

УДК 551.243.3 (571.6)

*Светлой памяти
дальневосточных геологов
Василия Ивановича Анойкина
и Виктора Алексеевича Кайдалова*

СТРУКТУРА И СКЛАДЧАТЫЕ ДИСЛОКАЦИИ КИСЕЛЕВСКО-МАНОМИНСКОГО АККРЕЦИОННОГО КОМПЛЕКСА НА НИЖНЕМ АМУРЕ, ДАЛЬНИЙ ВОСТОК РОССИИ

С.В. Зябрев

*ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск, 680000;
e-mail: szjabrev@itig.as.khb.ru*

Поступила в редакцию 20 июля 2017 г.

Киселевско-Маноминский аккреционный комплекс, сформированный в конце раннего мела, является частью раннемеловой Хингано-Охотской активной континентальной окраины. Он расположен во фронтальной части Амурского аккреционного комплекса и сложен юрскими–нижнемеловыми океаническими вулканогенно-кремнистыми отложениями. Структурное изучение этого комплекса на Нижнем Амуре позволило уточнить его общую структуру и охарактеризовать складки различных размеров, морфологии и ориентировки, подразделенных на пять типов. Проанализирована последовательность складчатых дислокаций и проведено сравнение со складками Амурского аккреционного комплекса. Кинематика складок указывает на разнонаправленные перемещения, которые не отражают систематической кинематической картины совмещения аккрецированных тектонических пластин.

Ключевые слова: складки, кинематика, структура, аккреционный комплекс, ранний мел, Дальний Восток России.

ВВЕДЕНИЕ

Киселевско-Маноминский аккреционный комплекс является частью Хингано-Охотской активной континентальной окраины, которая развивалась в раннем мелу на восточной окраине Азии [16]. В результате субдукции океанических плит Пацифики под Азиатский континент формировались Хингано-Охотский вулканический пояс и связанные с ним Амурский и Киселевско-Маноминский аккреционные комплексы, которые протягиваются в северо-восточном направлении на расстояние около 750 км (рис. 1). Амурский аккреционный комплекс шириной около 100 км сложен преимущественно терригенными отложениями раннемелового возраста, среди которых спорадически распределены редкие маломощные пластины юрских и раннемеловых океанических пород [5]. Вдоль его юго-восточного ограничения прерывистой и узкой (до 10 км) полосой прослеживается Киселевско-Ма-

номинский аккреционный комплекс, в составе которого доминируют юрско-раннемеловые океанические вулканогенно-кремнистые отложения [1, 4, 5, 7]. Киселевско-Маноминский комплекс формировался в конце раннего мела во фронтальной части Амурского и, предположительно, представляет собой наиболее молодой тектонически подслоенный фрагмент раннемеловой аккреционной призмы Хингано-Охотской активной континентальной окраины [5].

Детальным изучением Амурского комплекса показано, что его дислокационная структура сформирована многоэтапными деформациями, включая пять генераций складок различной морфологии и кинематики [10, 11]. Выявлена значительная роль вязких сдвигов и сопряженных с ними зон будинажа и складок с крутыми шарнирами. Эти сдвиги, затронувшие весь объем Амурского комплекса, характеризуют левостороннее северо-восточное смещение параллельно про-

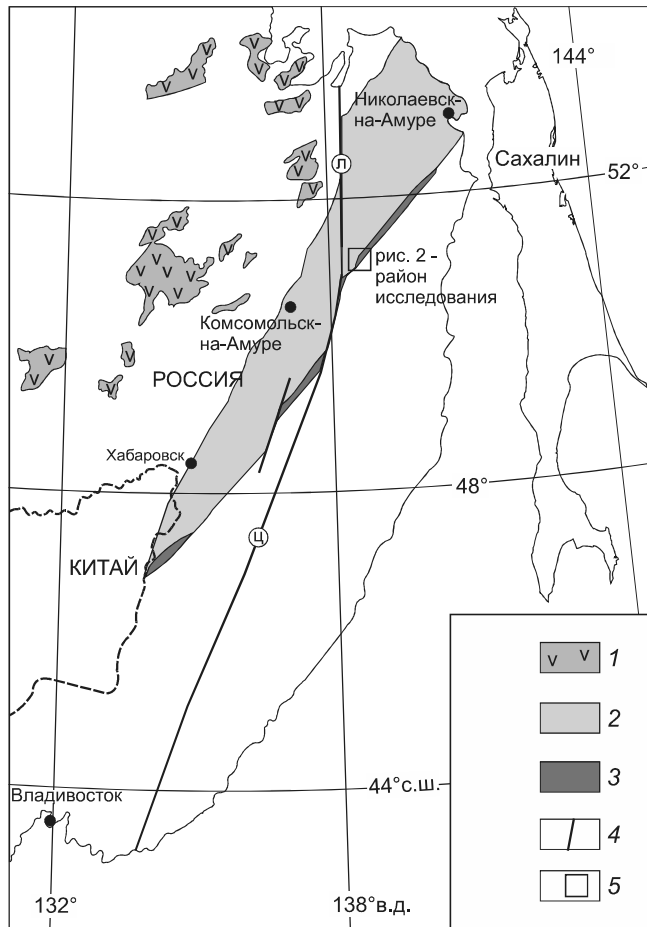


Рис. 1. Киселевско-Маноминский аккреционный комплекс в структуре раннемеловой Хингано-Охотской активной континентальной окраины, по [16], и положение района исследования.

1 – Хингано-Охотский вулканический пояс, 2 – Амурский аккреционный комплекс, 3 – Киселевско-Маноминский аккреционный комплекс, 4 – крупные разломы, включая Центральный Сихотэ-Алинский (Ц) и Лимурчанский (Л), 5 – район исследований (рис. 2).

стиранию комплекса и связываются с косою коллизией Хингано-Охотской окраины со складчато-надвиговым сооружением Сихотэ-Алиня [10, 11]. Отдельные сведения о складчатых дислокациях этого комплекса приведены и в других работах [5, 9].

О структуре Киселевско-Маноминского комплекса имеются лишь самые общие представления как о совокупности тектонических пластин юго-восточной вергентности [1, 4, 13]. О внутренней структуре этих пластин и складчатых дислокациях комплекса практически ничего не известно. Предлагаемая работа восполняет этот пробел и характеризует складки различной морфологии и их распределение в структуре комплекса. Анализируется последовательность дислокаций и проводятся параллели с ранее изучен-

ными складками Амурского аккреционного комплекса. Конечной целью этого исследования было приблизиться к пониманию общей кинематической картины формирования Киселевско-Маноминского аккреционного комплекса и его последующих трансформаций. В основе работы лежат полевые зарисовки и замеры различных элементов складок.

ОБЩАЯ СТРУКТУРА И СТРАТИГРАФИЯ КИСЕЛЕВСКО-МАНОМИНСКОГО АККРЕЦИОННОГО КОМПЛЕКСА В РАЙОНЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В районе с. Киселевка на Нижнем Амуре полоса распространения вулканогенно-кремнистых пород Киселевско-Маноминского аккреционного комплекса шириной до 3 км простирается в северо-восточном направлении и пересекается руслом р. Амур (рис. 2 А). Эта полоса начинается в гряде Жеребцовской, продолжается в горной гряде над с. Киселевка и далее прослеживается на несколько десятков километров к северо-востоку в низкой горной гряде среди широкого поля аллювиальных отложений левобережья р. Амур. К югу от этой полосы, достаточно обособленно, вулканогенно-кремнистые породы комплекса выходят на поверхность на правом берегу р. Амур южнее оз. Хаванда (рис. 2 А). С юго-востока к ним примыкают нижнемеловые отложения Журавлевского турбидитового бассейна, для которого предполагается синдвиговая природа [2, 8]. Киселевско-Маноминский аккреционный комплекс отделен разломами от Амурского аккреционного комплекса на северо-западе и от Журавлевского турбидитового бассейна на юго-востоке.

