ВЫВОДЫ

Итмурундинская зона северного Прибалхашья представляет собой сложную геологическую структуру, включающую породы трех ассоциаций: мантийной (офиолиты), аккреционной (аккреционный и надсубдукционный комплексы) и посторогенной (континентальные отложения). По материалам геологической съемки 1950-х годов вулканические и осадочные породы аккреционной ассоциации или аккреционного комплекса входят в состав 3-х свит – итмурундинской (O_{1-2}), казыкской (O_{2-3}) и тюретайской (O_3-S_1), разделенных тектоническими несогласиями. Среди последних выделяются разломы 3-х порядков: 1) самые крупные и молодые региональные разломы; 2) разломы, разделяющие ультраосновные породы и габброиды и аккреционный комплекс; 3) мелкие разломы, разделяющие отдельные пачки, сложенные океаническими осадками (кремни – кремнистые аргиллиты – алевролиты).

Наибольшим литологическим разнообразием отличаются отложения итмурундинской свиты (O_{1-2}). Они представлены базальтами, пелагическими кремнями, хемипелагическими кремнистыми аргиллитами и алевролитами, а также граувакковыми песчаниками. Все эти породы наиболее полно представлены на участке Хорс-2. Базальты, как правило, залегают в основании разрезов и перекрываются кремнями и кремнистыми аргиллитами. Песчаники перекрывают кремнистые отложения и распространены локально, часто на вершинах и бортах сопок.

Пачки пород с повторяющимся составом (кремни-аргиллиты) отделены друг от друга разломами 2-го и 3-го порядка, предположительно надвиговой/поддвиговой природы, т.е. они напоминают дуплекструктуры. Наличие таких структур и высокая степень деформации пород итмурундинской свиты являются характерными признаками аккреционных комплексов. При этом такие надвиги/подвижки (разломы 3-го порядка) в поле диагностируются плохо, в основном, по долинам между хребтами. Это связано со слабой степенью литификации аккретируемых пород.

Изученные ассоциации вулканических и осадочных пород представляют собой полный разрез СОП: базальты – кремни (пелагические отложения) – кремнистые аргиллиты, алевролиты и сланцы (хемипелагические отложения) – глубоководные отложения (турбидиты, граувакки). По структурному положению и литологическому составу они соответствуют модели образования аккреционных комплексов на конвергентных окраинах тихоокеанского типа западной Пацифики.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы искренне признательны академику РАН А.И. Ханчуку и академику НАН Республики Казахстан П.В. Ермолову за интересные дискуссии в ходе обсуждения результатов работ в северном Прибалхашье и при подготовке статьи. Мы также очень благодарны члену-корреспонденту РАН А.Н. Диденко за рецензирование нашей статьи, за все замечания и предложения, которые несомненно помогли ее улучшить. Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках проектов № 14.Y26.31.0018 «Мультидисциплинарное изучение складчатых поясов тихоокеанского типа и создание согласованной модели эволюции океанов, их активных окраин и мантийного магматизма» Лаборатории эволюции палеоокеанов и мантийного магматизма (ЛЭПОМ) ГГФ НГУ и по госзаданию Минобрнауки РФ № ЗИ-14-17/П220, ЗИ-13-17/П220, ЗИ-12-17/П22.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геологическая карта СССР. 1:200 000. Серия Прибалхашская. Лист L-43-XI / Сост. В.Я. Кошкин, В.В. Галицкий.

