

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ МЕЛОВЫХ ТУРБИДИТОВ НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ

*А.В. Кудымов**Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Хабаровск, Россия; e-mail: kadi77760@mail.ru*

Поступила в редакцию 18 января 2024 г.

В основе механизма образования меловых турбидитов Нижнего Приамурья, так же как и всех турбидитов, лежит гидродинамический режим, существовавший в бассейне их накопления. Схема гидродинамического режима турбидитовой седиментации приведена на примере берриас-валанжинского бассейна Горинского террейна. Отложения накапливались у подножья восточной окраины Евразийского континента. Кластический материал, накопившийся на континентальном склоне в виде оползней, обвалов и мутьевых потоков, перемещался в восточном направлении к его подножью. Грубый материал оползней сгружался в первую очередь, а более тонкий осадок транспортировался мутьевыми потоками дальше на восток в более глубокие части бассейна. У подножья склона мутьевые потоки взаимодействовали с донными течениями, постоянно циркулировавшими у подножья континентального склона в виде крупномасштабного вихря. Из наиболее энергетичных (высокоскоростных) потоков, ориентированных с запада на восток, отлагались грубокластические турбидиты. При движении дальше на восток мутьевые потоки, ослабевая, отклонялись сначала до субмеридионального (с юга на север), а затем и до субширотного (с востока на запад) направления. В результате из субмеридиональных мутьевых потоков отлагались песчаные турбидиты, а из субширотных – песчано-глинистые и алевро-глинистые циклиты. В моменты ослабления тектонической активности в регионе и, соответственно, уменьшения влияния мутьевых потоков в бассейне циркулировали лишь донные течения, формировались маломощные горизонты контуритов. Область накопления песчаных турбидитов в дальнейшем могла стать ареной накопления песчано-глинистых и алевро-глинистых турбидитов и наоборот. В итоге, в результате частой смены гидродинамического режима, сформировался разрез отложений, представленный чередованием разнотипных турбидитов и, в меньшей степени, контуритов.

Ключевые слова: турбидит, механоглифы, косая слойчатость, гидродинамический режим, Нижнее Приамурье.

ВВЕДЕНИЕ

Расшифровка механизма образований турбидитов, так же как и меловых циклитов Нижнего Приамурья, напрямую связана с распознаванием гидродинамического режима в бассейне седиментации, что является ключевым моментом в понимании механизма образования ритмичности, способов транспортировки и накопления осадков. Кроме этого, с гидродинамическим режимом тесно связаны вопросы источников питания, а в итоге и оценки геотектонической обстановки в области осадконакопления, которая до сих пор является дискуссионной.

Меловые морские отложения Нижнего Приамурья представлены берриас-валанжинскими, апт-альбскими и альб-сеноманскими осадками. Берриас-валанжинский комплекс отложений, согласно

недавним исследованиям, отнесен к Горинскому террейну берриас-валанжинской аккреционной призмы, а апт-альбские и альб-сеноманские образования – к Чаятытскому террейну апт-сеноманской аккреционной призмы [20, 21] (рис. 1). Слагающие террейны отложения представлены глубоководными осадками, сформированными гравитационными потоками и контурными течениями (контуритами) [15]. Среди отложений гравитационных потоков резко преобладают турбидиты.

Наиболее эффективным методом восстановления гидродинамического режима бассейна осадконакопления является изучение многочисленных и разнообразных текстурных особенностей пород. Первые попытки исследований в этом направлении на Дальнем Востоке предпринимались еще в 60-е годы П.В. Маркевичем [22]. В южной части Сихотэ-Алиня

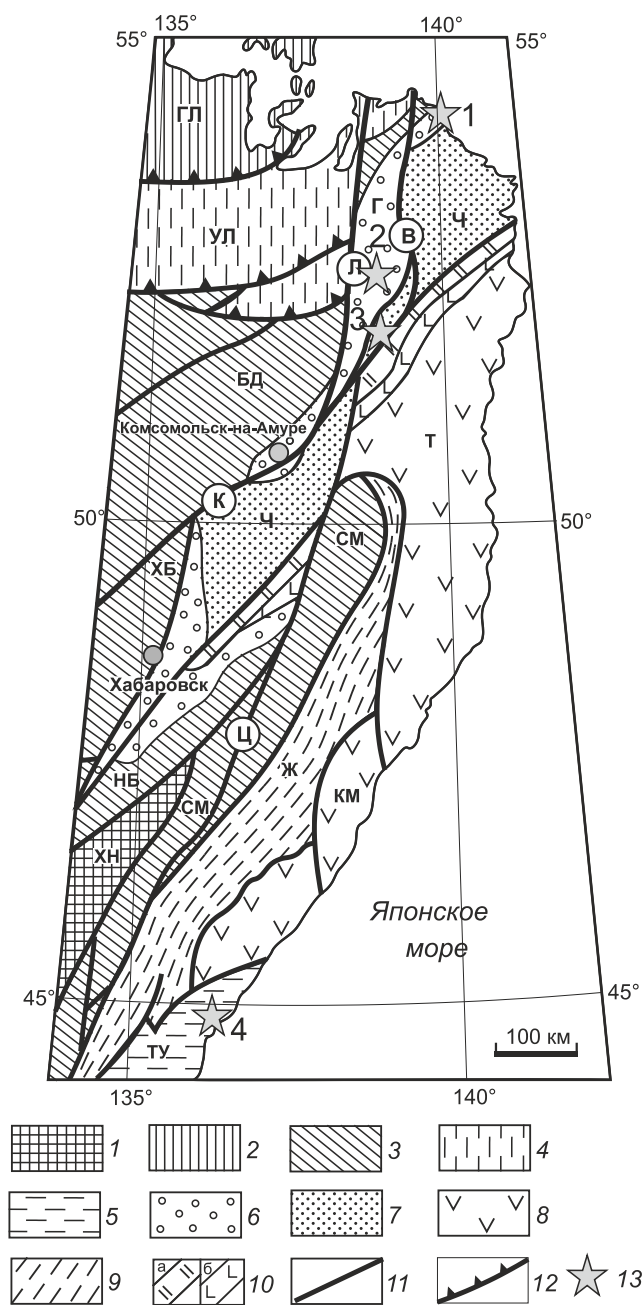


Рис. 1. Схема террейнов Сихотэ-Алинского орогенного пояса и прилегающих территорий, по [4], с дополнениями [20, 21].

1 – докембрийский Ханкайский (ХН) террейн; 2 – палеозойский Галамский (ГЛ) террейн; 3, 4 – юрские террейны: 3 – фрагменты аккреционных призм (СМ – Самаркинский, НБ – Наданахада-Бикинский, ХБ – Хабаровский, БД – Баджалский), 4 – приконтинентального турбидитового бассейна (УЛ – Ульбанский); 5–10 – меловые террейны – фрагменты: 5 – неокотской аккреционной призмы (ТУ – Таухинский), 6 – берриас-валанжинской аккреционной призмы (Г – Горинский), 7 – апт-сеноманской аккреционной призмы (Ч – Чаятынский), 8 – баррем-альбской островодужной системы (К – Кемский), 9 – приконтинентального синдвигового турбидитового бассейна (Ж – Журавлевский), 10 – Киселевско-Маноминской меловой аккреционной призмы (а – вулканогенно-кремнистые образования Киселевско-Манома-

(бассейн р. Рудной) им были детально изучены и палеогеографически интерпретированы мощные толщи нижнемеловых турбидитовых отложений Таухинского террейна. Впоследствии подобные исследования были проведены автором в Нижнем Приамурье – на водоразделе рек Амур-Лимури, в нижнем течении р. Амгунь, а также на побережье Сахалинского залива [14–17, 19] (рис. 1).