Первые представления об общей структуре этого аккреционного комплекса были получены в результате изучения скальных обрывов левого берега р. Амур и обнажений в западном борту зал. Известкового (участок 1), расположенных западнее и выше по течению с. Киселевка (рис. 2 А, 3). Структура комплекса была интерпретирована как совокупность нескольких тектонических пластин северо-восточного простирания и юго-восточной вергентности [1, 4, 13]. Эти пластины мощностью в сотни метров (рис. 3, 4) сложены в основном юрскими–нижнемеловыми кремнями, типичными пелагическими отложениями океана [1, 4, 7, 13]. Кремни включают внутриплитные океанические базальты, расположенные на различных стратиграфических уровнях осадочной последовательности мощностью в несколько сотен метров [1]. Среди базальтов преобладают массивные потоковые, реже встречаются гиалокластиты и подушечные разновидности. С частью базальтов ассоциируют раннеюрские органогенно-обломочные известняки. Кремни перекрыты маломощными (до нескольких десятков метров) гемипелагическими кремнистыми алевропе-

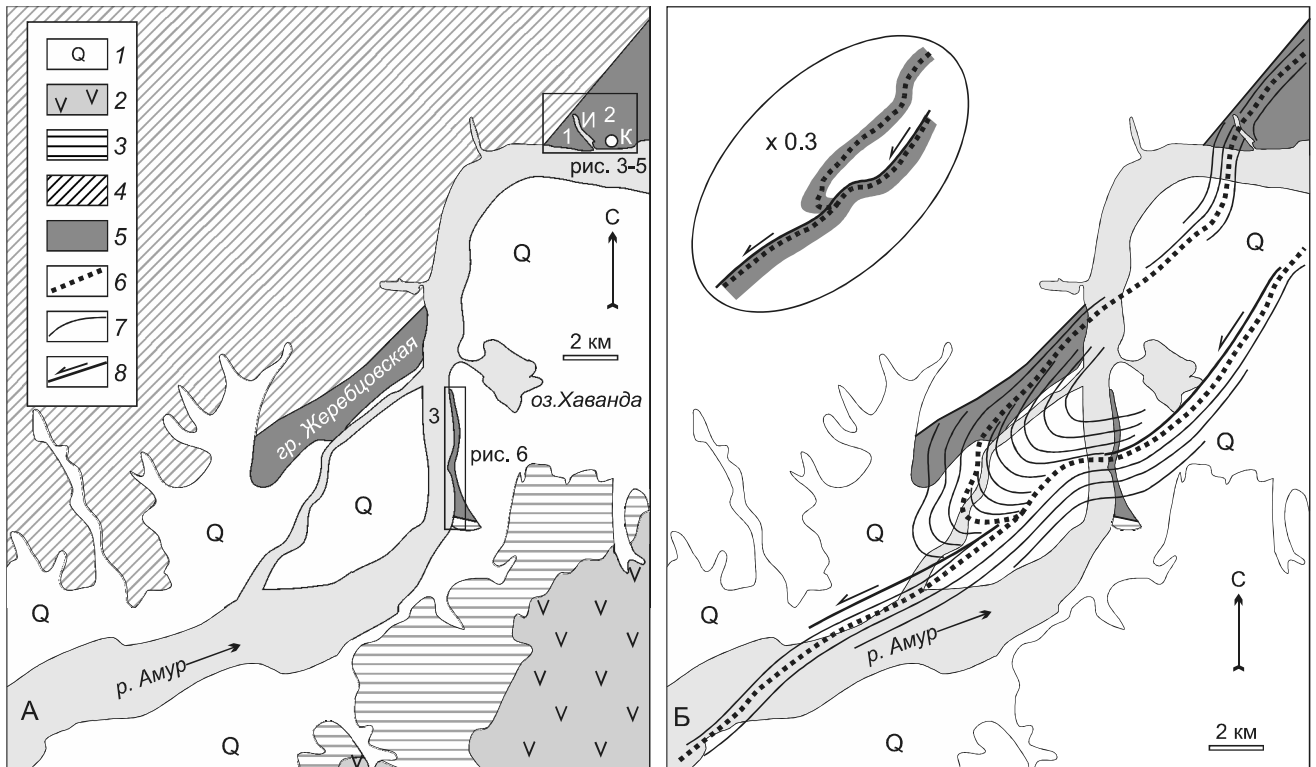


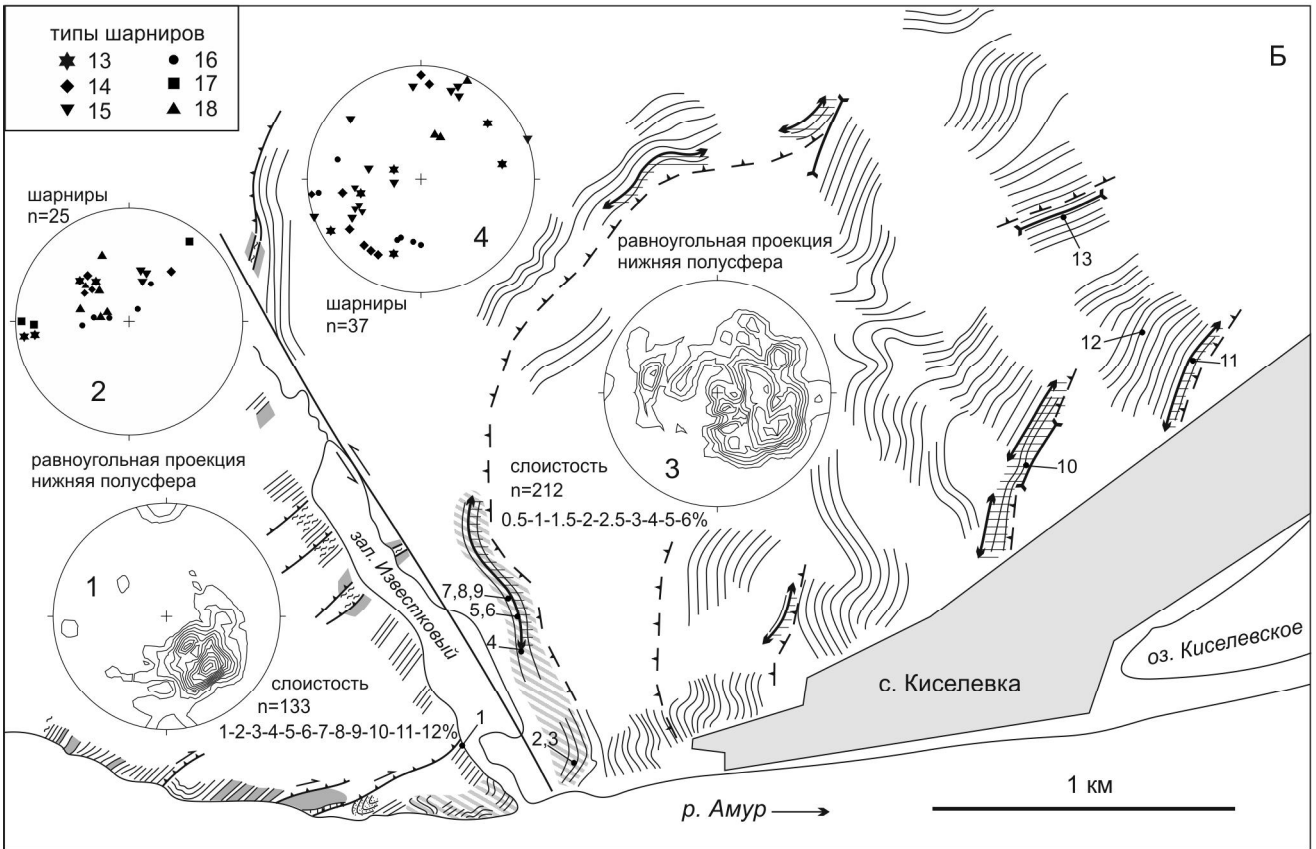
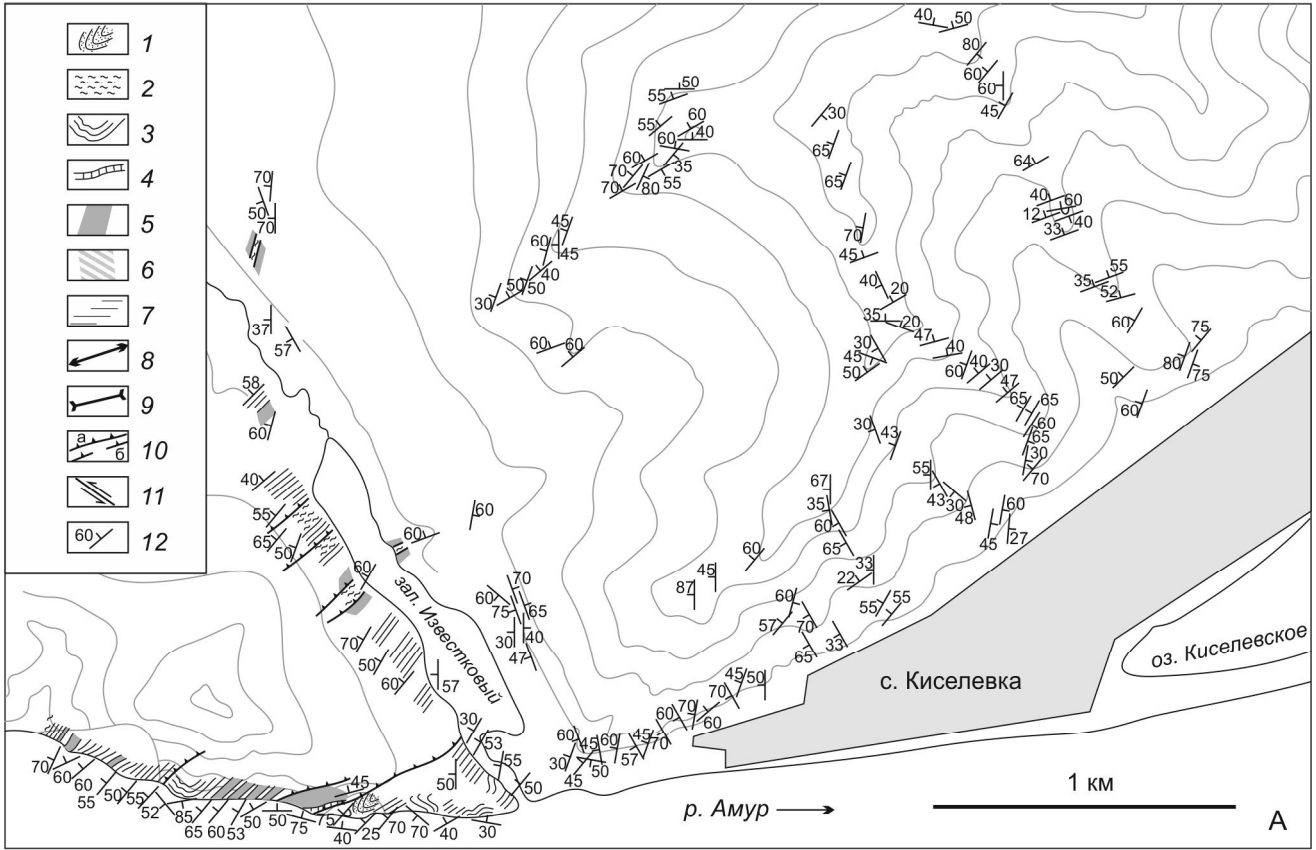
Рис. 2. А – Схематическая геологическая карта района исследования на Нижнем Амуре, по [6, 12], и положение изученных участков: 1 – западное зал. Известкового, 2 – восточнее зал. Известкового, 3 – южнее оз. Хаванда. Буквенными индексами обозначены с. Киселевка (К) и зал. Известковый (И). Б – линейные аномалии магнитного поля (по неопубликованным данным В.А. Кайдалова, 2007 и С.Н. Добкина, 2012) и интерпретация структуры Киселевско-Маноминского аккреционного комплекса в районе исследования; в овальной врезке – уменьшенная схема интерпретации. 1 – четвертичные отложения, 2 – эоценовые базальты, 3 – отложения Журавлевского синдвигового бассейна, 4 – отложения Амурского аккреционного комплекса, 5 – вулканогенно-кремнистые отложения Киселевско-Маноминского аккреционного комплекса, 6 – максимум линейной магнитной аномалии, 7 – наблюдаемые и предполагаемые простирания вулканогенно-кремнистых отложений, 8 – предполагаемый левый сдвиг.