- Южно-Казахстанское геологическое управление Министерства геологии и охраны недр СССР, 1960.
2. Жилкайдаров А.М. О возрасте вулканогенно-кремнистых отложений Джунгаро-Балхашской области по конодонтам // Вестн. АН Каз. ССР. 1988. № 5. С. 84–86.
 3. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит СССР. Т. I. М.: Недра, 1990. 328 с.
 4. Никитин И.Ф. Ордовикские кремнистые и кремнисто-базальтовые комплексы Казахстана // Геология и геофизика. 2002. Т. 43. С. 512–527.
 5. Новикова М.З., Герасимова Н.А., Дубинина С.В. Конодонты из вулканогенно-кремнистого комплекса Северного Прибалхашья // Докл. АН СССР. 1983. Т. 271. С. 1449–1451.
 6. Паталаха Е.И., Белый В.А. Офиолиты Итмурунды-Казыкской зоны // Офиолиты. Алма-Ата, 1981. С. 7–102.
 7. Сафонова И.Ю., Обут О.Т., Савинский И.А., Котлер П.Д., Хромых С.В., Кривоногов С.К., Гурова А.В., Перфилова А.А., Черный Р.И., Петренко Н.А., Маруяма Ш. Итмурундинский аккреционный комплекс, северное Прибалхашье: кембро-ордовикский этап развития Палео-Азиатского океана // Корреляция алтаид и уралид: глубинное строение литосферы, стратиграфия, магматизм, метаморфизм, геодинамика и металлогения: Материалы Четвертой междунар. науч. конф. 2–6 апреля, 2018 г., Новосибирск: Институт геологии и минералогии им. С.В. Соболева СО РАН. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. С. 130–132.
 8. Степанец В. Г. Офиолиты Казахстана // Геология и геодинамика. Акад. изд-во Ламберт, 2016. 251 с.
 9. Филиппов А.Н., Кемкин И.В., Панасенко Е.С. Раннеюрские гемипелагические отложения Самаркинского террейна (Центральный Сихотэ-Алинь): строение, состав и обстоятельства накопления // Тихоокеан. геология. 2000. Т. 19, № 4. С. 83–96.
 10. Филиппов А.Н., Кемкин И.В. Кремнисто-глинистые отложения юрской аккреционной призмы хр. Хехцир, Сихотэ-Алинь: стратиграфия и генезис // Тихоокеан. геология. 2007. Т. 26, № 1. С. 51–69.
 11. Ханчук А.И., Никитина А.П., Панченко И.В., Бурый Г.И., Кемкин И.В. Палеозойские и мезозойские гайоты Сихотэ-Алиня и Сахалина // Докл. АН СССР. 1889. Т. 307, № 1. С. 186–190.
 12. Ханчук А.И., Кемкин И.В. Геодинамическая эволюция Япономорского региона в мезозое // Вестн. ДВО РАН. 2003. № 6. С. 94–108.
 13. Boyer S., Elliot D. Thrust systems // Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. 1982. N 66. P. 1196–1230.
 14. Dobretsov N.L., Berzin N.A., Buslov M.M. Opening and tectonic evolution of the Paleo-Asian Ocean // Intern. Geol. Rev. 1995. V. 35. P. 335–360.
 15. Fujisaki W., Isozaki Y., Maki K., Sakata S., Hirata T., Maruyama S. Age spectra of detrital zircon of the Jurassic clastic rocks of the Mino-Tanba // J. Asian Earth Sci. 2014. V. 88. P. 62–73.
 16. Hori R. Radiolarian biostratigraphy at the Triassic/Jurassic period boundary in bedded cherts from the Inuyama Area, Central Japan // J. Geosci. 1992. V. 35. P. 53–65.
 17. Isozaki Y., Maruyama S., Fukuoka F. Accreted oceanic materials in Japan // Tectonophysics. 1990. V. 181. P. 179–205.
 18. Kemkin I.V., Khanchuk A.I., Kemkina R.A. Accretionary prisms of the Sikhote-Alin Orogenic Belt: Composition, structure and significance for reconstruction of the geodynamic

