

## УСЛОВИЯ СЕДИМЕНТАЦИИ В ГОТЕРИВ-СЕНОМАНСКОМ МОРСКОМ БАССЕЙНЕ СИХОТЭ-АЛИНЯ И НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК)

*А.В. Кудымов*

*Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск*

Поступила в редакцию 14 мая 2007 г.

Получены близкие ориентировки механоглифов и косой слойчатости в готерив-сеноманских осадках амурского и журавлевско-тумнинского турбидитовых комплексов. Они предполагают сходные гидродинамические режимы осадконакопления. Эти отложения представляют собой образования гравитационных потоков, меньше – донных течений и фоновой седиментации. Осадки Журавлевско-Тумнинского прогиба накапливались на северо-западной окраине палеоконтинента, в непосредственной близости от подножья его континентального склона. Полученные данные по ориентировкам механоглифов и косой слойчатости предполагают существование крупномасштабного вихря постоянных донных течений. Направление донного течения вдоль подножья питающей провинции (самая внешняя ветвь вихря) было северо-восточное. При удалении от подножья направление донного течения менялось на северное, затем и на западное. Обломочный материал по континентальному склону транспортировался с юго-востока в северо-западном направлении в глубоководные части бассейна. В зоне подножья континентального склона происходило взаимодействие мутьевых потоков с донными течениями. Песчаные турбидиты накапливались из отклонившихся, меридиональных мутьевых потоков, а песчано-аргиллитовые, алевро-аргиллитовые циклиты – из наиболее ослабленных субширотных потоков. В периоды пауз между мутьевыми потоками в обстановке циркуляции донных течений формировались контуриты и фоновые осадки.

**Ключевые слова:** турбидит, механоглифы, косая слойчатость, гидродинамический режим, нижний–верхний мел, Сихотэ-Алинь, Нижнее Приамурье, Дальний Восток.

### ВВЕДЕНИЕ

Изучение гидродинамического режима готерив-сеноманского (как и более раннего) морского бассейна осадконакопления Сихотэ-Алиня и Нижнего Приамурья является ключевым в понимании механизма образования ритмичности, а также способов транспортировки и накопления осадков, то есть, по сути дела, в проблеме происхождения флиша и сопутствующих образований. Несмотря на многочисленные исследования, эта проблема до сих пор остается нерешенной и продолжает вызывать довольно оживленную дискуссию. Кроме этого, с изучением гидродинамического режима тесно связаны вопросы источников питания, а в итоге и оценка геотектонической обстановки в области осадконакопления, которая до сих пор также является проблематичной.

В основу статьи положены личные материалы автора, принимавшего участие в геологосъемочных

работах в конце 90-х годов прошлого века и в начале 2000-х годов на Северном Сихотэ-Алине (Бута-Коппинский район) и на Нижнем Амуре (водораздел рек Амур – Лимури) [10, 11], а также материалы П.В. Маркевича, проводившего исследования в 60-х годах прошлого века на юге Сихотэ-Алиня, в Дальнегорском районе [13].

### ПОЛОЖЕНИЕ ГОТЕРИВ-СЕНОМАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В СТРУКТУРЕ СИХОТЭ-АЛИНЯ И НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ

Готерив-сеноманские отложения на Сихотэ-Алине и Нижнем Приамурье имеют широкое распространение. Они представлены осадочными, вулканогенно-осадочными образованиями и в разных объемах включены в самаркинский, амурский и в журавлевско-тумнинский комплексы. Их мощность в журавлевско-тумнинском турбидитовом комплексе совместно с берриас-валанжинскими осадками состав-

ляет около 10 км [16–18] (рис. 1). Согласно недавно изданной монографии [4], на рассматриваемой территории выделяются Журавлевско-Амурский террейн и альб-сеноманский осадочный бассейн вдоль р. Амур. На схеме структурно-седиментологического районирования П.В. Маркевича и др. [15], Журавлевско-тумнинскому турбидитовому комплексу соответствует Восточно-Сихотэ-Алинский прогиб с Коппи-Лужкинской и Кемской зонами, а также Тумнинская и Горинская зоны Западно-Сихотэ-Алинского прогиба. Прогибы разделены Центрально-Сихотэ-Алинским поднятием, также разделенным на зоны.

Журавлевско-тумнинский комплекс, распространенный восточнее самаркинского, непрерывной полосой протягивается через весь Сихотэ-Алинь. Амурский комплекс прослеживается в северо-восточном направлении к западу от Самаркинского комплекса. Отложения журавлевско-тумнинского и амурского комплексов представлены глубоководными осадками, преимущественно гравитационных потоков, меньше – контурных течений (контуриты) и фоновой седиментации [11]. Среди отложений гравитационных потоков резко преобладают турбидиты (образования разноплотностных потоков). В аптских и альбских образованиях иногда встречаются покровы базальтов [15].

#### СТРАТИГРАФИЯ ОТЛОЖЕНИЙ, ГЛАВНЫЕ ТИПЫ И РАЗНОВИДНОСТИ ПОРОД Полигон I

Осадочные отложения, изученные на юге Сихотэ-Алиня, в Дальнегорском районе Журавлевско-Тумнинского прогиба (Кемская зона Восточно-Сихотэ-Алинского прогиба, по [15], полигон I, рис. 1) представлены готерив-барремскими отложениями усть-колумбинской и меандровской свит, и апт-нижеальбскими образованиями кемской свиты [15].

**Усть-колумбинская свита** сложена преимущественно песчаным двух-, реже трехкомпонентным флишем [1, 2, 13, 15]. В основании разреза свиты по р. Рудной залегает пачка мощностью более 200 м песчаного флиша с нечеткой ритмичностью и с пакетами переслаивания песчаников и алевролитов. Песчаники от средне- до мелкозернистых, массивные и горизонтально-слоистые. В подошве некоторых ритмов – растительный детрит. Выше залегает пачка (170 м) песчано-аргиллитового флиша. Мощность ритмов здесь составляет 0.1–0.4 м при преобладании алевроаргиллитов над песчаниками в 3–4 раза. Продолжают наращивать разрез свиты средне- и мелкозернистые песчаники (100 м) и мощная пачка песчаного флиша (450 м). Мощность ритмов в последних – 1–9 м, песчаники преобладают над алевроаргиллитами в 3–5 раз.