литами баррема–нижнего апта, которые встречены в нескольких пластинах. Венчает стратиграфическую последовательность пачка (мощностью около 30 м) терригенных алевропелитов и алевролитов среднего апта, известная в единственном местоположении [4]. Формирование Киселевско-Маноминского аккреционного комплекса предполагается в раннем-среднем альбе [5].

Имеющиеся представления о структуре комплекса в этой работе дополнены данными, полученными на двух близлежащих участках: в восточном борту зал. Известкового и в многочисленных скальных выступах на невысокой горной гряде севернее с. Киселевка (участок 2), а также в обнажениях правого берега р. Амур южнее оз. Хаванда (участок 3). Дополнительное изучение показало, что структура рассматриваемого комплекса далеко не однородна. Изученный ранее участок 1 западнее зал. Известкового отличается наиболее простым строением – простирание пла-

стин и слоистости в них в целом совпадает с региональным северо-восточным простиранием аккреционного комплекса (рис. 3, 4), лишь самая нижняя пластина затронута интенсивной многофазной складчатостью. Достаточно однородное залегание слоистости выражено в значительной кучности распределения замеров ориентировки слоистости на стереограмме 1 (рис. 3 Б). В пластинах с моноклиальной структурой омоложение отложений в северо-западном направлении установлено возрастными датировками пород по радиоляриям [4].

Территория к востоку от зал. Известкового (участок 2) характеризуется более сложной картиной распределения слоистости в пространстве (рис. 3 Б). Здесь проявлен крупный изгиб простирания от субмеридионального на западе до северо-восточного на востоке. Этот изгиб предположительно связан с левосторонним сдвиговым смещением по разлому северо-западного простирания вдоль восточного борта



зал. Известкового. Амплитуда этого сдвига, около 1 км, установлена по смещению тел базальтов. Крупный изгиб простираения слоистости осложнен более мелкими, включая подковообразный и несколько S- и Z-образных в плане (рис. 3 Б). Преобладающие направления падения слоистости меняются от западных до северо-западных. Противоположные восточные и юго-восточные падения распределены узкими полосами и отвечают коротким крыльям складок, показанным горизонтальной штриховкой на рис. 3 Б. Замеры ориентровок слоистости на стереограмме 3 (рис. 3 Б) рассеяны в обширном пространстве вокруг многих неявно выраженных максимумов. В восточном борту зал. Известкового, в его приустьевой части проявлена зона интенсивных наложенных дислокаций, показанная косой штриховкой на рис. 3 Б. Примечательно, что горная гряда над с. Киселевка сложена исключительно кремнями, а базальты и кремнистые алевропелиты не обнаружены ни в обнажениях, ни в развалах. Выделение индивидуальных тектонических пластин среди однородных кремней проблематично и условно. Из общих структурных соображений на участке 2 распределены пластины кремней, слагающие более низкие структурные уровни аккреционного комплекса и причлененные к нему после формирования совокупности пластин участка 1.

На участке 3 в обнажениях правого берега р. Амур проявлена группа тектонических пластин, сложенных кремнями и базальтами (рис. 7). Базальты преобладают в южной части обнажений, где образуют мощные (десятки и сотни метров) тела. В северной части обнажений менее мощные пласты базальтов залегают среди доминирующих слоистых кремней. В структурном плане этот участок отличается от других субширотными простираениями слоистости и ее крутыми падениями как северными, так и южными, при заметном преобладании северных. На стереограмме (рис. 7) два близко расположенных максимума ориентровок слоистости соответствуют крутым северным падениям. Для нескольких базальтовых пластов в северной части обнажений устанавливается различный характер их контактов с кремнями: с зоной закалки в

кремнях у подошвы потока и с отсутствием термального изменения кремней в кровле. Во всех случаях наблюдения таких контактов кровля базальтового потока обращена к югу, что говорит об омоложении отложений (и наращивании разреза) в том же направлении (рис. 7). В этой ситуации южные падения слоистости соответствуют нормальному залеганию отложений, а северные – опрокинутому.

Южное положение кровли в северной части обнажений участка 3 противоположно ее северо-западному положению в пластинах участка 1. Оно противоположно и ожидаемому положению кровли для простой моноклиальной структуры пластин и их предполагаемой аккреции с юго-востока. Возможным объяснением этого является существование здесь крупной складки, изменившей положение кровли. В пользу такого предположения свидетельствует картина распределения аномалий магнитного поля в пределах распространения пород Киселевско-Маноминского аккреционного комплекса (рис. 2 Б). Она характеризуется сочленением двух линейных максимумов, которые протягиваются в юго-западном направлении и, по всей видимости, связаны с высокой намагниченностью базальтов, залегающих среди кремней. Юго-восточная линия максимумов прослеживается под аллювиальными отложениями р. Амур и проходит через обнажения южнее оз. Хаванда. Вторая, северо-западная линия максимумов тянется параллельно первой на удалении ~5 км. Она прослеживается с северного склона гряды над с. Киселевка, пересекает р. Амур и продолжается в гряде Жеребцовской. Южнее гряды Жеребцовской вторая линия разворачивается на ~150° и примыкает к первой. Эта картина сочленения линейных магнитных максимумов (рис. 2 Б) может быть интерпретирована как сдваивание узких и протяженных фрагментов аккреционного комплекса путем их смещения по продольному левостороннему сдвигу. Оно, вероятно, связано с крупным левосдвиговым перемещением Журавлевского бассейна вдоль юго-восточного ограничения Киселевско-Маноминского аккреционного комплекса после завершения аккреции последнего. Разворот северо-западной магнитной ано-

Рис. 3. Структура вулканогенно-кремнистых отложений в районе с. Киселевка (участки 1 и 2): А – распределение замеров ориентровок слоистости, Б – план общей структуры участка в линиях простираения слоистости и стереограммы распределения ориентровок полюсов к слоистости в изолиниях (1, 3) и шарниров (2, 4) различных складок участка 1 (1, 2) и участка 2 (3, 4). Точками с цифровыми индексами 1–13 показано положение складок, изображенных на рис. 5, 6.

1 – кремнекластические турбидиты, 2 – кремнистые алевропелиты, 3 – кремни, 4 – известняки, 5 – базальты, 6 – зоны интенсивной многофазной складчатости, 7 – участки обратного падения слоистости к востоку и юго-востоку, 8 – оси антиформ, 9 – оси синформ, 10 – надвиги наблюдаемые (а) и предполагаемые (б), 11 – левый сдвиг, 12 – ориентровка слоистости, 13–18 – типы шарниров на стереограммах: 13–15 – в наложенных складках нескольких генераций: 13 – 1-ой генерации, 14 – 2-ой генерации, 15 – 3-ей генерации; 16 – отдельных синформ; 17 – лежащих открытых складок с субгоризонтальными осевыми поверхностями и шарнирами, 18 – асимметричных интрафолиальных складок.