Цель исследований заключается в следующем. Прежде всего, крайне важно уточнить природу изученных текстур турбидитов, позволяющих восстановить гидродинамический режим в бассейне осадконакопления. Далее, необходимо провести тщательный анализ ориентировок текстур, причем особое внимание уделить расшифровке типов их содержащих турбидитов. Кроме этого, в связи с произошедшим в последнее время изменением тектонического районирования Нижнего Приамурья (отнесения меловых турбидитов района к террейнам аккреционных призм) [4, 21, 23] интересно сопоставить наши результаты с данными П.В. Маркевича по аккреционной призме Таухинского террейна.

ГЛАВНЫЕ ТИПЫ И РАЗНОВИДНОСТИ ТЕРБИДИТОВ

Разрезы берриас-валанжинских отложений Горинского террейна, а также апт-альбских и альб-сеноманских образований Чаятынского террейна, содержат большое количество пачек турбидитов. Для решения задачи восстановления гидродинамического режима в бассейне турбидиты по характеру чередования, мощности и строению ритмов подразделяются, согласно предложенной П.В. Маркевичем классификации [22], на три типа: песчаные, песчано-глинистые и грубообломочные.

Песчаные турбидиты характеризуется преобладанием в составе ритмов песчаников. Этот тип турбидитов подразделяется на несколько разновидностей: крупноритмичные, неравномерноритмичные и резко неравномерноритмичные.

Крупноритмичные песчаные турбидиты – наиболее распространенная разновидность. Для нее характерны крупно- и равномерноритмичные серии, образованные пластами песчаника средней мощностью 2 м, разделенными прослоями алевроаргилитов

Вяземского субтеррейна, б – вулканогенно-туфово-терригенные отложения Удильского субтеррейна); 11 – главные разломы, в том числе: Ц – Центральный Сихотэ-Алинский, Л – Лимурчанский, В – Вьюнский, К – Киселевский; 12 – надвиги; 13 – районы исследования: 1 – побережье Сахалинского залива [15, 16], 2 – нижнего течения р. Амгунь [16], 3 – водораздел рек Амур-Лимури [17], 4 – бассейн р. Рудная [22].

мощностью от 2 до 40 см. *Неравномерноритмичным песчаным турбидитам* свойственны меняющиеся в широких пределах мощности ритмов (от нескольких см до нескольких дм и даже метров). *Резко неравномерноритмичные турбидиты* отличаются содержанием в мелкоритмичных циклитах отдельных, более мощных ритмов толщиной от одного до нескольких дециметров.

Песчано-глинистым турбидитам, в отличие от песчаных, свойственно наличие в составе ритмов алевроаргиллитов, находящихся с песчаниками в равном или большем количестве. Песчано-глинистые турбидиты П.В. Маркевич разделяет две разновидности: крупноритмичные и мелкоритмичные.

Для *крупноритмичных песчано-глинистых турбидитов* характерно соотношение песчаник – алевроаргиллит примерно 1:1, при средней мощности ритмов около 70 см. *Мелкоритмичные песчано-глинистые турбидиты* отличаются меньшей мощностью ритмов – от 35 до 70 см.

Грубокластические турбидиты выделяются содержанием в основании ритмов гравелитов или мелкогалечных конгломератов. Мощности нижних элементов ритмов сильно варьируют от первых см до 4 м. Кроме этого, им свойственно крайне беспорядочное чередование ритмов с различным строением и мощностями.

ГОРИНСКИЙ ТЕРРЕЙН БЕРРИАС-ВАЛАНЖИНСКОЙ АККРЕЦИОННОЙ ПРИЗМЫ

Горинский террейн Нижнего Приамурья протягивается в виде широкой полосы от нижнего течения р. Усури до берегов Сахалинского залива и с востока примыкает к Хабаровскому, Баджальскому и Ульбанскому террейнам, [5, 7, 21] (рис. 1). Исследования В.А. Кайдалова и др. [11] показали, что террейн сложен преимущественно берриас-валанжинскими образованиями комсомольской серии, которые без видимого несогласия, но со следами размыва, залегают на кремнисто-алевролитовой юрской лимурчанской толще. Образования расчленяется на следующие свиты: берриасскую горинскую, сложенную преимущественно песчаными породами, берриас-валанжинскую пионерскую, содержащую значительно большее количество алевролитов и аргиллитов, и валанжинскую пиванскую, в которой присутствует заметное количество гравелитов и конгломератов (рис. 2).

Исследования, направленные на восстановление гидродинамического режима бассейна седиментации, проводились на побережье Сахалинского залива, между мысами Куприянова и Мофетта [15, 16], а также в нижнем течении р. Амгунь [16]. Наиболее полный

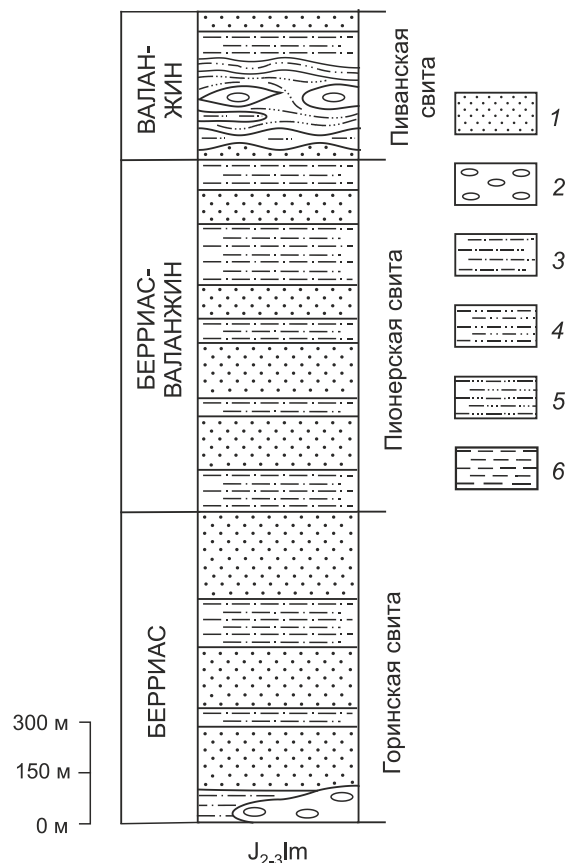


Рис. 2. Обобщенная стратиграфическая колонка берриас-валанжинских отложений комсомольской серии Горинского террейна [21].

1 – песчаники, мелкозернистые, мелко-среднезернистые; 2 – конгломераты; 3 – алевролиты (алевроаргиллиты), переслаивание алевролитов (алевроаргиллитов) и песчаников с равным соотношением или с преобладанием алевролитов (алевроаргиллитов); 4 – переслаивание песчаников и алевролитов (алевроаргиллитов) с преобладанием песчаников; 5 – переслаивание песчаников и алевролитов (алевроаргиллитов) с резким преобладанием песчаников; 6 – аргиллиты. J₂₋₃lm – лимурийская толща.