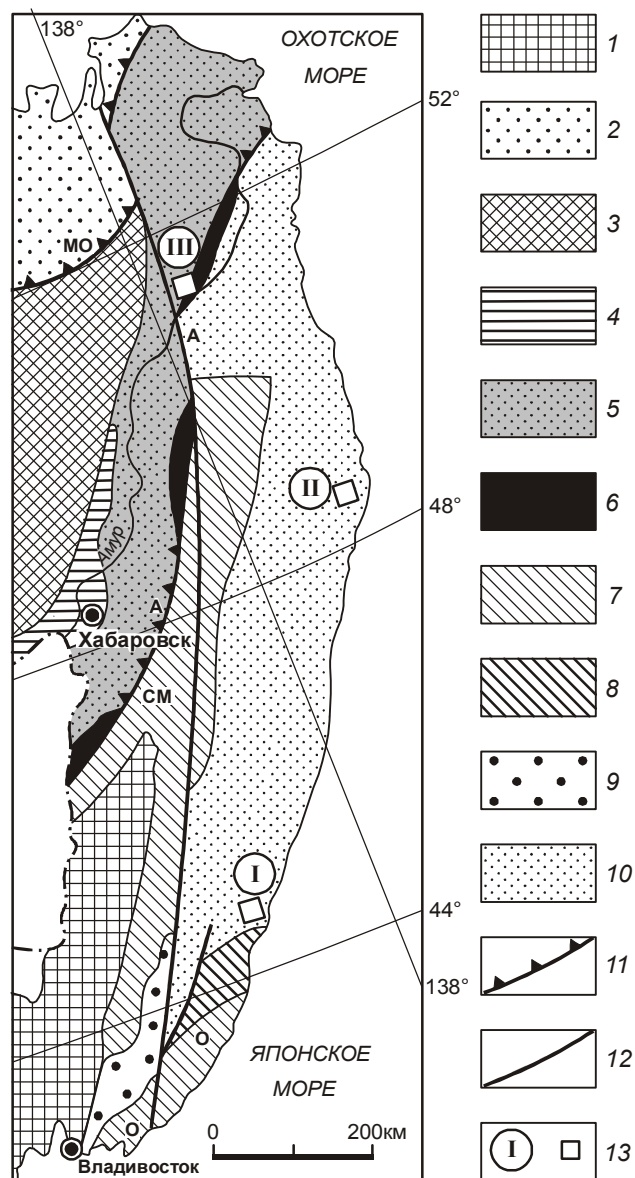


Рис. 1. Главные тектонические единицы юга Дальнего Востока, по Б.А. Натальину и др. [16–18].

1 – Ханкайский массив, 2 – ульбанский палеозойско-мезозойский аккреционный комплекс Монголо-Охотского орогенного пояса, 3 – Баджальская аккреционная складчатая система, 4–6 – аккреционный клин Хингано-Охотской активной континентальной окраины: 4 – юрско-раннемеловой хабаровский комплекс, 5 – раннемеловой амурский комплекс, 6 – апт-альбский киселевско-маноминский комплекс; 7 – юрские аккреционные комплексы (самаркинский – СМ, ольгинский – О); 8 – раннемеловой таухинский аккреционный комплекс; 9 – докембрийско-раннепалеозойский Сергеевский террейн; 10 – журавлевско-тумнинский турбидитовый комплекс; 11 – сутуры: МО – Монголо-Охотская, А – Амурская; 12 – главные разломы; 13 – местоположение районов исследований: I – Южный Сихотэ-Алинь (Дальнегорский район) [15], II – Северный Сихотэ-Алинь (бассейн среднего течения р. Коппи, выше руч. Бяполи), III – Нижнее Приамурье (междуречье Амур – Лимури).

Выше согласно залегает толща с готерив-барремской фауной, благодаря которой устанавливается возраст описанной свиты.

**Меандровская свита**, согласно залегающая на усть-колумбинской свите, в целом представлена песчано-аргиллитовым флишем с пластами песчаников и алевроаргиллитов. В бассейне р. Рудной она представлена двумя фрагментами [15]. Первый фрагмент (низовья руч. Березового) определяет нижнюю часть свиты. Внизу здесь залегает песчано-аргиллитовый флиш (60 м) с резким преобладанием алевроаргиллитов в ритмах мощностью 0.3–0.8 м. Выше разрез продолжается аналогичным флишем (120 м), но с прослоями песчаников мощностью до 1.0 м. Завершает описываемую часть свиты опять песчано-аргиллитовый флиш (более 150 м), с ритмами мощностью 0.5–1.2 м. В алевроаргиллитах обнаружены крупные (до 55 см) остатки иноцератов. Второй фрагмент разреза, изученный южнее пос. Краснореченск по руч. Меандровому, соответствует верхней части свиты. Здесь, снизу вверх, можно наблюдать массивные алевроаргиллиты (70 м) и песчано-аргиллитовый флиш (230 м). Алевроаргиллиты содержат прослой (5–10 см) мелкозернистых песчаников. Флиш содержит ритмы, в основании которых отмечаются гравелиты 2–5 см, а в верхней части встречены конкреции известковых аргиллитов с остатками аммонитов и брахиопод.

**Кемская свита** в Дальнегорском районе представлена нижней частью (нижнекемская подсвита), которая согласно залегает на меандровской свите. Сложена она песчаным, меньше песчано-аргиллитовым флишем. Вверху подсвиты отмечаются пласты алевроаргиллитов и слои гравелитов в составе грубокластического флиша.

По характеру чередования, мощности и строению ритмов, как видно из вышеприведенного описания свит, флиш П.В. Маркевичем [13] разделен на **три типа**: песчаный, песчано-глинистый (песчано-аргиллитовый) и грубокластический.