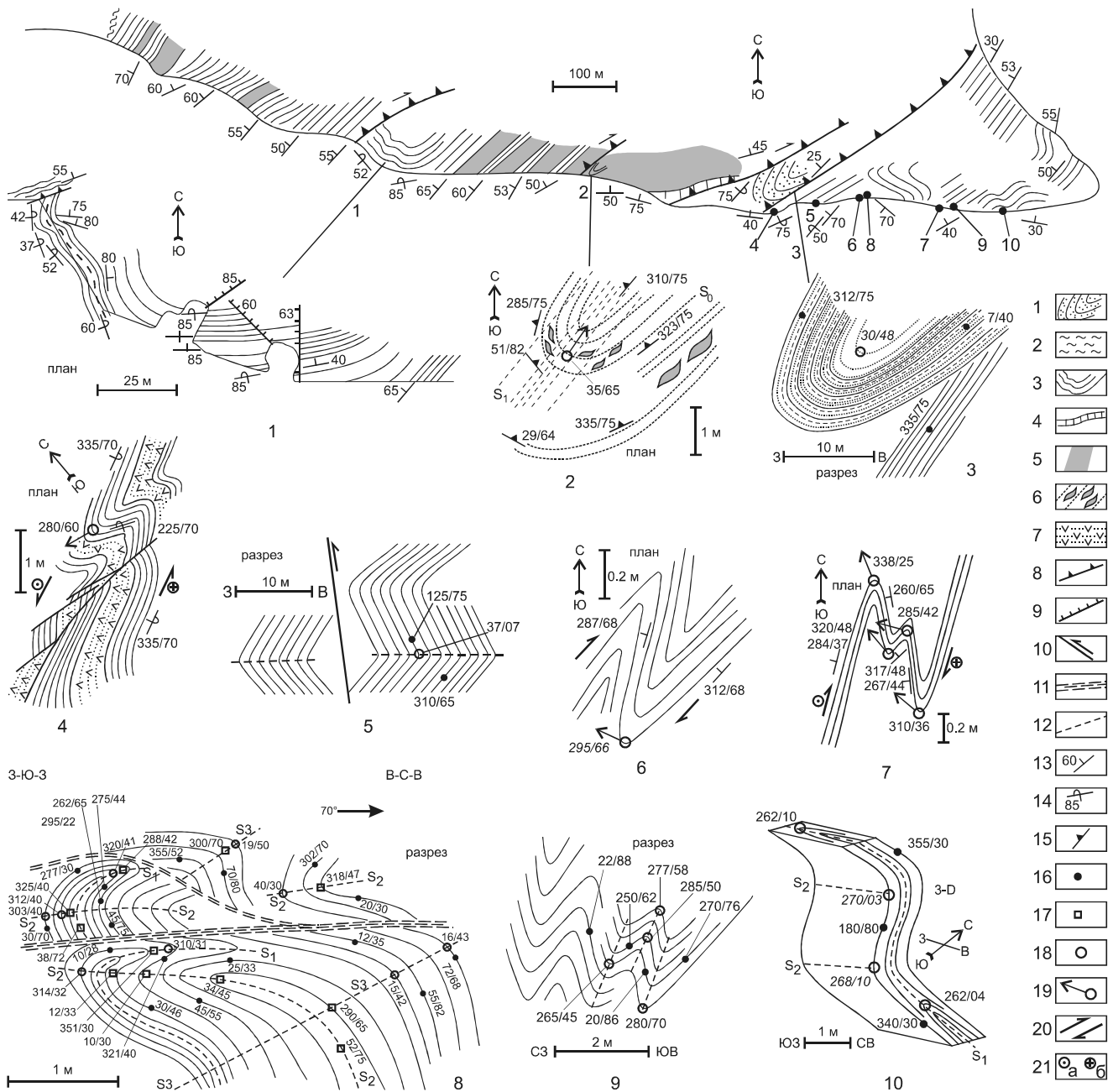


Рис. 4. Геологическая схема (вверху) обнажений левого берега р. Амур западнее зал. Известкового (участок 1) и зарисовки складок в вулканогенно-кремнистых и обломочных отложениях с замера ориентировок слоистости, шарниров и осевых поверхностей. Положение складок указано точками с цифровыми индексами 1–10 на геологической схеме. S_0 – сланцеватость в гиалокластитах, S_1, S_2, S_3 – осевые поверхности складок первой, второй и третьей генераций.

1 – кремнеобломочные турбидиты; 2 – кремнистые алевропелиты; 3 – кремни; 4 – известняки; 5 – базальты; 6 – рассланцованные базальтовые гиалокластиты; 7 – туфы; 8 – надвиги; 9 – сбросы; 10 – разломы с указанием смещения; 11 – зоны разломов; 12 – осевые поверхности складок и кливаж осевой поверхности для складки 2, 13–14 – залегание слоистости: 13 – нормальное, 14 – опрокинутое; 15 – залегание сланцеватости и кливажа; 16–19 – положение замеров ориентировки: 16 – слоистости в крыльях, 17 – осевой поверхности, 18 – шарниров, 19 – шарниров с указанием направления погружения; 20–21 – относительные смещения крыльев складок: 20 – в плоскости рисунка, 21 – на (а) и от (б) читателя.

малии в зоне сочленения предположительно отражает крупную присдвиговую складку волочения, в южном крыле которой кровля слоев развернута к югу. Если считать эту складку цилиндрической и за залегания ее крыльев принять средние залегания слоистости, полученные на участке 1 ($320^\circ/60^\circ$) и участке 3 ($350^\circ/80^\circ$), то складка определится как наклонная антиформа с относительно круто падающим к западу ($270^\circ/50^\circ$) шарниром. Такая оценка ориентировки шарнира является крайне приблизительной, но единственно возможной по имеющимся данным. При предлагаемой интерпретации совмещения фрагментов аккреционного комплекса южная часть обнажений участка 3 может содержать пластины, аккрецированные ранее остальных. В этом свете становится понятным наиболее древний позднебарремский возраст гемипелагических кремнисто-глинистых отложений из этих обнажений [4]. Как видно, три близко расположенных участка Киселевско-Маноминского аккреционного комплекса различаются деталями своего строения, что отчасти связано с их различным положением в общей структуре комплекса.

ТИПЫ СКЛАДОК, ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ОРИЕНТИРОВКА И КИНЕМАТИКА

Большая часть Киселевско-Маноминского аккреционного комплекса, за исключением двух зон интенсивной многофазной складчатости, характеризуется преобладанием моноклинального залегания отложений. Складки проявлены спорадически и деформируют лишь отдельные фрагменты комплекса, а не весь его объем. При этом складки значительно различаются морфологией, размерами и ориентировкой, что отражает их различную кинематику. Изучение складок в обнажениях сводилось к их схематической зарисовке и замерам ориентировки крыльев, явно выраженных осевых поверхностей и шарниров. Для определения их кинематики использованы общие принципы, изложенные в классических трудах по структурному и кинематическому анализу дислокаций [19, 20]. Выделены следующие типы складок: 1) изоклиальные, 2) асимметричные интрафолиальные, 3) крупные сжатые, 4) открытые наклонные с крутопадающими осевыми поверхностями, 5) открытые с субгоризонтальными осевыми поверхностями и шарнирами. Ниже приводится характеристика этих складок.

Изоклиальные складки в слоистых ленточных кремнях (рис. 4-8, 4-10; рис. 5-3, 5-4, 5-5, 5-8) характеризуются практически параллельными крыльями и острыми сильно сжатыми замками. Видимый размах их крыльев не превышает нескольких метров. Такие складки проявлены в зонах интенсивных наложенных дислокаций. Они встречаются редко и обнаружива-

ются лишь при тщательном осмотре обнажений. В одном из них установлены изоклиальные складки двух генераций (рис. 4-8). Ориентировка шарниров (рис. 3 Б, стереограммы 2 и 4) и осевых поверхностей изоклиальных складок варьирует в широких пределах, поскольку во многих случаях они повторно деформированы открытыми складками с различно ориентированными осевыми поверхностями и шарнирами (рис. 4-10, 5-3, 5-4, 5-5, 5-8, 6 Б) или асимметричными интрафолиальными складками (рис. 5-2). К изоклиальным складкам отнесены и некоторые своды складок, осложненные более мелкими складками второго порядка (рис. 4-9, рис. 5-1, 5-7).

Асимметричные интрафолиальные S- и Z-образные складки представляют собой пару сопряженных складок с общим коротким смыкающим крылом. Складки этого типа наиболее многочисленны, особенно в обнажениях участка 3. Они характеризуются различными размерами и ориентировками смыкающего крыла (рис. 4-4, 4-6, 4-7; рис. 5-2, 5-9, 5-12, рис. 7-1, 7-3 и др.). Длина смыкающего крыла варьирует в пределах от нескольких дециметров до нескольких метров. В плане обнажений вырисовываются и более крупные складки с длиной смыкающего крыла в несколько десятков метров (рис. 7, складка X). Смыкающие крылья расположены под различными углами к общему простиранию слоев, от острых 45° – 60° (рис. 4-6, рис. 5-2, 5-12, рис. 7-1, 7-13) до прямого (рис. 7-5, 7-10). Близки к таким складкам сигмоидные изгибы слоев со смыкающими крыльями, расположенными по отношению к длинным под углом более 90° (рис. 7-8, 7-9). Асимметричные складки проявлены, как правило, обособленно и в различных частях пластин. В единственном случае была встречена их небольшая группа, включающая складки различного (S и Z) узора и кинематики, отделенные друг от друга вертикальными разломами (рис. 7-11). Кинематика асимметричных интрафолиальных складок определяется смещениями в плоскости слоистости в направлении вращения смыкающего крыла и ортогонально ориентровке шарниров. В зависимости от ориентировки смыкающего крыла и шарниров (стереограммы 2 и 4 на рис. 3Б и стереограмма на рис. 7) распознаются складки различной кинематики, которая определяется как взбросовой/сбросовой так и сдвиговой компонентами, что показано на зарисовках этих складок соответствующими обозначениями. Правый сдвиг характеризуется Z-образным рисунком в плане, а левый – S-образным.