разрез изучен на побережье Сахалинского залива. Он представляет собой чередование пакетов крупноритмичных песчаных (10–150 м) и песчано-алевролитовых (10–50 м) турбидитов, пластов массивных песчаников (2–15 м) и тонкослоистых алевроаргиллитов (10–30 м). Пакеты крупноритмичных песчаных образований, в свою очередь, содержат пачки (0.5–5.0 м) мелкоритмичных песчаных или песчано-алевролитовых отложений, а также редкие пачки (0.5–1.5 м) контуритов, представляющих собой тонкое переслаивание (первые мм) алевролитов и аргиллитов. Последние содержат линзовидные прослойки (0.5–1.5 см) мелко-косослоистых и параллельно-слоистых песчаников. Пласты песчаников часто содержат мелкие обломки алевролитов и линзы седиментационных брек-

чий (размеры линз от 0.5–1.5 м до первых метров). Крупные пачки песчано-алевролитовых турбидитов и тонкослоистых алевроаргиллитов содержат отдельные пласты (первые метры) массивных мелкозернистых песчаников.

В крупноритмических песчаных турбидитах наблюдались ритмы мощностью от 0.5 м до 2.5 м с элементами **ABC**, **ABCD** цикла А. Боума [29]. Ритмы имеют четкую нижнюю эрозионную границу, часто с отторженцами подстилающих пород. Нижний элемент ритма А нередко представлен седиментационными брекчиями или гравелистыми песчаниками. В подошвах ритмов наблюдались гиероглифы течений. Массивные песчаники в этих пакетах имеют те же седиментационные признаки, что и крупноритмические песчаные турбидиты, но представлены лишь элементом **A** или элементами **AB** последовательности А. Боума.

В мелкоритмичных песчаных турбидитах мощности ритмов достигают 30 см, а в пачках мелкоритмичных песчано-алевролитовых турбидитах колеблются от 3 см до 25 см. Ритмы обоих последних видов турбидитов представлены элементами **CD** и **BCD**.

ЧАЯТЫНСКИЙ ТЕРРЕЙН АПТ-СЕНОМАНСКОЙ АККРЕЦИОННОЙ ПРИЗМЫ

Апт-сеноманский Чаятынский террейн сложен пространственно разобщенными апт-альбскими и альб-сеноманскими образованиями. Апт-альбские отложения расположены на территории между Киселевским и Центральным Сихотэ-Алинским разломами, протягиваясь вдоль р. Амур, между городами – Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре [4] (рис. 1). Альб-сеноманские осадки распространены северо-восточнее, ниже по течению р. Амур, где они примыкают к меловым образованиям Киселевско-Маноминского террейна [6, 11].

Нами изучен разрез только альб-сеноманских отложений [6, 7]. В основании разреза располагается жорминская толща, с размывом залегающая на позднеюрско-раннемеловых образованиях киселевской свиты [21] и со структурным несогласием на берриас-валанжинских отложениях комсомольской серии [12] (рис. 3). Свита согласно наращивается силасинской свитой, которая, в свою очередь, также согласно перекрывается образованиями утицкой свиты [11, 18, 21]. Основной породный фон жорминской толщи составляют песчаники, при этом в основании разреза довольно часто встречаются пласты конгломератов, а в кровле – пачки переслаивания песчаников и алевролитов. Силасинская свита представлена преимущественно алевролитами, им подчинены песчаники, седиментационные брекчии, мелкообломочные (псаммитовые

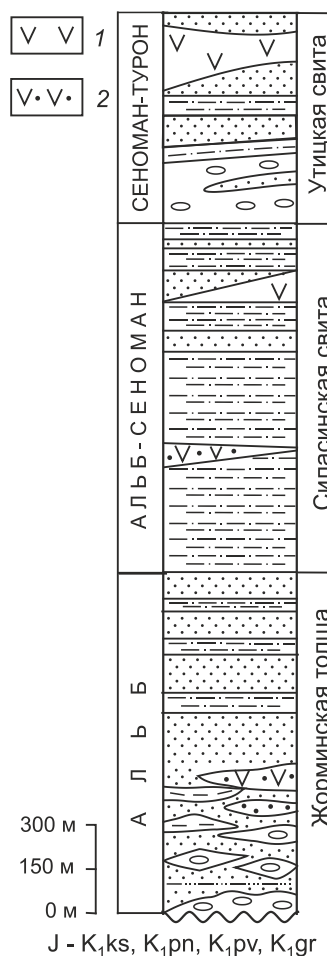


Рис. 3. Обобщенная стратиграфическая колонка альб-сеноманских отложений Чаятынского террейна [21].

1 – потоки андезитов; 2 – туфы андезитов. Остальные условные обозначения приведены на рис. 2. J₁-K₁ks – киселевская свита, K₁pn – пионерская свита, K₁pv – пиванская свита, K₁gr – горинская свита.

и алевроитовые) туфы основного и кислого состава. Нижние горизонты силасинской свиты сложены почти исключительно алевролитами и аргиллитами, верхние – алевролитами и песчаниками, находящимися в равном соотношении. Разрез утицкой свиты состоит в основном из осадочных пород: конгломератов, тонко-слоистых мелкозернистых песчаников и алевролитов. В подчиненном количестве находятся туфы среднего состава и андезиты. Возраст жорминской толщи, на основании находок органических остатков, определяется как средне-познеальбский, силасинской свиты – альб-сеноманский и утицкой свиты – сеноман-туронский. Предыдущими исследованиями установлено [14, 16, 17], что отложения альба-сеномана представлены осадками гравитационных потоков и в, меньшей мере, контурных течений (контуритов). Среди гравитацион-

ных образований, так же как и в Горинском террейне, резко преобладают турбидиты.

Для оценки гидродинамического режима бассейна осадконакопления нами в коренных обнажениях вдоль дороги п. Киселевка – р. Лимури изучен разрез отложений силасинской свиты [13]. Для ее нижней части установлено преобладание отложений контурных течений и песчано-алевролитовых турбидитов, а для верхней – доминирование песчаных турбидитов.

Контуриты представляют собой горизонты тонкослоистых алевролитов (мощностью до первых метров), иногда содержащих прослойки (1.5 см) слоистых мелкозернистых песчаников.

Песчано-алевролитовые турбидиты характеризуются как равным соотношением песчаник/алевролит (песчаник – 8–10 см, алевролит до 10 см), так и явным преобладанием в ритмах алевролитовой составляющей, причем как в малых (от 1–6 см до 14 см) так и в больших (от 8 до 70 см, редко больше) ритмах. Мелкоритмичные (1.5–6 см) песчано-алевролитовые турбидиты нередко содержат (через 50–90 см) пласты мелкозернистых песчаников мощностью 15–30 см.

Песчаные турбидиты характеризуются ритмами, содержащими элементы **BCD** и **CD** последовательности А. Боума [29]. Мощности ритмов в описываемых турбидитах варьируют в широком диапазоне от 7 до 45 см. Они постоянно содержат пласты (до 10 м) мелкозернистых песчаников. Необходимо отметить, что крупноритмичных песчаных турбидитов с элементами А в изученном разрезе не встречено.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСАДОЧНЫХ ТЕКСТУР

Текстуры, позволяющие реставрировать гидродинамический режим бассейна седиментации, разделяются на текстуры поверхностей напластования и на внутрипластовые текстуры [1–3].