Песчаный флиш характеризуется преобладанием песчаников как в целом по разрезу, так и в строении большинства ритмов. Песчаный флиш разделен на несколько разновидностей: крупноритмичный, неравномерно-ритмичный и резко неравномерно-ритмичный. Крупноритмичный песчаный флиш – наиболее распространенная разновидность. Для него характерны крупно- и равномерно-ритмичные серии, образованные пластами песчаника средней мощностью 2 м, разделенные прослоями мощностью от 2 до 40 см алевроаргиллитового состава. Неравномерно-ритмичный флиш характеризуется меняющейся в

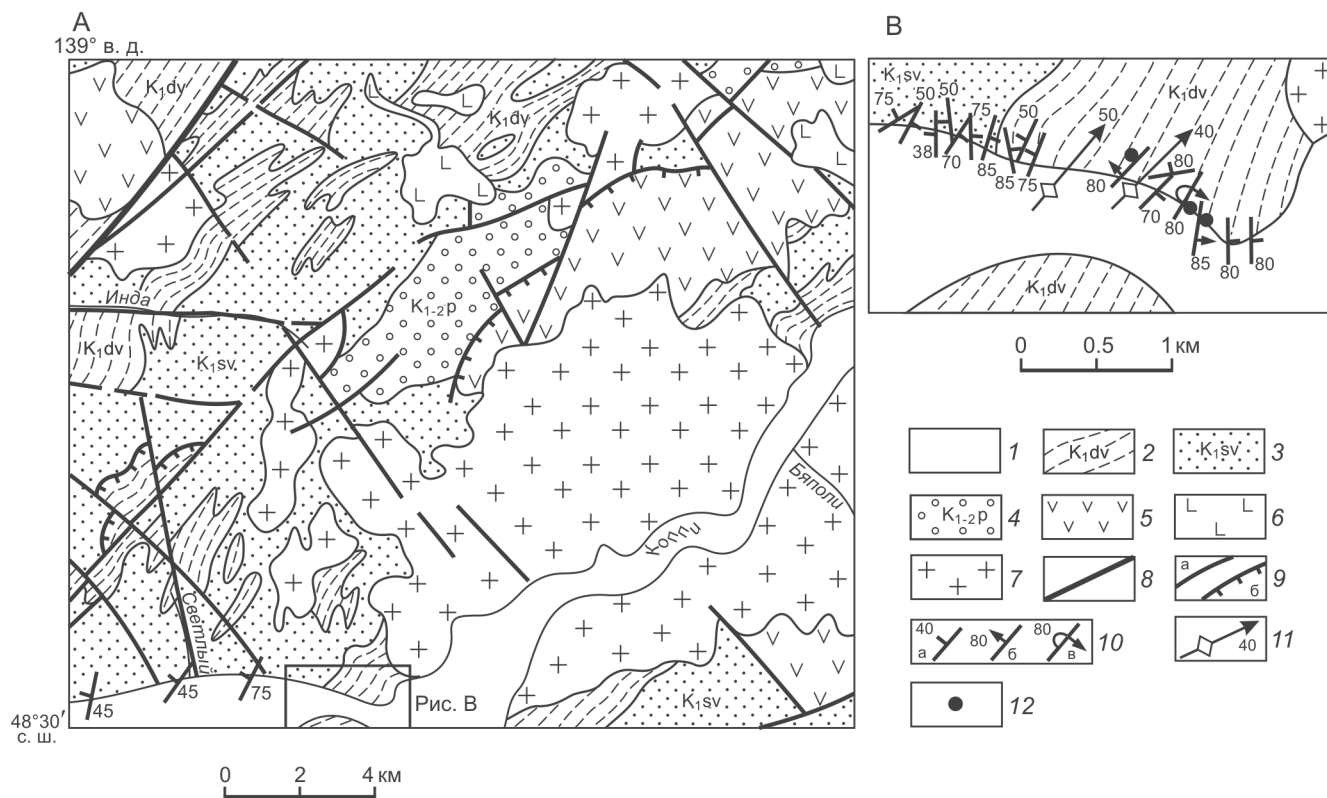
широких пределах мощностью ритмов (от нескольких см до нескольких дцм и даже метров). Резко неравномерно-ритмичный флиш характеризуется содержанием в мелкоритмичном флише более мощных ритмов, от одного до нескольких дециметров.

Песчано-глинистый флиш слагает преимущественно среднюю часть изученного разреза. В песчано-глинистом флише П.В. Маркевич выделяет две разновидности: крупноритмичный и мелкоритмичный. Для крупноритмичного песчано-глинистого флиша характерно соотношение песчаник/алевроаргиллит примерно 1:1, при средней мощности ритмов около 70 см. Мелкоритмичный песчано-глинистый флиш характеризуется меньшей мощностью ритмов, которая составляет 35–70 см.

Грубокластический флиш характеризуется присутствием в основании ритмов гравелитов или мелкогалечных конгломератов. Мощность нижних элементов ритмов варьирует от первых см до 4 м. Кроме этого, характерно крайне беспорядочное чередование ритмов с различным строением и мощностями.