Асимметричные интрафолиальные складки распределены в пространстве крайне нерегулярно. В обнажениях участка 1 три такие складки наблюдались лишь в самой нижней тектонической пластине. Одна

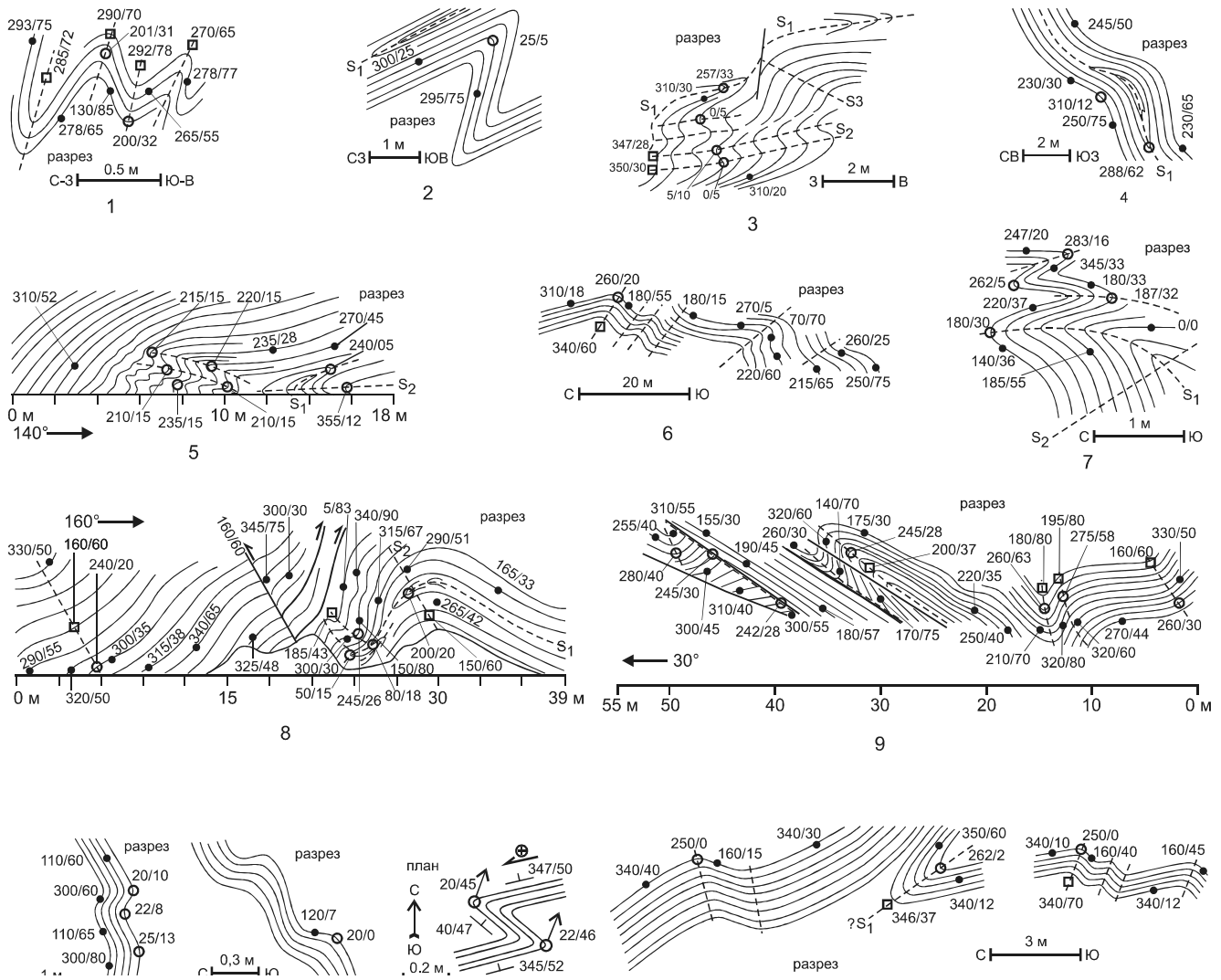


Рис. 5. Зарисовки складок в кремнистых отложениях горной гряды над с. Киселевка и у зал. Известковый (участок 2) с замерами ориентировок слоистости, шарниров и осевых поверхностей. Положение складок указано цифровыми индексами 1–13 на рис. 3 Б.

Условные обозначения те же, что и на рис. 4.

из них, S-образная в плане (рис. 4-4), указывает на левосдвиговое смещение и взброс северо-западного крыла на юго-восточное. Две другие Z-образные складки (рис. 4-6, 4-7) являются индикаторами правосдвиговых смещений, вторая из них (рис. 4-7) обладает и компонентой взброса северо-западного крыла на юго-восточное.

На участке 2 обнаружены три асимметричные складки. Одна из них с Z-образным вертикальным сечением и субгоризонтальным шарниром (рис. 5-2) является показателем взброса северо-западного крыла на юго-восточное. Другая складка, S-образная в плане (рис. 5-12), указывает на послойные левосдвиговые смещения с компонентой сброса северо-западного крыла относительно юго-восточного. Крупная

S-образная в вертикальном сечении складка проявлена в сложноустроенной группе складок, осложненных поверхностями срывов (рис 5-9, 6 А). Эта складка отражает взброс юго-западного крыла на северо-восточное с правосдвиговой компонентой. Следует учитывать, что общее простирание структуры здесь развернуто почти на 90° против часовой стрелки. Если развернуть эту группу складок к генеральному (начальному) простиранию, то восстановится взброс северо-западного крыла на юго-восточное.

Наибольшее количество (четырнадцать) асимметричных интрафолиальных складок встречено в обнажениях участка 3 (рис. 7). Соотношение взбросовой/сбросовой и сдвиговой компонент для этих складок определяется крутизной погружения шарниров, кото-