Текстуры поверхностей напластования традиционно называют гиероглифами. Среди них различают две большие группы: органические, представленные следами жизнедеятельности придонных организмов (биоглифы), и механические, образующиеся в результате действия течения или деформации нижней поверхности пласта (механоглифы) [3]. Как правило, гиероглифы находятся на нижних поверхностях пластов (преимущественно песчаников) и представляют собой слепки – негативы мелких впадин, находящихся на дне бассейна, которые перекрываются новым осадком (песком).

Биоглифы нами не рассматриваются, поскольку в изученных отложениях они не встречались.

Механоглифы разделяются на две основные группы: гиероглифы течений, возникающие в резуль-



Рис. 4. Слпки водоворотных ямок в берриас-валанжинских крупноритмичных песчаных турбидитах Горинского террейна (побережье Сахалинского залива, северо-западнее устья руч. Бол. Вилки).

Направление палеотечения слева направо.

тате течения потоков, и деформационные гиероглифы, образующиеся в процессе деформации на границе глина – песок [3]. Наиболее интересными и перспективными для анализа палеопотоков являются гиероглифы течений. Они подразделяются на слпки следов течений и слпки следов волочения предметов.

Слпки следов течений – текстуры, связанные с эрозионной деятельностью течений, наиболее часто наблюдались в берриас-валанжинских отложениях, изученных на побережье Сахалинского залива [15], кроме этого в нижнем течении р. Амгунь, а также в верхнеальбских образованиях на водоразделе рек Амур и Лимури [17]. Среди слпков следов течений идентифицировались слпки водоворотных ямок (рис. 4), реже – слпки параллельных гребней (ложбин) (рис. 5), слпки следов волочения предметов по дну (рис. 6) и многогранных текстур (рис. 7) [8]. В берриас-валанжинских отложениях бассейна р. Рудной (Таухинский террейн) П.В. Маркевичем [22] наблюдались лишь слпки водоворотных ямок (слпки с борозд размыва).

Слпки водоворотных ямок наблюдались преимущественно в песчаных турбидитах, на поверхности пластов песчаника основания ритмов. Слпки водоворотных ямок (в крупноритмичных турбидитах) представляют собой систему удлиненных гребней, параллельных направлению потока. Их окончания, имеющие форму острых «карманов», круто возвышаются

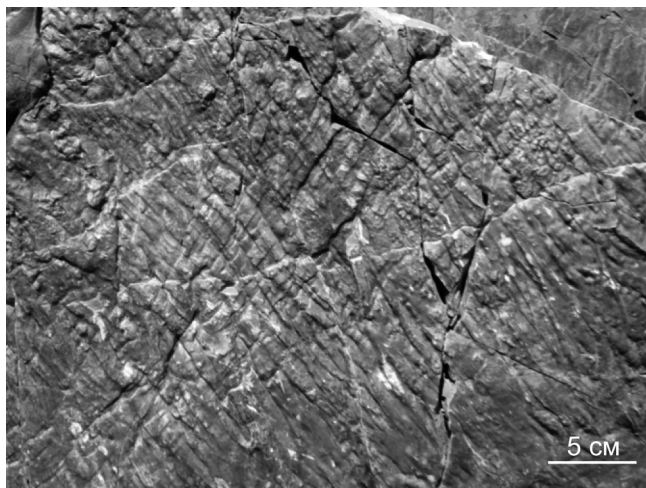


Рис. 5. Слпки параллельных ложбин и гребней в берриас-валанжинских песчаных турбидитах Горинского террейна (побережье Сахалинского залива, северо-западнее устья руч. Бол. Вилки).

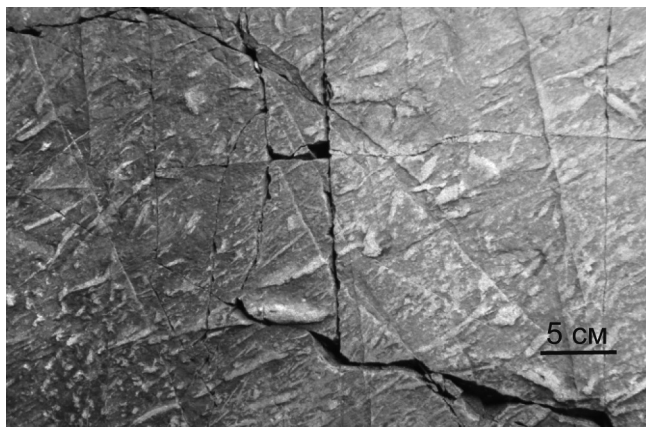


Рис. 6. Слпки следов волочения предметов по дну в берриас-валанжинских песчаных турбидитах Горинского террейна (побережье Сахалинского залива, северо-западнее устья руч. Бол. Вилки).

над пластом. В противоположном направлении гиероглифы выполаживаются и постепенно сливаются с поверхностью пластов. Кроме того, эти их окончания имеют веерообразное расширение. Отмеченные гиероглифы указывают на направление палеопотока, сопровождающегося турбулентным движением воды среды, ориентированным в сторону выполаживающихся окончаний гиероглифов.

Необходимо отметить, что наиболее крупные и отчетливые слпки наблюдались в крупноритмичных песчаных турбидитах, имеющих ярко выраженный нижний элемент ритма (А) (изучены на побережье Сахалинского залива и в бассейне р. Рудной Южного

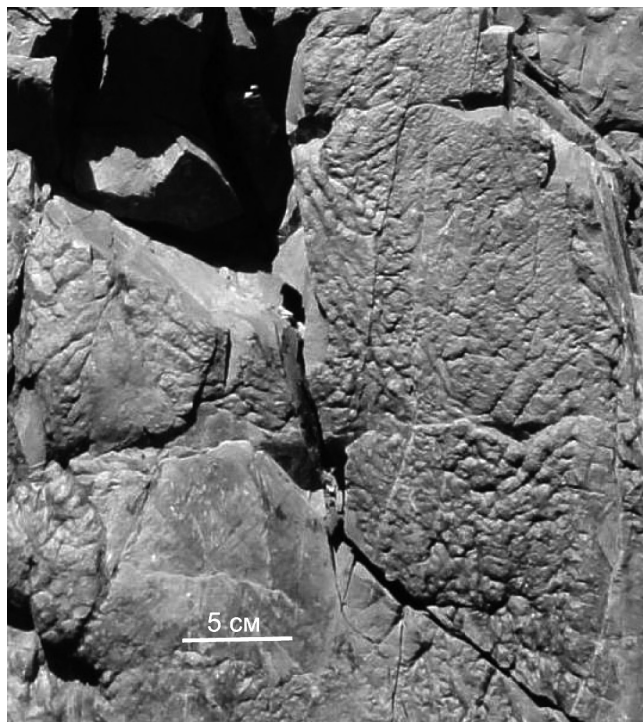


Рис. 7. Слпки многогранных текстур в берриас-валанжинских турбидитах Горинского террейна (побережье Сахалинского залива, северо-западнее устья руч. Бол. Вилки).

Сихотэ-Алиня). Слпки водоворотных ямок, встречающиеся в мелкоритмичных песчаных и песчано-глинистых турбидитах (циклиты без нижних элементов А в ритмах; водораздел рек Амур-Лимури), крайне редки, и оценка направлений палеопотоков по ним очень ненадежна.

При всем многообразии слпков водоворотных ямок, они сгруппированы в четыре основных типа: язычковые, удлиненные симметричные, конические и сосцевидные [8]. Среди водоворотных ямок нами были встречены преимущественно язычковые и конические слпки, реже удлиненные симметричные. Длина их колеблется от первых сантиметров до 20 см, ширина от 0.5 до 5.0 см. Как правило, слпки возвышаются над поверхностью пласта на несколько миллиметров, редко на 1–2 см.