## Полигон II

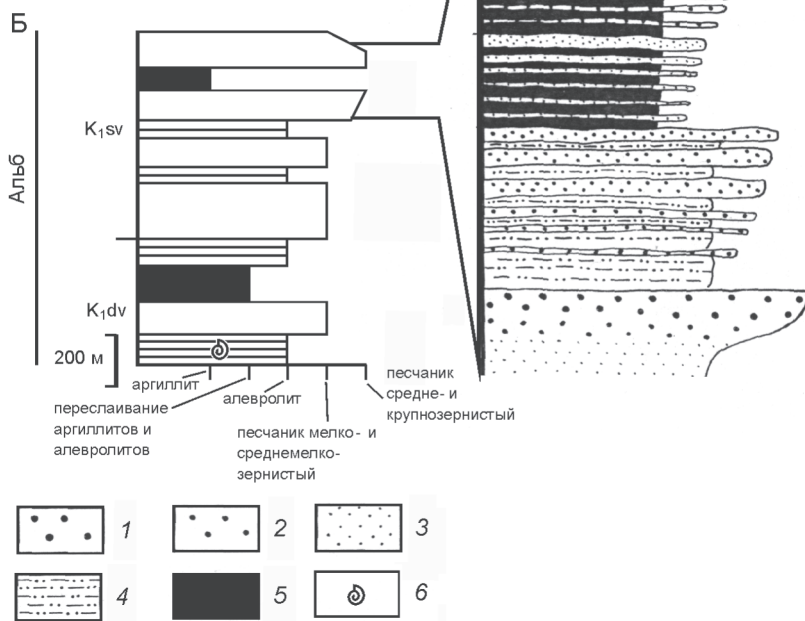
Изученные осадки бассейна среднего течения р. Коппи, Северного Сихотэ-Алиня, Журавлевско-Тумнинского прогиба (полигон II, рис. 1) представлены ниже-среднеальбскими ритмично-слоистыми образованиями дивнинской и светловоднинской свит (рис. 2). Дивнинская свита сложена преимущественно переслаивающимися мелкозернистыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Вышележащая светловоднинская свита сложена в основном песчаниками – от мелко- до крупнозернистых и гравийных разновидностей. Песчаники содержат пласты (0.1–2 м) алевролитов и алевроаргиллитов. Предполагается, что в генетическом отношении рассматриваемые отложения представляют собой турбидиты [10] и контуриты [11]. Турбидиты бассейна р. Коппи относятся как к песчаным, так и к песчано-аргиллитовым (по П.В. Маркевичу [12] – песчано-глинистый флиш) и алевроаргиллитовым типам. В них развиты ритмы с элементами “последовательности А. Боума” [27], которые характеризуют различные режимы транспортирующего водного потока. В дивнинской свите преобладают песчано-аргиллитовые, алевроаргиллитовые турбидиты и контуриты. Турбидиты имеют в основном ритмы с элементами **cd**, **bcd** последовательности А. Боума, мощность которых от 3–7 до 22 см; более полные последовательности редки. Для светловоднинской свиты характерны песчаные турбидиты с элементами **abc** и **bcd**, мощность которых до 1 м, редко больше.



**Рис. 2.** Схема геологического строения бассейна среднего течения р. Коппи (А, В) и стратиграфическая колонка нижнемеловых отложений (Б).

А, В. 1 – четвертичные аллювиальные отложения, 2–3 – альбские терригенные отложения: 2 – диввинская свита ( $K_1dv$ ), 3 – светловоднинская свита ( $K_1sv$ ); 4 – альб-сеноманские вулканогенно-терригенные отложения (песчаниковая толща,  $K_{1-2p}$ ), 5 – поздний мел–палеогеновые вулканиты и комагматичные им субвулканические интрузии, 6 – неоген-четвертичные базальтоиды, 7 – поздний мел–палеогеновые интрузии гранитоидов, 8 – главный разлом, 9 – разрывные нарушения, крутые (а) и наклонные (б); 10 – залегание слоистости с неустановленной полярностью “кровля-подошва” (а), нормальное (б), опрокинутое (в); 11 – шарниры (стрелка) и крутые осевые поверхности складок, 12 – места, где производились замеры косо́й слоистости.

Б. 1–3 – песчаники: 1 – крупнозернистые и гравийные, 2 – средне-мелкозернистые, 3 – мелкозернистые; 4 – ритмичное переслаивание мелкозернистых песчаников (10–80 см) и алевролитов (5–30 см); 5 – тонкоритмичное переслаивание алевролитов и аргиллитов; 6 – остатки фауны.





В береговых обнажениях р. Коппи, между руч. Инда и Светлый, в верхней части светловоднинской свиты (рис. 2) выделяются несколько седиментационных циклов [10] с общим погрубением материала, увеличением мощности и количества песчаных слоев в каждом цикле снизу вверх. Их можно интерпретировать как наступающие проксимальные наносы глубоководного конуса выноса [26].

### Полигон III

В Нижнем Приамурье (междуречье Амур – Лимури) в пределах полигона III (рис. 1), по данным В.А. Кайдалова (устное сообщение), распространены ниже-верхнемеловые морские терригенные отложения жорминской толщи, силасинской и утицкой свит (рис. 3). Обладая устойчивыми северо-западными падениями, разрез комплекса омолаживается в противоположном направлении, что с учетом структурных исследований [16] отражает последовательную аккрецию и рост комплекса в юго-восточном направлении.

Апт-нижнеальбская жорминская толща разделена на нижнюю и верхнюю подтолщи. Нижняя подтолща сложена в основном конгломератами, меньше алевролитами и седиментационными брекчиями, верхняя – песчаниками, алевролитами, пачками их переслаивания. Вышезалегающая силасинская свита расчленена на две подсвиты. Нижняя подсвита представлена алевролитами, реже песчаниками, пачками их ритмичного переслаивания, туфами среднего и кислого состава; верхняя – алевролитами и песчаниками, пачками их ритмичного переслаивания, силицифицированными туффитами и туфами среднего состава. В описываемых отложениях свиты собрано достаточное количество фауны, причем большая ее часть – в верхней подсвите. В нижней подсвите она была обнаружена лишь только в ее низах. Фауна, найденная в нижней подсвите, отнесена к альбу, в верхней – к сеноману (Калинин Е. А., 2006 г.). Таким образом, рассмотренные морские отложения нижней подсвиты отнесены к альбу–сеноману, а верхней подсвиты – к сеноману (устное сообщение В. А. Кайдалова, 2007 г.).

Сеноманская утицкая свита, завершая разрез морских отложений и пространственно тяготея к северо-западной границе юрско-раннемеловых вулканогенно-кремнистых отложений Киселевского блока, представлена песчаниками, туфопесчаниками, туфоалевролитами, конгломератами, лавами и туфами среднего состава (устное сообщение В.А. Кайдалова, 2007 г.).

Для оценки гидродинамического режима бассейна осадконакопления нами по коренным обнажениям вдоль дороги п. Киселевка – р. Лимури изуче-

ны отложения нижней подсвиты силасинской свиты (рис. 4). Для низов изученного разреза установлено преобладание тонкослоистых алевролитов и песчано-аргиллитовых турбидитов, для верхней части – песчаных турбидитов. Тонкослоистые алевролиты содержат иногда прослойки до 1.5 см слоистых мелкозернистых песчаников и в генетическом отношении представляют собой контуриты.