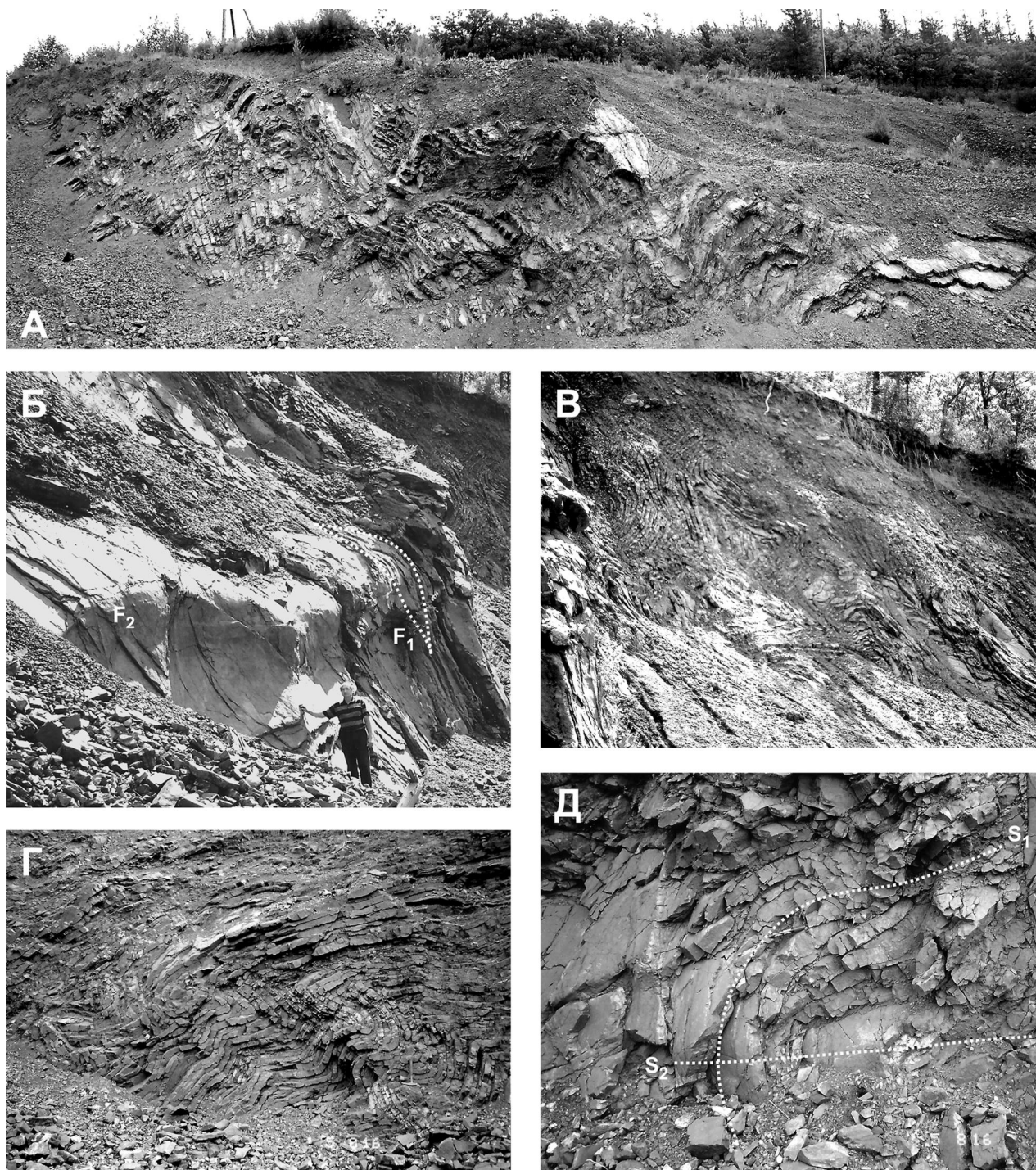


Рис. 6. Фотографии складок, изображенных на рис. 5.

А – группа складок с рис. 5-9; Б – складки двух генераций с рис 5-4; В – зона интенсивной многофазной складчатости в восточном борту зал. Известкового; Г-Д – складки с рис. 5-5: Г – в интервале 4–12 м, Д – в интервале 12–15 м.

рая изменчива в широких пределах – на стереограмме (рис. 7) шарниры асимметричных складок образуют пояс, лежащий в плоскости слоистости. Складки с субгоризонтальными шарнирами указывают на преобладание взросовой/сбросовой компоненты, а с

крутопадающими – на преобладание сдвиговой компоненты. Девять складок характеризуют кинематику взброса северного крыла на южное. При этом для четырех складок устанавливается правосдвиговая компонента смещения, для трех – левосдвиговая, а для

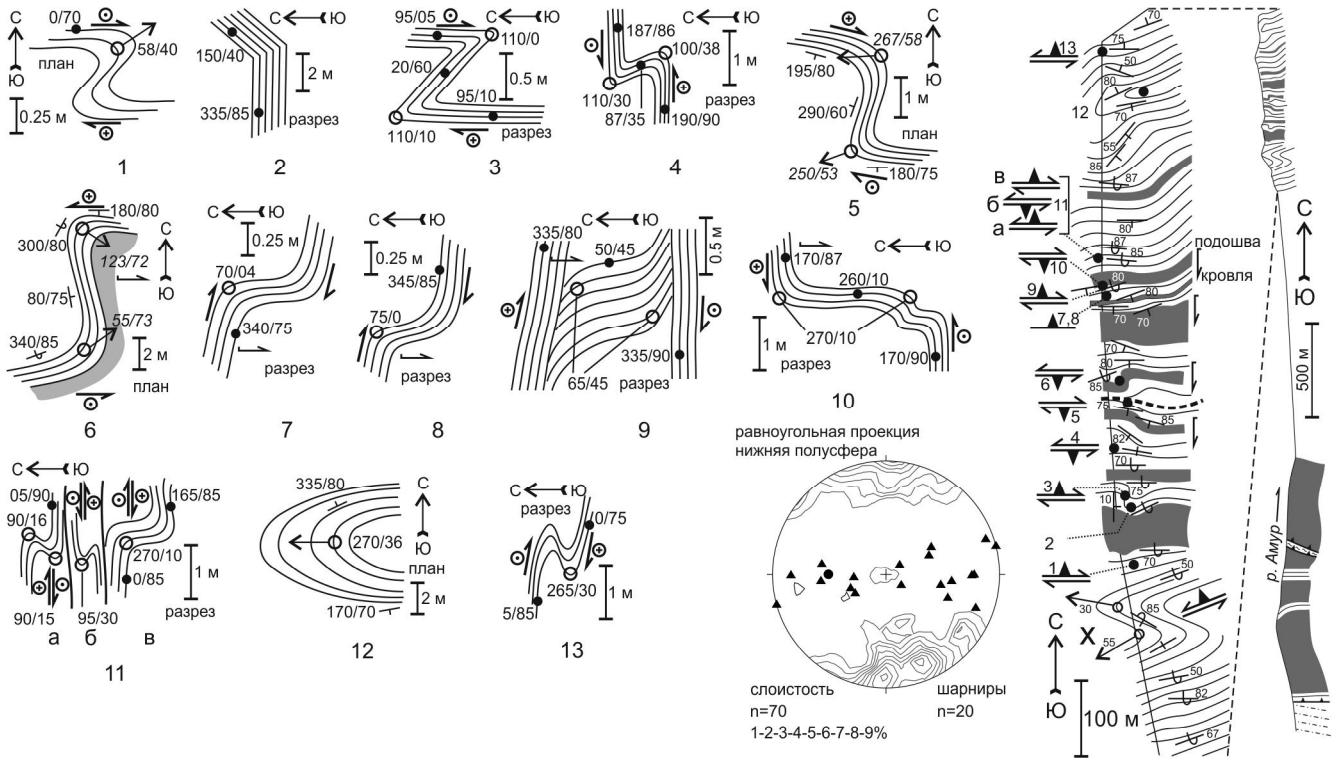


Рис. 7. Геологическая схема (справа) обнажений правого берега р. Амур южнее оз. Хаванда (участок 3) и зарисовки складок в вулканогенно-кремнистых отложениях с замера ориентировок крыльев, шарниров и осевых поверхностей. Положение складок указано точками с цифровыми индексами 1–13 на геологической схеме справа. Относительные смещения крыльев в плане показаны стрелками, поднятое крыло обозначено залитым треугольником. На стереограмме показано распределение ориентировок полюсов к слоистости (в изолиниях) и шарниров складок. Условные обозначения те же, что и на рис. 4.

двух оставшихся (с горизонтальными шарнирами) – отсутствие явной сдвиговой компоненты. Пять асимметричных складок являются индикаторами противоположного вертикального смещения – взброса южного крыла на северное. Из них две имеют левосдвиговую компоненту смещения, и две – правосдвиговую.

Крупные сжатые складки характеризуются более пологими сводами и большими размерами. Размах крыльев меняется от нескольких метров до 20 м и более, а видимый в обнажениях угол крыльев составляет 15°–50°. Эти складки проявлены в слоистых кремнях (рис. 4-1, рис. 7-12), рассланцованных базальтовых гиалокластитах (рис. 4-2) и кремнеобломочных турбидитах (рис. 4-3). Особо крупная складка этого типа (рис. 4-1) расположена под самой западной (верхней) тектонической пластиной участка 1 и обладает размахом крыльев более сотни метров. Слоистость в своде этой складки имеет крутые падения, что говорит и о крутом падении шарнира. Две другие синклинали (рис. 4-2, 4-3) на этом участке также приурочены к разломным ограничениям тектонических пластин и характеризуются крутым (48° и 65°) погружением шарниров к северо-востоку. Склад-

ки этого типа, вероятно, представляют собой складки волочения, они определяют не только взбросовую, но и значительную правосдвиговую компоненту смещения по примыкающим разломам.

Открытые наклонные складки с крутопадающими осевыми поверхностями проявлены в слоистых кремнях и характеризуются достаточно большим (90°–130°) углом крыльев. Наклон их осевых поверхностей варьирует в пределах 60°–80°, а погружения шарниров (стереограммы 2, 4 на рис 3Б) меняются от горизонтальных (рис. 5-13) до круто (45°–60°) падающих (рис. 4-8, рис. 5-9). Наряду с видимыми в обнажениях единичными складками этого типа встречаются и их небольшие группы. В двух группах складок проявлена асимметрия как в различном наклоне крыльев, так и в различной их длине (рис. 5-6, 5-13). Падение осевых поверхностей устанавливается как к северо-западу (рис. 5-6), так и к юго-востоку (рис 5-8, 5-9). Отмечен случай встречного падения осевых поверхностей различных складок в пределах их группы (рис. 5-13). Формирование этих складок, вероятно, связано со сжатием в близгоризонтальном направлении.

Открытые лежащие складки с субгоризонтальными осевыми поверхностями и шарнирами проявлены в ленточных кремнях и представлены изгибами слоистости по вертикали (рис. 4-5, 4-10, 5-10, 7-2). Смежные верхние и нижние крылья падают в противоположных направлениях, так что в одном из них слоистость находится в опрокинутом залегании. При этом не меняется расположение кровли и направление наращивания разреза. Не исключено, что некоторые участки противоположного юго-восточного падения слоистости, показанные горизонтальной штриховкой на рис. 3Б, представляют собой крупные опрокинутые крылья складок рассматриваемого типа. Замки некоторых складок характеризуются достаточно резким изломом, и их морфология приближается к шевронным складкам или кинк-зонам (рис. 4-5). Длина крыльев меняется от нескольких дециметров до нескольких метров. Угол крыльев этих складок лежит в пределах 120° – 140° . Близки к складкам этого типа складки с полого падающими осевыми поверхностями и шарнирами, у которых крылья падают в одном направлении но с различной крутизной (рис. 5-4, 5-11). Не ясно, связано ли формирование этих складок с вертикально ориентированным сжатием или такое положение их осевых поверхностей было обретоено в результате последующего вращения.