Слпки параллельных гребней и ложбин отмечались, в основном, в песчано-глинистых турбидитах побережья Сахалинского залива. Они представляют собой систему тонких (от первых миллиметров до 1.0 см) параллельных ложбин и гребней, что свидетельствует о том, что внутренняя структура течений имела слабо развитую турбулентность и характеризовалась большей устойчивостью и регулярностью [8]. Эти гиероглифы хоть и не указывают на направление

потоков, однако интересны для понимания их гидродинамики.

Многогранные текстуры фиксировались в пелитовых частях ритмов песчано-глинистых турбидитов, изученных на побережье Сахалинского залива [15]. Они имеют форму тесно соприкасающихся шестигранников размерами 4–6 миллиметров и свидетельствуют о затормаживании водного потока [8].

Слепки следов волочения предметов по дну изучались на побережье Сахалинского залива [15], а также П.В. Маркевичем в бассейне р. Рудной (Южный Сихотэ-Алинь) [22]. Они фиксировались на разных уровнях разреза отложений и в различных типах осадков, нередко вместе со слепками водоворотных ямок. Особенно часто они встречались в песчано-глинистых турбидитах. Выделяются две разновидности этих знаков [22]:

1. Веретенообразные валики разной длины. Длина валиков варьирует от 2 до 45 см, ширина до 5 см. Поверхность их часто ребристая. Ребра располагаются всегда параллельно оси знака.

2. Прямые валики гладкие или ребристые. Ребра (борозды и штрихи) на поверхности строго параллельны друг другу. Длина их достигает 1–2 м, ширина колеблется от первых мм до 20 см. Расположены валики параллельными сериями. Каждый валик, в отличие от соседних, характеризуется строго определенным поперечным сечением, которое выдерживается неизменным по всей длине.

Из **внутрипластовых текстур** для реконструкции гидродинамического режима бассейна осадконакопления наиболее интересны косая и косоволнистая слоичатости.

Косая и косоволнистая слоичатости изучались в берриас-валанжинских отложениях побережья Сахалинского залива [15]. Кроме этого, масштаб и строение этих слоичатостей раньше были детально изучены П.В. Маркевичем в бассейне р. Рудной [22], на тех же объектах, на которых исследовались и текстуры поверхностей напластования.

В бассейне р. Рудной косая слоичатость встречается во всех, даже в очень маломощных ритмах, где она совместно с волнистой и линзовидной образует сложные сочетания, слагающие элемент С последовательности Боума [29]. Образование косой слоичатости обусловлено ориентированным расположением в толще осадка органических остатков или терригенного материала.

Детальное изучение косой и косоволнистой слоичатостей дало возможность П.В. Маркевичу сделать вывод о том, что формирование однонаправленной слоичатости обусловлено морскими течениями,

а редкой разнонаправленной – временными изменениями направления этих течений [22]. С учетом экспериментальных данных [24], морфология и размеры изученной косой и косоволнистой слоичатостей действительно свидетельствуют о том, что косые слойки являются передовыми слойками мелкой ряби течений. Причем слойки мелкой ряби течений всегда наклонены в сторону направления палеотечений, за тем редким исключением, когда резко меняется режим потока и формируются антидюны [8]. Таким образом, уверенно можно считать, что изученная косая и косоволнистая слоичатость бассейна р. Рудной сформировалась в результате постоянного однонаправленного течения, то есть, ее можно относить к мелкой ряби течения [24].

По морфологическим особенностям к мелкой ряби течения относится и косая слоичатость, изученная в берриас-валанжинских отложениях побережья Сахалинского залива, в нижнем течении р. Амгунь, а также в альбских образованиях водораздела рек Амур и Лимури. Слоичатость слагает элемент С сокращенных песчаных ритмов турбидитов, а также отдельные слои алевроаргиллитов в пластах контуритов.

ОРИЕНТИРОВКА ТЕКСТУР

Поскольку измерения ориентировок осадочных текстур производились в деформированных пластах, предварительно, с помощью стереографической сетки, эти ориентировки возвращались в недеформированное горизонтальное положение. При этом измерения в слоях северо-западного простирания (явно развернутых в результате сдвиговых смещений) вообще не производились, поскольку в этом случае трудно провести коррекцию замеров. Полученные (исправленные) ориентировки текстур для различных типов *берриас-валанжинских* осадочных образований Горинского террейна приведены на рис. 8, где они показаны в сравнении с ориентировками текстур берриас-валанжинских отложений Таухинского террейна Южного Приморья (бассейн р. Рудной) [22] и нашими неопубликованными данными по отложениям, изученным в левом борту р. Маргаритовка.

В осадках крупноритмичных песчаных турбидитов (с четко выраженными нижними элементами А в ритмах) Горинского террейна азимутальные максимумы слепок водоворотных ямок ориентированы, в целом, в субмеридиональном направлении (с юга на север) [15, 16] (рис. 8). Азимутальные максимумы мелкой косой слоичатости элемента С ритмов в песчаных турбидитах, в целом, также ориентированы с юга на север. Кроме этого, азимуты падений мелкой косой слоичатости (ряби течений) в контуритах направлены с востока на запад (рис. 8). В нижнем тече-