Песчано-аргиллитовые турбидиты имеют как равное соотношение песчаник/алевролит-аргиллит (песчаник – 8–10 см, алевролит-аргиллит до 10 см), так и явное преобладание в ритмах алевролит-аргиллитовой составляющей, причем как в мелких (от 1–6 см до 14 см), так и в крупных (от 8 до 70 см, редко больше) ритмах. Надо отметить, что мелкоритмичные (1.5–6 см) песчано-аргиллитовые турбидиты нередко содержат через 50–90 см пласты мелкозернистых песчаников мощностью 15–30 см.

Песчаные турбидиты характеризуются преобладанием в ритмах песчаного материала. Для них свойственны ритмы с элементами **bcd**, **cd** последовательности А. Боума. Мощности ритмов в описываемых турбидитах варьируют в широком диапазоне – от 7 до 45 см. Песчаные турбидиты постоянно содержат пласты (до первых метров) мелкозернистых песчаников.

### ТЕКСТУРЫ И МЕТОДИКА ИХ ИЗУЧЕНИЯ

Текстуры, позволяющие реставрировать гидродинамический режим бассейна, разделяются на текстуры поверхностей напластования и на внутрислоистые текстуры [2, 3].

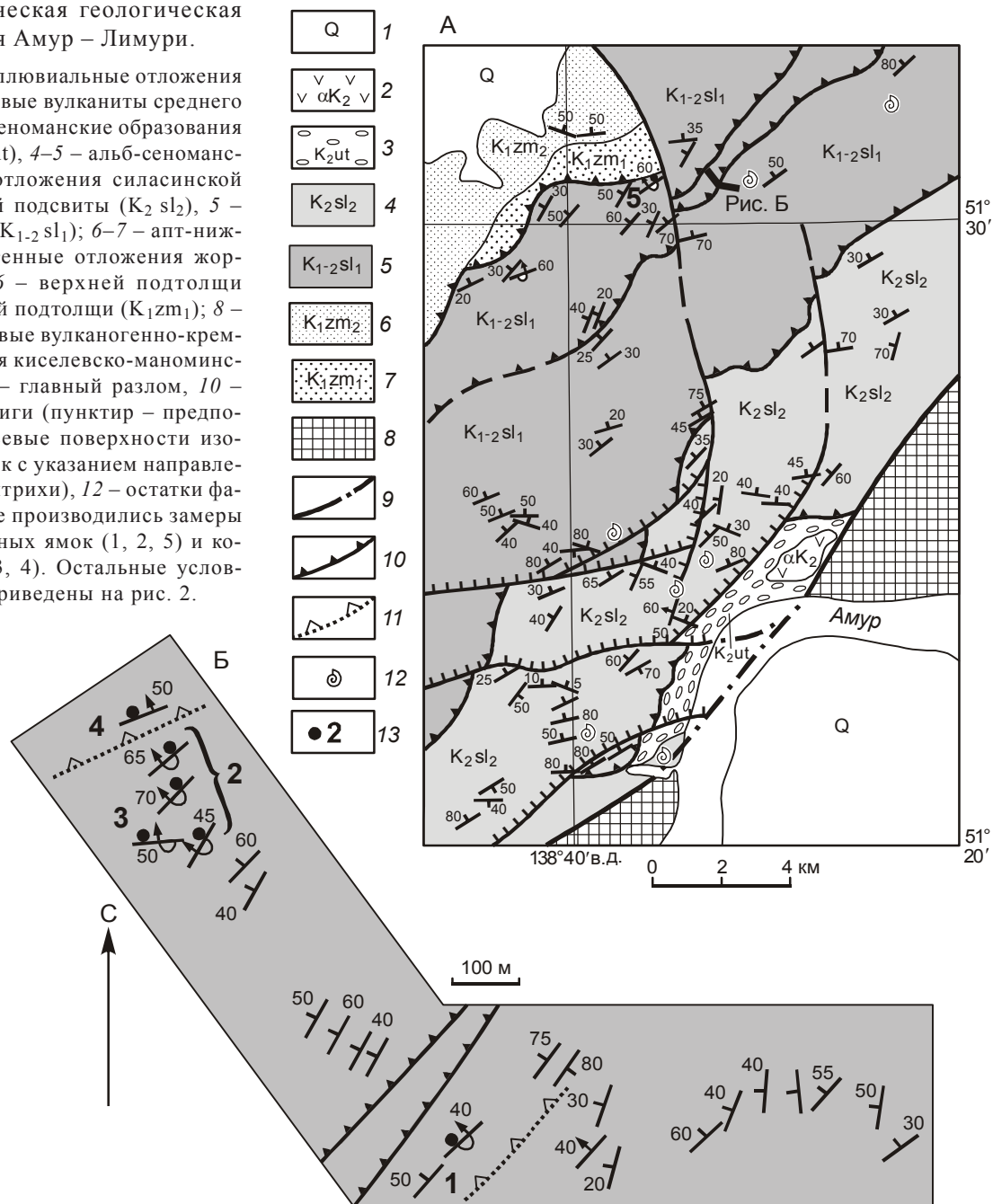
Текстуры поверхностей напластования традиционно называют гиероглифами [2, 3]. Наиболее перспективными для анализа палеопотоков являются гиероглифы течений. Они подразделяются на слепки следов течений и слепки следов волочения предметов.

Слепки следов течений – наиболее распространенные текстуры, связанные, главным образом, с эрозионной деятельностью течений, наблюдались на Нижнем Амуре и на Южном Сихотэ-Алине. Так, на Нижнем Амуре в альб-сеноманских образованиях на водоразделе рек Амур – Лимури (рис. 3) фиксировались слепки водоворотных ямок, реже слепки параллельных гребней (ложбин) [5]. В готерив-барремских и в апт-альбских образованиях Дальнегорского района Южного Сихотэ-Алиня наблюдались лишь слепки водоворотных ямок (слепки с борозд размыва) [13].