МНОГОФАЗНЫЕ СКЛАДЧАТЫЕ ДИСЛОКАЦИИ И ИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ

Две зоны интенсивной складчатости в изученном аккреционном комплексе (показаны косой штриховкой на рис. 3 Б) характеризуются проявлением различно ориентированных складок 2-3 генераций, последовательно деформирующих друг друга. В нижней пластине участка 1 установлены складки трех генераций: изоклиналильные складки двух ранних генераций (с осевыми поверхностями S_1 и S_2 , смяты в более открытую складку с осевой поверхностью S_3 (рис. 4-8). Осевые поверхности и шарниры изоклиналильных складок характеризуются близкой ориентировкой, т.е. эти складки коаксиальны и формировались, вероятно, в едином поле напряжений. Складки трех генераций установлены и в зоне интенсивной складчатости (рис. 6 В) на участке 2. Ранняя изоклиналильная складка с осевой поверхностью S_1 смята в открытые складки с различно ориентированными осевыми поверхностями S_2 и S_3 (рис. 5-3). В обеих зонах интенсивной складчатости чаще распознаются складки двух генераций, при этом складки первой генерации являются изоклиналильными. Складки второй генерации представлены разными типами: асимметричными интрафолиальными (рис. 5-2), открытыми наклонными (рис. 5-7, 5-8) и открытыми лежащими (рис. 4-10, 5-4, 5-5, 6 Г, 6 Д) складками.

Редкие изоклиналильные складки (иногда двух генераций) являются наиболее ранними – они везде деформированы складками других морфологических типов. Последовательность формирования более поздних складок различных типов не определима из-за отсутствия их наложения друг на друга. Возможно, наиболее поздними являются крупные сжатые складки волочения, связанные с поздними праводвиговыми смещениями вдоль разломных ограничений пластин на участке 1.

Существование единой общей последовательности складчатых дислокаций вызывает сомнение, поскольку спорадическое проявление разнотипных складок указывает на деформации лишь разрозненных фрагментов изученного аккреционного комплекса и на отсутствие единого плана деформаций всего его объема. В таком случае типы складок и последовательность их формирования могут различаться от пластины к пластине, и образование однотипных складок может не быть синхронным в различных частях аккреционного комплекса.

СРАВНЕНИЕ СО СКЛАДКАМИ АМУРСКОГО АККРЕЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

Складки различных типов и последовательность их формирования установлены ранее в Амурском комплексе [10], что дает возможность их сравнения со складками в Киселевско-Маноминском комплексе. В Амурском комплексе тоже известны две генерации изоклиналильных складок близкой ориентировки. При этом складки второй генерации устанавливаются только в случае их непосредственного наложения на складки первой генерации. Для складок первой генерации предполагается конседиментационная природа, первоначально пологое залегание осевых поверхностей и связь с пологими послынными срывами (надвигами). Субгоризонтальная ориентировка их шарниров указывает на перемещения в направлении, поперечном общему простиранию меловых толщ [10].

К складкам третьей генерации в Амурском комплексе отнесены асимметричные интрафолиальные S- и Z-образные складки, размеры и морфология которых аналогична таковым в Киселевско-Маноминском комплексе. Они рассматриваются как индикаторы вязких сдвиговых перемещений в плоскости крутозалегающей слоистости параллельно общему простиранию толщ. Несмотря на преобладание асимметричных складок с леводвиговой кинематикой, присутствуют складки, указывающие и на противоположные смещения, при этом складки различной кинематики распределены в чередующихся зонах. К сожалению, для асимметричных складок не определена взбросовая/сбросовая компонента. Отмечены случаи нало-

жения асимметричных интрафолиальных складок на изоклинальные складки первой-второй генерации.

К более поздним складкам Амурского комплекса отнесены открытые складки двух типов, сминающие структуры вязких сдвигов. Хотя их последовательность формирования осталась невыясненной, к складкам четвертой генерации отнесены крупные открытые симметричные, реже асимметричные складки с крутыми погружениями шарниров, а к складкам пятой генерации – открытые складки с пологими наклонными шарнирами и осевыми поверхностями. Последние аналогичны лежащим складкам с субгоризонтальными осевыми поверхностями и шарнирами в Киселевско-Маноминском комплексе. Из-за недостаточной характеристики складок четвертой генерации не ясно, аналогичны ли они крупным сжатым складкам с крутопадающими шарнирами участка 1 или более соответствуют крупным изгибам простираения участка 2 в районе с. Киселевка.

Как видно, набор типов складок сходен в обоих аккреционных комплексах. Однотипные складки характеризуются близкими размерами и морфологией. Сходно спорадическое пространственное распределение складок. Совпадает последовательность формирования складок первых трех генераций. Заметны и некоторые различия – в Амурском комплексе не находится аналогов открытым наклонным складкам с крутопадающими осевыми поверхностями (тип 4).

КИНЕМАТИКА СКЛАДОК И ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АККРЕЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

Конечной целью изучения складчатых деформаций было использование кинематики складок для воссоздания более крупной кинематической картины формирования Киселевско-Маноминского аккреционного комплекса. Наиболее любопытная проблема заключена в том, отражает ли кинематика редких и дискретно распределенных складок кинематику совмещения тектонических пластин в процессе аккреции.

Прежде всего, важно понять, какие складки могли быть связаны с процессом аккреции, а какие отражают постаккреционные трансформации. Нет сомнений, что редкие ранние изоклинальные складки отражают начало перемещений, формирующих пакет аккрецированных пластин. По аналогии с Амурским комплексом, их можно считать связанными с ранними пологими срывами или надвигами. Использование этих складок для определения направлений перемещений проблематично, поскольку они повторно деформированы или находятся в зонах наложенных дислокаций. Более поздние и самые многочисленные асимметричные интрафолиальные складки типичны и для других аккреционных комплексов, где они ис-

пользовались как индикаторы направлений перемещений в процессе аккрецирования пластин [3, 17, 18]. Эти складки рассматриваются как складки волочения, сформированные под действием напряжений, вызывающих деформации простого сдвига; предполагается их образование во фронте аккреции вдоль границы пододвигающейся океанической плиты [17, 18].

Наибольшее число асимметричных складок установлено на участке 3 в южном крыле присдвиговой антиформы, предположительно сформированной на этапе постаккреционных деформаций. Для использования этих складок в качестве индикаторов направлений смещений их следует развернуть вокруг шарнира присдвиговой антиформы до предполагаемого начального положения (до позиции северо-западного крыла). При таком развороте ориентировка элементов складок (и их кинематических компонент) меняется в зависимости от их расположения относительно оси вращения. После разворота кинематические компоненты складок определились следующим образом (рис. 7):

- взброс северо-западного крыла (кровли) – складка 6;
- взброс северо-западного крыла и левый сдвиг – складки 11в, 13, X;
- взброс северо-западного крыла и правый сдвиг – складки 4 и 11б;
- сброс северо-западного крыла и левый сдвиг – складки 1, 3, 7, 8, 11а;
- сброс северо-западного крыла и правый сдвиг – складки 5 и 9;
- правый сдвиг – складка 10.

Если к этой совокупности добавить данные по шести складкам участков 1 и 2, то суммарное распределение кинематических компонент для 20 асимметричных интрафолиальных складок будет таковым:

- взброс северо-западного крыла (кровли) – 2 складки;
- взброс северо-западного крыла и левый сдвиг – 4 складки;
- взброс северо-западного крыла и правый сдвиг – 4 складки;
- сброс северо-западного крыла и левый сдвиг – 6 складок;
- сброс северо-западного крыла и правый сдвиг – 2 складки;
- правый сдвиг – 2 складки.

В этом распределении компонента взброса северо-западного крыла характерна для 10 складок, а сброса – для 8 складок. Компонента левого сдвига проявлена у 10 складок, а правого – у 8 складок. Отсутствие явно преобладающей кинематики складок в

этой выборке отражает разнонаправленные смещения в различных фрагментах аккреционного комплекса. Эти смещения могли быть одновременными, но не находится оснований для разделения асимметричных складок различной кинематики по времени их формирования.

Крупные сжатые складки, проявленные у разломных ограничений тектонических пластин участка 1 (рис. 4) и интерпретированные как складки волочения, указывают на взбросовую и значительную праводвиговую компоненту смещений вдоль этих разломов. Не исключено, что три субпараллельных надвига, разделяющих тектонические пластины, позднее трансформировались в правые сдвиги, антитетические по отношению к крупному левому сдвигу вдоль восточного борта зал. Известковый. В таком случае эти складки связаны с более поздними смещениями пластин в уже сформированном пакете и не имеют отношения к совмещению пластин в процессе аккреции.