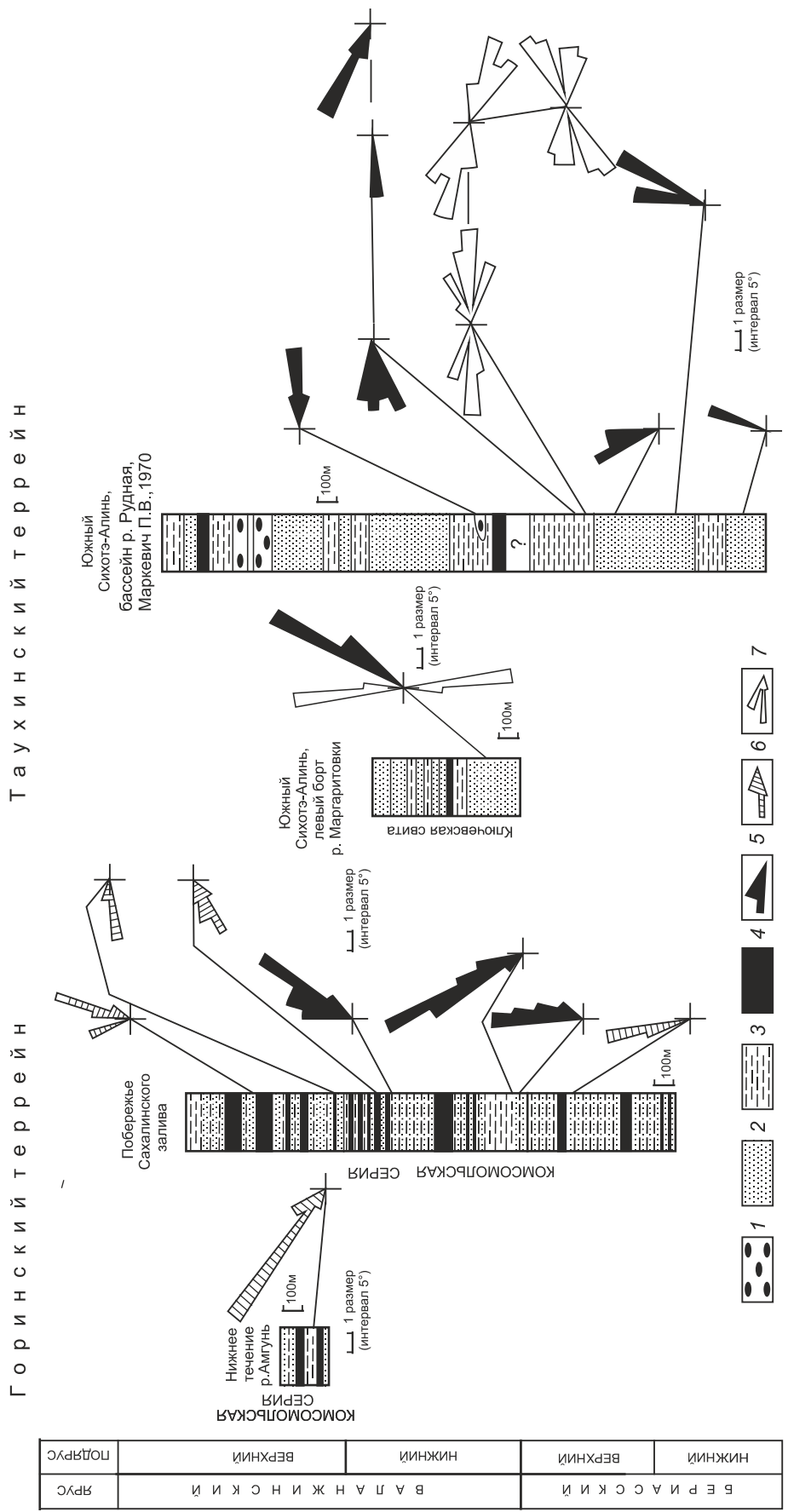


Рис. 8. Ориентировки гиероглифов и косо́й сло́йчатости в берриас-валанжинских отложениях Горинского и Таухинского террейнов Сихотэ-Алиня.
1-3 – турбидиты: 1 – грубокластические, 2 – песчаные (крупноритмичные с сопутствующими массивными песчаниками), 3 – песчано-аргиллитовые, алевроаргиллитовые с равным соотношением или (и) с преобладанием алевроаргиллитов (аргиллитов); 4 – контуристы; 5-7 – диаграммы ориентировок: 5 – слепков водоворотных ямок, 6 – азимутов падений мелкой косо́й сло́йчатости, 7 – слепков волочения предметов по дну.

нии р. Амгунь в песчано-алевролитовых турбидитах берриас-валанжина азимуты падений мелкой косо́й слойчатости направлены на северо-запад (рис. 8).

Гидродинамический режим в бассейне накопления *альб-сеноманских* отложений Чаятынского террейна оценивается по результатам изучения мелкоритмичных песчаных турбидитов с элементами ВСД, ВС, в ритмах которых не наблюдалось нижних элементов последовательности (А). В результате было установлено, что азимутальные максимумы слепков водоворотных ямок ориентированы, в целом, так же как и в крупноритмичных песчаных турбидитах Горинского террейна, т.е. с юга на север. В алевролитовых турбидитах ориентировки слепков водоворотных ямок стремятся к субширотному направлению (с востока на запад). Главные пики азимутов падений мелкой косо́й слойчатости в песчаных мелкоритмичных турбидитах ориентированы на северо-восток.

Ориентировки текстур в отложениях Таухинского террейна были изучены П.В. Маркевичем в бассейне р. Рудной [22] и нами в бассейне р. Маргаритовки (рис. 8). Азимутальные максимумы слепков водоворотных ямок в песчаных крупноритмичных турбидитах бассейна р. Рудной ориентированы в север-северо-восточном, север-северо-западном, а в левом борту р. Маргаритовка, также в песчаных крупноритмичных турбидитах, в север-северо-восточном направлениях. Таким образом, они, в целом, так же как и в песчаных крупноритмичных турбидитах Горинского террейна, направлены с юга на север. Помимо этого, в турбидитах бассейна р. Маргаритовки были обнаружены слепки следов волочения предметов по дну, которые также ориентированы субмеридионально. Азимутальные максимумы слепков водоворотных ямок в песчано-алевролитовых турбидитах р. Рудной ориентированы с востока на запад (рис. 8). Интересно то, что в этих же (песчано-алевролитовых) турбидитах слепки следов волочения предметов по дну имеют субширотные направления. Кроме этого, в грубокластическом флише р. Рудной П.В. Маркевичем изучены слепки водоворотных ямок (слепки с борозд размыва), ориентированные с запада на восток [22].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ ориентировок текстур. Анализ полученных ориентировок текстур во всех изученных отложениях свидетельствует, что в идентичных типах турбидитов различных террейнов южной части Дальнего Востока России установлены сходные ориентировки текстур поверхностей напластования.

Необходимо отметить, что П.В. Маркевич разрез бассейна р. Рудной Таухинского террейна датировал

готерив-барремом и апт-альбом выделяемого прежде Восточно-Сихотэ-Алинского прогиба [22]. Автор, вслед за П.В. Маркевичем, также прежде рассматривал отложения этого разреза как постготеривские [17]. Однако в результате проведенных дополнительных исследований эти отложения были отнесены к берриас-валанжину [4]. Это позволило нам установить не только сходство ориентировок гиероглифов в берриас-валанжинских разрезах Горинского и Таухинского террейнов, но и полную идентичность их отложений (циклитов). Так, песчаные турбидиты обоих террейнов являются крупноритмичными (с четко выраженными элементами А в ритмах), что очень важно при реконструкции гидродинамического режима бассейна седиментации.

Общее сходство ориентировок механоглифов в разных типах турбидитов Горинского и Таухинского террейнов позволяет предполагать и схожесть гидродинамических режимов в их седиментационных бассейнах, а, соответственно, и единые механизмы формирования турбидитов.

Таким образом, в крупноритмичных песчаных турбидитах Горинского и Таухинского террейнов слепки водоворотных ямок ориентированы одинаково в субмеридиональном (с юга на север) направлении. В турбидитах Горинского террейна также в целом с юга на север ориентированы и азимуты падений мелкой косо́й слойчатости. В песчано-глинистых турбидитах Таухинского террейна слепки водоворотных ямок ориентированы с востока на запад, слепки волочения предметов по дну – в субширотном направлении (рис. 8). Кроме этого, в отложениях грубокластического флиша этого же террейна были зафиксированы слепки водоворотных ямок, ориентированные с запада на восток.

Природа текстур. В 60-х годах прошлого столетия исследователи связывали происхождение механоглифов прежде всего с действием мутьевых (суспензионных) потоков, при этом считалось, что ориентировки механоглифов согласуются с направлениями этих потоков [30, 31]. То есть, ориентировки слепков водоворотных ямок должны были указывать на направление транспортировки обломочного материала в бассейн и, соответственно, на местоположение размывавшейся питающей провинции. Однако существовали данные, свидетельствовавшие против суспензионной гипотезы происхождения механоглифов. Многочисленные замеры ориентировок таких гиероглифов на территории Крыма, Карпат, Альп, Анд и т.д. показали, что они, как правило, ориентированы по удлинению бассейнов, хотя должны быть направлены поперек [9, 10, 26]. Кроме этого, П.В. Маркевич

считал, что в Таухинском террейне ориентировки механоглифов позволяют судить о гидродинамическом режиме в бассейне лишь только в моменты паузы между двумя мутьевыми потоками, а сами механоглифы формировались в результате постоянного донного течения [22]. В отношении косой слойчатости элемента С последовательности Боума также нет однозначного понимания. П.В. Маркевич, так же как и некоторые другие исследователи [9, 10, 26], не связывал ее образование с суспензионной гипотезой, относя к турбидитам лишь 1-й и 2-й элементы ритмов. При образовании вышележащих элементов, в том числе и косослоистых серий, по его мнению, решающее значение имели постоянные донные течения и продольные мутьевые потоки, ориентированные вдоль турбидитового бассейна [22].