Слепки водоворотных ямок наблюдались преимущественно в песчаных турбидитах, на поверхности пластов песчаника основания ритмов, причем наиболее крупные и отчетливые отмечались в крупноритмичных турбидитах. Нами были встречены

**Рис. 3.** Схематическая геологическая карта междуречья Амур – Лимури.

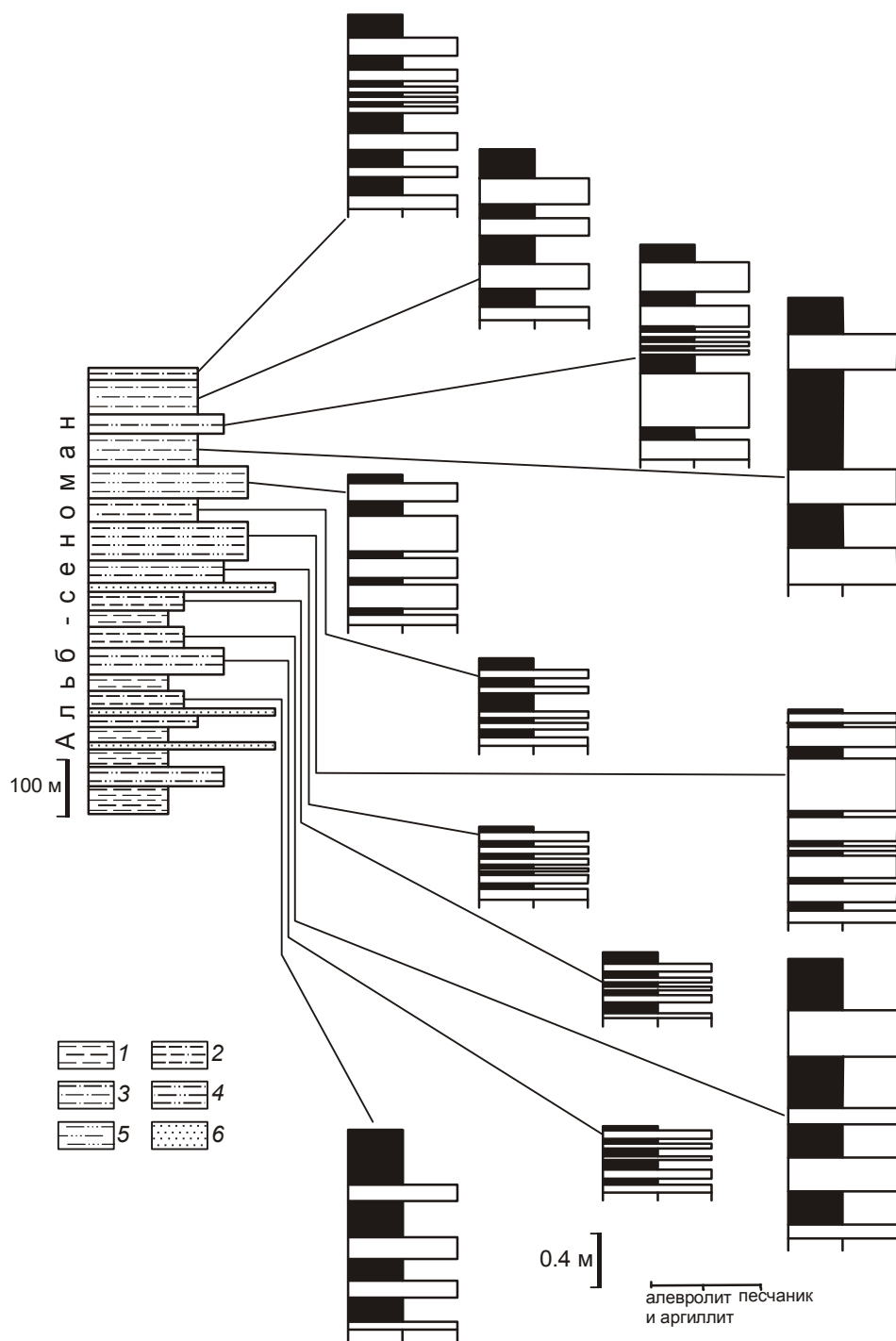
1 – четвертичные аллювиальные отложения (Q), 2 – позднемеловые вулканиты среднего состава ( $\alpha K_2$ ), 3 – сеноманские образования утицкой свиты ( $K_2 ut$ ), 4–5 – альб-сеноманские терригенные отложения силасинской свиты: 4 – верхней подсвиты ( $K_2 sl_2$ ), 5 – нижней подсвиты ( $K_{1-2} sl_1$ ); 6–7 – апт-нижнеальбские терригенные отложения жорминской толщи: 6 – верхней подтолщи ( $K_1 zm_2$ ), 7 – нижней подтолщи ( $K_1 zm_1$ ); 8 – юрские–раннемеловые вулканогенно-кремнистые образования киселевско-маноминского комплекса, 9 – главный разлом, 10 – складчатые надвиги (пунктир – предполагаемые); 11 – осевые поверхности изоклинальных складок с указанием направления падения (бергштрихи), 12 – остатки фауны; 13 – места, где производились замеры слепков водоворотных ямок (1, 2, 5) и косяй слойчатости (3, 4). Остальные условные обозначения приведены на рис. 2.



слепки водоворотных ямок преимущественно язычковые и конические, реже удлиненные симметричные [5]. Длина их колеблется от первых сантиметров до 20 см, ширина – от 0.5 до 5.0 см. Возвышаются слепки над поверхностью пласта на несколько миллиметров, редко на 1–2 см. Внутреннее строение описываемых слепков различно. Оно может быть массивным, горизонтально-слоистым, редко косо-слоистым [13].

Слепки параллельных гребней и ложбин отмечались в основном в песчано-глинистых турби-

дитах. Они представляют собой систему тонких (от первых миллиметров до 1.0 см) параллельных ложбин и гребней и свидетельствуют о том, что внутренняя структура течений имела слабо развитую турбулентность и характеризовалась большей устойчивостью и регулярностью. Структура течений представляла собой параллельные друг другу зоны, в пределах которых частицы в жидкости двигались по спиральным линиям, причем смежные спирали вращались в противоположных направлениях [5]. Эти иероглифы хоть и не указывают на



**Рис. 4.** Стратиграфическая колонка альб-сеноманских отложений нижней подсвиты силасинской свиты междуречья Амур–Лимури.