Открытые наклонные складки с крутопадающими осевыми поверхностями и открытые лежачие складки с субгоризонтальными осевыми поверхностями могут быть результатом бокового сжатия, ориентированного субгоризонтально и субвертикально, соответственно. Их отношение к процессу совмещения пластин проблематично.

Как видно, потенциальные индикаторы аккреционного совмещения тектонических пластин не позволяют восстановить систематическую картину такого совмещения с ожидаемой направленностью движений. Направленность этих движений предполагается, исходя из северо-восточного простираения рассматриваемого участка конвергентной границы плит и северного перемещения океанической плиты Изагаги относительно окраины Евразии в конце раннего мела [14, 15], времени формирования этого аккреционного комплекса. В такой тектонической обстановке косой субдукции ожидаемы надвиговые (взбросовые) перемещения с северо-запада с леводвиговой компонентой. Леводвиговая компонента перемещений ожидается и для постааккреционных перемещений вдоль фронтальной части Киселевско-Маноминского аккреционного комплекса [5, 10, 11]. Приходится констатировать, что кинематика аккреции и постааккреционных перемещений не нашла своего адекватного отражения в кинематике складчатых дислокаций, спорадически проявленных в этом аккреционном комплексе. Может ли установленная совокупность асимметричных складок различной кинематики отражать иные движения, связанные с основными поступательными движениями, определившими совмещение пластин? Возможным кинематическим механизмом видится вращение пластин и развороты кровли относительно

подошвы внутри пластин в процессе их совмещения. При вращении компоненты взброса, сброса и сдвига для каждой асимметричной складки определяются ее положением относительно центра вращения, а направление сдвига – направлением вращения. Причинами вращательных движений могли быть сложная конфигурация пластин и изрезанные очертания конвергентной границы, связанные с субдукцией вулканических построек на океанической плите. Такая интерпретация объясняет кинематическое разнообразие асимметричных складок, но оставляет открытым вопрос, почему крупные поступательные движения, совместившие тектонические пластины, не нашли своего отражения в складчатых деформациях этого аккреционного комплекса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного изучения Киселевско-Маноминского аккреционного комплекса в районе с. Киселевка на нижнем Амуре детализирована его общая структура и показаны ее пространственные вариации. По различию ориентировки кровли отложений в разных частях комплекса предполагается существование в районе исследования крупной складки волочения, связанной с леводвиговым совмещением двух его фрагментов после завершения аккреции. Аккреционный комплекс в целом характеризуется доминирующим моноклинальным залеганием отложений, складки в нем проявлены спорадически и не затрагивают всего объема пород. В некоторых частях аккреционного комплекса установлена интенсивная многофазная складчатость. По различиям в морфологии, размерах, ориентировке и кинематике совокупность наблюдаемых складок подразделена на пять типов. Для некоторых из них определена последовательность формирования. Набор выделенных типов складок сходен с таковым, установленным ранее в Амурском аккреционном комплексе. Сходны также дискретное распределение складок в пространстве, частично совпадает и последовательность формирования разнотипных складок. Наиболее многочисленные асимметричные интрафолиальные складки, потенциальные индикаторы кинематики совмещения тектонических пластин в процессе аккреции, определяют разнонаправленные смещения и отсутствие систематической картины однонаправленных движений, ожидаемых в этой тектонической обстановке. Для объяснения разнонаправленности смещений предлагается механизм вращения пластин и их частей, что могло быть вызвано сложной конфигурацией пластин и изрезанными очертаниями конвергентной границы, связанными с субдукцией вулканических построек.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарен П.Л. Неволину и Б.А. Натальину за внимательное и тщательное ознакомление с текстом рукописи и рисунками, оценку проделанной работы и благожелательно высказанные замечания, что позволило исправить некоторые недочеты. Замечания Б.А. Натальина дискуссионного характера воскресили в памяти автора те проблемы, над которыми он также размышлял в процессе исследования.

Исследования выполнены в рамках госзадания ИТиГ ДВО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Войнова И.П., Зябрев С.В., Приходько В.С. Петрохимические особенности раннемеловых внутриплитных океанических вулканитов Киселевско-Маноминского террейна (северный Сихотэ-Алинь) // Тихоокеан. геология. 1994. Т. 13, № 6. С. 83–96.
2. Голозубов В.В., Ханчук А.И., Кемкин И.В., Симаненко В.П., Малиновский А.И., Филиппов А.Н. Сихотэ-Алинь-Северо-Сахалинский орогенный пояс // Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. Кн. 1 / Ред. А.И. Ханчук Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 161–201.
3. Зябрев С.В. Стратиграфическая летопись кремнисто-терригенного комплекса хр. Хехцир и кинематика асимметричных складок – индикаторы субдукционной аккреции // Тихоокеан. геология. 1998. Т. 17, № 1. С. 76–84.
4. Зябрев С.В., Анойкин В.И. Новые данные о возрасте отложений Киселевско-Маноминского аккреционного комплекса по ископаемым радиоляриям // Тихоокеан. геология. 2013. Т. 32, № 3. С. 74–84.
5. Зябрев С. В., Анойкин В. И., Кудымов А. В. Строение, возраст и механизмы формирования Амурского и Киселевско-Маноминского аккреционных комплексов Нижнего Приамурья (Дальний Восток, Россия) // Геотектоника. 2015. № 6. С. 65–79.
6. Кайдалов В.А., Анойкин В.И., Беломестнова Т.Д. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:200 000 (Изд-е второе). Серия Николаевская, лист М-54-1. СПб.: ВСЕГЕИ (в печати).
7. Кузьмин С.П., Шевелев Е.К. Новые данные о строении и возрасте киселевской свиты (Нижнее Приамурье) // Стратиграфия докембрия и фанерозоя Забайкалья и юга Дальнего Востока: Тез. докл. IV Дальневосточного регионального межведомственного стратиграф. совещ. Хабаровск, 1990. С. 175–177.
8. Малиновский А.И., Голозубов В.В. Литология и обстановки формирования терригенных отложений вдоль трансформных границ плит на примере раннемелового Журавлевского террейна (южный Сихотэ-Алинь) // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 5. С. 35–52.
9. Маркевич П.В., Филиппов А.Н., Малиновский А.И., Зябрев С.В., Нечаев В.П., Высоцкий С.В. Меловые вулканогенно-осадочные образования Нижнего Приамурья (Строение, состав и обстановки седиментации). Владивосток: Дальнаука, 1997. 300 с.
10. Натальин Б.А., Алексеенко С.Н. Структура нижнемеловых отложений фундамента Среднеамурской впадины // Тихоокеан. геология. 1989. № 1. С. 37–46.
11. Натальин Б.А., Алексеенко С.Н. Сдвиговые дислокации Амурского комплекса и их значение для меловой геодинамики Востока Азии // Тихоокеан. геология. 1994. № 1. С. 46–53.
12. Фрейдин А.И. Геологическая карта СССР. 1:200 000. Серия Нижне-Амурская, лист М-54-VII. М.: Госгеолтехиздат, 1957.
13. Ханчук А.И., Огнянов Н.В., Попова И.М., Филиппов А.Н. Новые данные о раннемеловых отложениях Нижнего Приамурья // Докл. АН. 1994. Т. 338, № 5. С. 666–671.
14. Engebretson D.C., Cox A., Gordon R.G. Relative motions between oceanic and continental plates in the Pacific basin // Geol. Soc. Am. Spec. Paper 2006. 1985. 59 p.
15. Maruyama S., Seno T. Orogeny and relative plate motions – Example of the Japanese Islands // Tectonophysics. 1986. V. 127, N 3/4. P. 305–329.
16. Natal'in B.A. History and modes of Mesozoic accretion in Southeastern Russia // Island Arc. 1993. V. 2, N. 1. P. 15–34.
17. Niwa M. The structure and kinematics of an imbricate stack of oceanic rocks in the Jurassic accretionary complex of Central Japan: an oblique subduction model // J. Structural Geol. 2006. V. 28. P. 1670–1684.
18. Otsuka T. Mesoscopic folds of chert in the Triassic-Jurassic chert-clastics sequence in the Mino Terrane, central Japan // J. Geol. Soc. Japan. 1989. V. 95, N 2. P. 97–111.
19. Ramsay J.G. Folding and fracturing of rocks. New-York: McGraw-Hill Co., 1967. 568 p.
20. Ramsay J.G., Huber M.I. The techniques of modern structural geology: folds and fractures. V. 2. London: Acad. Press, 1987. 700 p.

Рекомендована к печати А.Н. Диденко

S. V. Zyabrev

Structure and folding of the Kiselyovka-Manoma accretionary complex in the Lower Amur Region, Russian Far East

The Kiselyovka-Manoma accretionary complex formed in the end of the Early Cretaceous, and it is a part of the Early Cretaceous Khingan-Okhotsk active continental margin. It is located at the front of the Amur accretionary complex, and composed of Jurassic-Lower Cretaceous oceanic volcanics and chert. Structural investigation of this complex in the Lower Amur Region clarifies its overall structure and characterizes folds with different morphologies and orientations subdivided into five types. Fold kinematics indicates various senses of motions that do not reveal systematic kinematic patterns of stacking of the accreted tectonic slices.

Key words: fold, kinematics, structure, accretionary complex, Early Cretaceous, Russian Far East.