Вместе с тем, дальнейшее изучение турбидитов закрепило позицию суспензионной теории. Большинство исследователей, в том числе и автор, считают, что толщи турбидитов, представляющие собой ритмичные образования с последовательностью А. Боума, являются отложениями эпизодических мутьевых потоков [25, 27, 28]. Таким образом, в настоящее время весь спектр ритма, в том числе и интересующие нас косослоистые серии мелкой ряби течения элемента С, интерпретируется как результат изменения гидродинамического режима мутьевого потока [13, 25, 27, 28]. В связи с признанием турбидитовой природы флиша, происхождение водоворотных ямок также связывается с мутьевыми потоками.

Механизм меловой турбидитовой седиментации Нижнего Приамурья напрямую связывается с гидродинамическим режимом в бассейне седиментации. Для оценки этого режима были изучены механоглифы (слепки водоворотных ямок) и косая слойчатость мелкой ряби течений, широко развитые в берриас-валанжинских турбидитах Горинского террейна [15, 16]. Анализ полученных результатов показал, что их ориентировки совершенно идентичны ориентировкам гиероглифов в берриас-валанжинских отложениях Таухинского террейна Южного Приморья, что позволяет предполагать схожесть их гидродинамических режимов и, соответственно, механизмов седиментации.

Расшифровкой механизма образования меловых турбидитов Таухинского террейна в 60–70 годах прошлого столетия занимался П.В. Маркевич [22]. Он полагал, что флишевые отложения Таухинского террейна накапливались в восточной части морского бассейна [22]. На западе бассейн примыкал к Евразийской континентальной суше, а на востоке ограничивался поднятием, которое и являлось основной

питающей провинцией [22]. В бассейне постоянно циркулировали меридиональные донные течения, ориентированные вдоль его оси, с юга на север. Донные течения разносили поступающий с питающей провинции тонкозернистый обломочный материал, создавая постоянный фон осадконакопления. Иногда осадконакопление прекращалось, сменяясь периодами размыва ранее накопившегося осадочного материала. В периоды усиления тектонической активности в области питания осадки шельфа сбрасывались по склону в западном направлении в глубоководные части моря. По мнению П.В. Маркевича: «... материал подводных оползней сгружался непосредственно у основания склона или на небольшом удалении от него, образуя скопления подводнооползневых брекчий. Мутьевые потоки транспортировали материал дальше, в более глубокие части моря, постепенно разгружаясь в соответствии с законами гравитации и нарушая нормальное осадкообразование. В результате происходило относительное быстрое накопление зернистой части ритмов флиша. Осаждение материала при этом обусловлено гидродинамическим режимом, установившимся в результате взаимодействия мутьевых потоков, направленных вниз по склону и стремящихся сохранить свое прежнее направление, с постоянными донными течениями, ориентированными в основном по простиранию склона» [22]. Таким образом, согласно П.В. Маркевичу, на наиболее близком расстоянии от подножья континентального склона формируется грубокластический, песчаный и песчано-глинистый крупноритмичный флиш с горизонтами подводнооползневых брекчий, а на большем удалении – песчано-глинистый мелкоритмичный [22].

Предложенная П.В. Маркевичем схема образования турбидитов вполне понятна и логична. Однако в ней не нашли объяснения восточные ориентировки слепков водоворотных ямок (слепков с борозд размыва) в грубокластической флише (фиг. 31, П.В. Маркевич, [22]). Также, согласно этой схеме образования турбидитов, в зоне, наиболее удаленной от континентального склона, формируется песчано-глинистый тонкоритмичный флиш с меридиональными (с юга на север) ориентировками слепков водоворотных ямок. Осаждение осадков осуществлялось из продольных (вдоль оси бассейна) мутьевых потоков, полностью находящихся под влиянием постоянных донных течений. Однако на схеме ориентировок механоглифов (фиг. 31, П.В. Маркевич, [22]) с меридиональными ориентировками гиероглифов (с юга на север) показан песчаный флиш, а песчано-глинистый флиш на ней имеет перпендикулярное направление слепков водоворотных ямок, с востока на запад.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе схожих ориентировок механоглифов в разных типах турбидитов Горинского и Таухинского террейнов, а также учитывая то, что в грубокластических циклитах Таухинского террейна слепки водоворотных ямок ориентированы с востока на запад, можно сформулировать обновленную схему гидродинамического режима и, соответственно, механизм образования берриас-валанжинских турбидитов.

У подножья континентального склона Евразийского континента в виде крупномасштабного вихря постоянно циркулировали донные течения. Идея существования этого вихря высказывалась автором и ранее, в работах [17, 19].

Кластический материал, накопившийся на континентальном склоне в виде оползней, обвалов и мутьевых потоков, перемещался в восточном направлении к его подножью. Грубый материал оползней сгружался в первую очередь, а более тонкий осадок транспортировался мутьевыми потоками дальше на восток в более глубокие части бассейна. У подножья склона мутьевые потоки взаимодействовали с донными течениями. Из наиболее энергетичных (высокоскоростных) потоков, ориентированных с запада на восток, отлагались грубокластические турбидиты. При движении дальше на восток мутьевые потоки, ослабевая, отклонялись сначала до субмеридионального (с юга на север), а затем и до субширотного (с востока на запад) направления. В результате из субмеридиональных мутьевых потоков отлагались песчаные турбидиты, а из субширотных – песчано-глинистые и алевро-глинистые циклиты. В моменты ослабления тектонической активности в регионе и, соответственно, уменьшения влияния мутьевых потоков в бассейне циркулировали лишь донные течения, формировались маломощные горизонты контуритов. Область накопления песчаных турбидитов в дальнейшем могла стать ареной накопления песчано-глинистых и алевро-глинистых турбидитов и наоборот. В итоге, в результате частой смены гидродинамического режима, сформировался разрез отложений, представленный чередованием разнотипных турбидитов и, в меньшей степени, контуритов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает признательность и благодарность рецензенту рукописи А.И. Малиновскому, чьи замечания способствовали улучшению качества представляемого материала. Исследование поддержано Российско-Японской программой научного сотрудничества между РФФИ (грант №21-55-50001) и JSPS (грант №120214804). Базовое финансирование – за