1 – алевролиты тонкослоистые с единичными прослойками (до 1.5 см) мелкозернистых песчаников, 2 – переслаивание алевролитов (аргиллитов) и песчаников с преобладанием алевролитов (аргиллитов), 3 – переслаивание алевролитов (аргиллитов) и песчаников с равным соотношением, 4 – переслаивание алевролитов (аргиллитов) и песчаников с преобладанием песчаников, 5 – переслаивание алевролитов (аргиллитов) и песчаников с резким преобладанием песчаников, 6 – песчаники мелкозернистые.

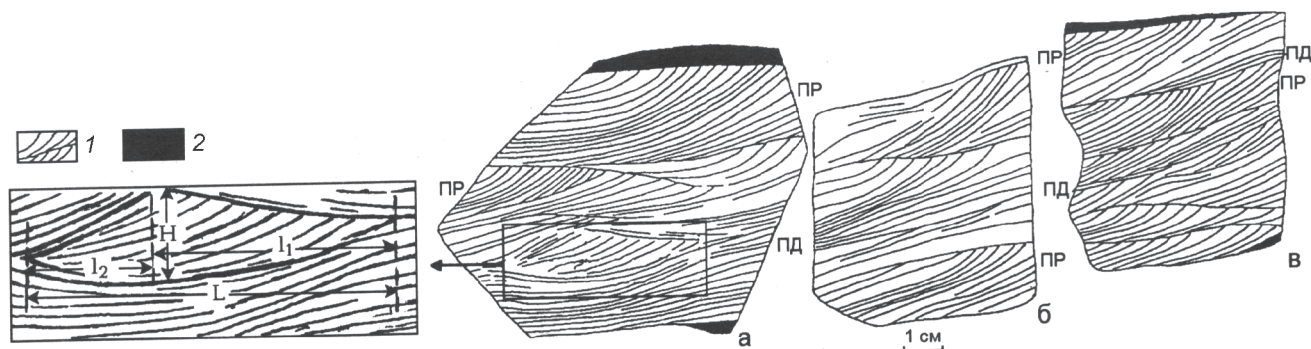
направление потоков, однако интересны для понимания их гидродинамики.

Слепки следов волочения предметов встречаются как на юге, так и на севере Сихотэ-Алиня, в Дальнегорском районе и в бассейне среднего течения р. Коппи. Они фиксировались в разных частях разреза отложений и в различных типах осадков, нередко вместе со слепами водоворотных ямок. Особенно характерны они для апт-альбских песчано-глинистых турбидитов [13].

Из внутрипластовых текстур для реконструкции гидродинамического режима бассейна наиболее интересны косая, косоволнистая слоичатость, а также конволютная слоистость.

Косая и косоволнистая слоичатости изучались на юге и севере Сихотэ-Алиня и на Нижнем Амуре.

На юге Сихоте-Алиня косая и косоволнистая слоичатости описывались в Дальнегорском районе [13]. Они совместно с волнистой и линзовидной слоичатостью, слагая элемент с последовательности



**Рис. 5.** Косая слоистость мелкой ряби течения в альбских алевро-аргиллитовых турбидитах дивнинской свиты на левобережье р. Коппи, выше руч. Бяполи.

1 – алевролиты крупнозернистые; 2 – алевроаргиллиты массивные. ПР – передовые слойки, ПД – подошвенные слойки, Н – высота ряби, L – длина ряби,  $l_1$  – горизонтальная проекция “наветренной стороны”,  $l_2$  – горизонтальная проекция “подветренной стороны”. Направление течения справа налево.

Боума [27] и образуя сложные сочетания, встречались во всех, даже в очень маломощных ритмах. Изученная слоистость обусловлена ориентированным расположением органического или терригенного материала. По масштабу косая и косоволнистая слоистость – мелкая (1.0–2.0 см), преимущественно непараллельная S-образная, реже вогнутая, вогнуто-выпуклая. Мощность слойков варьирует от долей мм до 1.5 мм. Углы наклона слойков обычно пологие – 15–20°, реже – 30–35°. Толщина слойков может быть выдержанная или неравномерно изменяющаяся. Границы серий вогнутые или полого S-образные. Размеры серий разные, строение в пределах одной серии всегда однотипное. По форме серии меняются от линзовидных – в случае S-образных границ серий, до клиновидных – при вогнутой границе. Главной особенностью описываемой слоистости является преимущественное однонаправленное падение слойков, хотя в единичных сериях отмечается и обратное падение слойков

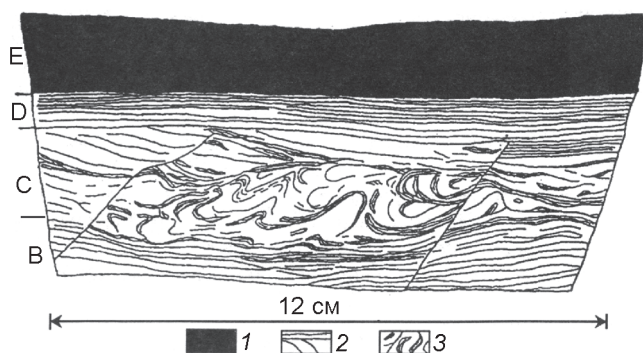
На Северном Сихотэ-Алине, в береговых обнажениях р. Коппи, выше руч. Бяполи в альбских алевро-аргиллитовых турбидитах дивнинской свиты, как выше отмечалось, нами наблюдались пласты крупнозернистых косослоистых алевролитов, мощностью от 3–7 см до 22 см (рис. 5). Отмеченные косослоистые серии, слагая элемент с турбидитных ритмов, ориентированы одинаково, ограничены плоскими поверхностями и сформировались, вероятно, так же как и на Южном Сихотэ-Алине, в результате миграции мелкой ряби течения [20]. Длина ряби – 6.5–16 см, высота – 1.0–2.5 см. Горизонтальная проекция “наветренной” стороны ряби составляет 4–11 см, а “подветренной” стороны – 2–5 см. Индекс ряби – 5.5–6.5; индекс симметрии – 2.0–2.3 [10].