- evolution of the eastern Asian margin // *J. Geodynamics*. 2016. V. 102. P. 202–230.
19. Khanchuk A.I. Pre-Neogene tectonics of the Sea-of-Japan region: A view from the Russian side // *Earth Sci.* 2001. V. 55. P. 275–291.
 20. Khanchuk A.I., Kemkin I.V., Kruk N.N. The Sikhote-Alin orogenic belt, Russian South East: Terranes and the formation of continental lithosphere based on geological and isotopic data // *J. Asian Earth Sci.* 2016. V. 120. P. 117–138.
 21. Kojima S., Kemkin I.V., Kametaka M., Ando A. A correlation of accretionary complexes of southern Sikhote-Alin of Russia and the Inner zone of southern Japan // *Geosci. J.* 2000. V. 4. P. 175–185.
 22. Kovalenko V.I., Yarmolyuk V.V., Kovach V.P., Kotov A.B., Kozakov I.K., Salnikova E.B., Larin A.M. Isotope provinces, mechanisms of generation and sources of the continental crust in the Central Asian mobile belt: geological and isotopic evidence // *J. Asian Earth Sci.* 2004. V. 23. P. 605–627.
 23. Kusky T., Windley B., Safonova I., Wakita K., Wakabayashi J., Pola, A., Santosh M. Recognition of ocean plate stratigraphy in accretionary orogens through Earth history: A record of 3.8 billion years of sea floor spreading, subduction, and accretion // *Gondwana Res.* 2013. V. 24. P. 501–547.
 24. Maruyama S., Kawai T., Windley B. Ocean plate stratigraphy and its imbrication in an accretionary orogen: the Mona complex, Anglesey-Lleyn, Wales, UK // *Geol. Soc., London, Spec. Publ.* 2010. V. 338. P. 55–75.
 25. McClay K. R. Glossary of thrust tectonic terms. Department of Geology, Royal Holloway and Bedford New College, University of London, Egham, Surrey, England. 1992.
 26. Safonova I. Juvenile versus recycled crust in the Central Asian Orogenic Belt: Implications from ocean plate stratigraphy, blueschist belts and intra-oceanic arcs // *Gondwana Res.* 2017. V. 47. P. 6–27.
 27. Safonova I., Maruyama S. Asia: a frontier for a future supercontinent Amasia // *Intern. Geol. Rev.* 2014. V. 56. P. 1051–1071.
 28. Safonova I., Santosh M. Accretionary complexes in the Asia-Pacific region: tracing archives of ocean plate stratigraphy and tracking mantle plumes // *Gondwana Res.* 2014. V. 25. P. 126–158.
 29. Safonova I., Kojima S., Nakae S., Romer R., Seltmann R., Sano H., Onoue T. Oceanic island basalts in accretionary complexes of SW Japan: Tectonic and petrogenetic implications // *J. Asian Earth Sci.* 2015. V. 113. P. 508–523.
 30. Safonova I., Biske G., Romer R.L., Seltmann R., Simonov V., Maruyama S. Middle Paleozoic mafic magmatism and ocean plate stratigraphy of the South Tianshan, Kyrgyzstan // *Gondwana Res.* 2016. V. 30. P. 236–256.
 31. Safonova I., Maruyama S., Kojima S., Komiya T., Krivonogov S., Koshida K. Recognizing OIB and MORB in accretionary complexes: a new approach based on ocean plate stratigraphy, petrology, and geochemistry // *Gondwana Res.* 2016. V. 33. P. 92–114.
 32. Wakita K. Mappable features of mélanges derived from ocean plate stratigraphy in the Jurassic accretionary complexes of Mino and Chichibu terranes, Southwest Japan // *Tectonophysics.* 2012. V. 568–569. P. 74–85.
 33. Windley B., Alexeiev D., Xiao W., Kröner A., Badarch G. Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt // *J. Geol. Soc.* 2007. V. 164. P. 31–47.

Рекомендована к печати А.И. Ханчуком

После доработки 20.12.2018 г.
принята к публикации 14.01.2019 г.

I.Yu. Safonova, A.A. Perfilova, O.T. Obut, I.A. Savinsky, R.I. Chyorny, N.A. Petrenko, A.V. Gurova, P.D. Kotler, S.V. Khromykh, S.K. Krivonogov, Sh. Maruyama

Itmurundy accretionary complex, northern Balkhash area: geological structure, stratigraphy, and tectonic origin

The Itmurundy zone of the northern Balkhash area is a Pacific-type orogenic belt. It possesses a complex geological structure and hosts rocks of mantle, accretionary and post-orogenic associations. Volcanic and sedimentary rocks of the accretionary association belong to three formations: Itmurundy (O_{1,2}), Kazyk (O_{2,3}) and Tyuretai (O₃-S₁). The formations are separated by tectonic unconformities or faults of three orders: 1) large regional faults; 2) medium faults separating mantle and oceanic accreted rocks; and 3) small faults separating packages composed of oceanic sediments. The Itmurundy Fm. (O_{1,2}) is the most lithologically variable consisting of oceanic basalt, pelagic chert, hemipelagic siliceous mudstone and siltstone, and trench greywacke sandstones. The packages with a repeated composition, each consisting of chert-siliceous mudstone, are separated from each other by the 2nd and 3rd order faults of presumably thrust/subthrust nature, i.e. they are parts of duplex structures. The presence of duplex structures and high degree of deformation of Itmurundy Fm. rocks are typical of accretionary complexes. The associations of volcanic and sedimentary rocks under study represent a complete section of oceanic plate stratigraphy (OPS): basalt (MORB, OIB) – chert (pelagic) – siliceous mudstone, siltstone and shale (hemipelagic) – deep water sandstones (greywacke). The structural position and lithology of the Itmurundy rocks accord well with the model of formation of accretionary complexes at the Pacific-type convergent margins, in particular, those in the Western Pacific.

Key words: sandstone, siliceous sediments, basalt, duplex structure, accretionary complex, Ocean Plate Stratigraphy, Pacific-type convergent margin, Central Asian fold belt.