счет субсидий на выполнение госзадания ИТиГ ДВО РАН (тема НИР № 121021000095-1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вассоевич Н.Б. Флиш и методика его изучения. М.: Гостоптехиздат, 1948. 216 с.
2. Вассоевич Н.Б. Условия образования флиша. Гостоптехиздат. 1951. 239 с.
3. Вассоевич Н.Б. О некоторых флишевых текстурах (знаках) // Тр. Львовского геол. общ-ва. Сер. геол. 1953. Вып. 3. С. 17–85.
4. Голозубов В.В. Тектоника юрских и нижнемеловых комплексов северо-западного обрамления Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2006. 239 с.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000. Лист М-53 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Хабаровск: Объясн. зап. СПб.: Изд-во СПб. картфабрика ВСЕГЕИ, 2009. 376 с.+3 вкл.
6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000. Лист М-54 (третье поколение). Серия Дальневосточная / Сост. В.А. Дымович. Хабаровск. СПб.: Изд-во СПб. картфабрика ВСЕГЕИ, 2013.
7. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000. Лист N-54 (третье поколение). Серия Дальневосточная / Сост. Л.И. Шаруева. Хабаровск. СПб.: Изд-во СПб. картфабрика ВСЕГЕИ, 2016.
8. Градзинский Р., Костецкая А., Родомский А., Унгур Р. Седиментология. М.: Недра, 1984. 644 с.
9. Гроссгейм В.А. Донные течения олигоценного бассейна Восточных Карпат // Докл. АН СССР. 1963. Т. 151, № 2. С. 402–404.
10. Гроссгейм В.А. О характере течений во флишевых бассейнах. Бюл. МОИП, отд. геол. 1963. Т. XXXVIII. Вып. 1. С. 17–30.
11. Кайдалов В.А., Анойкин В.И., Беломестнова Т.Д. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:200 000. Лист М-54-I: Объясн. зап. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 185 с.
12. Кайдалов В.А., Анойкин В.И., Беломестнова Т.Д. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:200 000. (Издание 2-ое). Серия Николаевская. Лист N-54-XXXII. СПб.: ВСЕГЕИ, 2011 г.
13. Кеннет Дж.П. Морская геология. В 2 т. М.: Мир, 1987. Т. 1, 397 с.; Т. 2, 384 с.
14. Кудымов А.В. Раннемеловые турбидиты Северного Сихотэ-Алиня: строение, вещественный состав, обстановки осадконакопления // Тихоокеан. геология. 2001. Т. 20, № 5. С. 72–83.
15. Кудымов А.В. Флиш Нижнего Амура // Тектоника, глубинное строение и геодинамика Востока Азии: III Косыгинские чтения. Хабаровск, 2001. С. 89–93.
16. Кудымов А.В. Строение нижнемеловых отложений Восточно-Сихотэ-Алинского прогиба и его тектоническая природа (на примере Северного Сихотэ-Алиня): Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Хабаровск, 2002. 23 с.
17. Кудымов А.В. Условия седиментации в готерив-сеноманском морском бассейне Сихотэ-Алиня и Нижнего Приамурья (Дальний Восток) // Тихоокеан. геология. 2009. Т. 28, № 6. С. 102–114.

18. Кудымов А.В., Войнова И.П., Тихомирова А.И., Диденко А.Н. Геология, геохимия и палеомагнетизм пород утицкой свиты (Северный Сихотэ-Алинь) // Тихоокеан. геология. 2015. Т. 34, № 5. С. 3–18.
19. Кудымов А.В. Механизм меловой турбидитовой седиментации Сихотэ-Алиня // Тектоника, глубинное строение и геодинамика Востока Азии: X Косыгинские чтения. Хабаровск, 2019. С. 61–63.
20. Кудымов А.В., Песков А.Ю., Диденко А.Н. Тектоническая природа и палеогеографические аспекты меловой седиментации Западного Сихотэ-Алиня и Нижнего Приамурья: Материалы VI Всерос. конф. с международным участием «Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит». Владивосток, ДВГИ РАН: Изд-во Дальневост. федерал. ун-та. 2023. С. 67–72. ISBN 978-5-7444-5547-7. DOI <https://doi.org/10.24866/7444-5547-7>.
21. Кудымов А.В., Диденко А.Н., Песков А.Ю. Тектоническая природа и геодинамические аспекты меловой седиментации Западного Сихотэ-Алиня и Нижнего Приамурья // Тихоокеан. геология. 2024. Т. 43, № 6. С. 42–71.
22. Маркевич П.В. Нижнемеловая флишевая формация Восточного Сихотэ-Алиня. Владивосток, 1970. 115 с.
23. Песков А.Ю., Диденко А.Н., Кудымов А.В., Каретников А.С., Архипов М.В. Петромагнетизм и петрохимия песчанников горинской и пионерской свит Журавлевско-Амурского террейна (Северный Сихотэ-Алинь) // Тихоокеан. геология. 2019. Т. 38, № 6. С. 69–80.
24. Рейнек Г.Э., Сингх И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления. М.: Недра, 1981. 439 с.
25. Романовский С.И., Тараканов А.С., Бергер В.И. Литогеодинмический анализ угленосных и турбидитных формаций. Метод. Рекомендации. Л. 1990. 116 с.
26. Сасинович В.С. К характеристике строения и условий накопления флишевых толщ кросенской серии в районе Белый Черемош и Путила // Геол. журн. АН УРСР. Вып. 4. 1963. С. 79–82.
27. Сели Р.К. Введение в седиментологию. М. 1981. 370 с.
28. Стоу Д.А. Морские глубоководные терригенные отложения // Обстановки осадконакопления и фации. Т. 2. М.: Мир, 1990. С. 141–194.
29. Bouma A.N. Sedimentary of some flysh deposits. Amsterdam, Elsvier Pab. Co. 1962. 169 p.
30. Dzulynski S. New data on experimental production of sedimentary structures // J. Sedim. Petrol. 1965. V. 35, N 1.
31. Jaworowski K. Mieszane zespoły hieroglifowe ze śladami rozmywania wcześniejszymi od śladów przedmiotów // Kwartalnik Geologiczne. 1966. T. 10, N 4.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

после доработки 26.07.2024 г.

принята к печати 20.11.2024 г.

THE MECHANISM FOR CRETACEOUS TURBIDITE DEPOSITION IN LOWER PRIAMURYE

A. V. Kudymov

Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia; e-mail: kadi77760@mail.ru

The mechanism for deposition of Cretaceous turbidites in Lower Priamurye, just like all turbidites in general, is based on the hydrodynamic regime in the basin of their accumulation. The scheme of the hydrodynamic regime of turbidite sedimentation is given using the Berriasian-Valanginian basin of the Gorinsky terrane as an example. Sediments from the eastern margin of the Eurasian continent accreted at the continental slope to be moved eastward to its base by turbidity currents created by submarine slumping of sediments. The coarse material of the landslides settled out first, and fine-grained particles were carried by turbidity currents further east into the deeper parts of the basin. At the base of the slope, turbidity currents interacted with bottom currents which would circulate at the base of the continental slope as large-scale eddies. Coarse-grained clastic turbidites were deposited from the highly turbulent (high-velocity) flows oriented from west to east. As they moved further east, the turbidity currents weakened and deviated to acquire first a submeridional (from south to north) orientation and then a sublatitudinal (from east to west) orientation. As a result, sandy turbidites were deposited from submeridional turbidity currents, while sandy-clay and silty-clay cyclites from sublatitudinal currents. During periods of the generally diminished tectonic activity in the region when the influence of turbidity currents decreased, only bottom currents circulated in the basin to form narrow horizons of contourites. The area where sandy turbidites accumulated could later on become an arena for the accumulation of sandy-clay and silty-clay turbidites and vice versa. As a result of frequent changes in the hydrodynamic regime, a sedimentary section was formed represented by alternation of different-type turbidites and, to a lesser extent, contourites.

Key words: turbidite, mechanoglyphs, cross-bedding, hydrodynamic regime, Lower Priamurye.