Эти параметры подтверждают представление о принадлежности описанной слоистости к мелкой ряби течений. К мелкой ряби течения по морфологическим особенностям относится и косая слоистость, изученная в альб-сеноманских образованиях на водоразделе рек Амур–Лимури. Характерна она для элемента с сокращенных песчаных ритмов (bcd, cd) турбидитов, а также для отдельных слоев в алевролитовых пластах контуритов.

Конволютная слоистость наблюдалась так же, как косая и косоволнистая слоистость, на Южном, Северном Сихотэ-Алине и на Нижнем Амуре. Свойственна она турбидитам (элементу с последовательности А. Боума), реже контуритам всего рассматриваемого возрастного диапазона. В турбидитах описываемая слоистость встречалась практически во всех литологических типах, но особенно широко она распространена в грубокластических, и значительно реже – в песчано-аргиллитовых мелкоритмичных разновидностях. Размер и морфология конволютной слоистости в целом зависит от зернистости осадка. Так, в тонкозернистых песчаниках ширина складок достигает 10–20 см; форма их преимущественно простая, при этом слою, подвергающиеся смятию, достигают мощности в несколько дециметров. В алевроаргиллитах, алевролитах, песчаных алевролитах смятие происходит более интенсивно, т.е. образуются складки размером в первые сантиметры (рис. 6). Первично горизонтальные осадки смяты в сложные внутрислоевые складки, как правило, с образованием острых гребней, перемежающихся с широкими мелкими впадинами или песчаными “колобками”.

Кроме описания текстур, а также некоторых измерений их морфологических особенностей, для оценки направлений палеопотоков производились





**Рис. 6.** Конволютная слоистость в элементе С последовательности Боума в альбских турбидитах дивнинской свиты на левобережье р. Коппи, выше руч. Бяполи.

1 – алевроаргиллиты массивные, 2 – алевролиты горизонтально- и косослойчатые, 3 – алевролиты с конволютной слоистостью.

измерения ориентировок механоглифов и азимутов падений мелкой косой слоистости ряби течений.

Поскольку измерения ориентировок осадочных текстур производились в деформированных пластах, предварительно с помощью стереографической сетки эти ориентировки возвращались в недеформированное горизонтальное положение. Причем, их измерения в слоях северо-западного простирания (явно развернутых в результате сдвиговых смещений) вообще не производились, поскольку в этом случае трудно провести коррекцию замеров.

#### ПРИРОДА ТЕКСТУР

Происхождение изученных гиероглифов течений в 60-х годах большинство исследователей связывало, прежде всего, с мутьевыми (суспензионным) потоками, и считалось, что их ориентировки согласуются с их направлениями [28, 29]. Таким образом, ориентировки слепков водоворотных ямок должны были указывать на направление транспортировки обломочного материала и соответственно на местоположение питающей провинции. Однако существовали данные, свидетельствующие против суспензионной гипотезы происхождения механоглифов. Многочисленные замеры ориентировок таких гиероглифов на территории Крыма, Кавказа, Карпат, Альп, Анд и др. показали, что они ориентированы вдоль бассейнов, хотя должны быть направлены поперек их удлинений [6, 7, 22]. Кроме этого, материалы исследований П.В. Маркевича в Дальнегорском районе свидетельствовали о том, что по ориентировкам механоглифов, фиксирующимся на границе ритмов, можно судить о гидродинамическом режиме лишь только в

период паузы между двумя мутьевыми потоками, т.е. они формировались в результате постоянного донного течения [13]. В отношении изученной косой слоистости элемента с последовательности Боума также нет однозначного понимания. В период господства суспензионной гипотезы происхождения флиша, некоторые исследователи, как было отмечено и в отношении слепков водоворотных ямок, ставили ее под сомнение [6, 7, 22]. К таким исследователям, изучавшим нижнемеловые отложения Сихотэ-Алиня, относился П.В. Маркевич. Он к турбидитам относил лишь 1 и 2 элементы ритмов [13]. При образовании вышележащих элементов, в том числе и косослойчатых серий, по его мнению, решающее значение имели постоянные донные течения и продольные мутьевые потоки, ориентированные вдоль флишевого бассейна.

Дальнейшее изучение турбидитов закрепило позицию суспензионной теории. Большинство исследователей сейчас считают, что флиш, представляющий собой ритмичные образования с последовательностью А. Боума, формируется отложениями эпизодических мутьевых потоков [21, 23, 26]. Итак, весь спектр ритма интерпретируется сейчас ведущими седиментологами с позиции изменения режима потока [8, 21, 23, 26], а интересующие нас косослойчатые серии мелкой ряби течения элемента с отражают седиментацию из потока при нижнем режиме [23]. В связи с признанием турбидитной природы флиша происхождение водоворотных ямок также связывается с мутьевыми потоками. Причем, экспериментально они были получены преимущественно в тех местах, где мутьевые потоки сходили с крутого склона на горизонтальное дно, т.е. в местах гидравлического прыжка [5].

Что касается конволютной слоистости, большинство исследователей связывают ее происхождение с разжижением и оползанием осадка под влиянием тектонических движений [20].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полученные ориентировки текстур для различных отрезков времени и типов осадочных образований нижне- и верхнемеловых отложений приведены на рис. 7.

Гидродинамический режим бассейна готеривбарремского возраста оценивается по результатам исследований П.В. Маркевича в Дальнегорском районе Южного Сихотэ-Алиня [13], альбского и альб-сенноманского – наших исследований на Северном Сихотэ-Алине и на Нижнем Амуре.

В Дальнегорском районе на основе более 300 замеров ориентировок слепков водоворотных ямок (слепков с борозд размыва) и следов волочения

предметов по дну [13] были установлены нижеприведенные направления (рис. 7). В отложениях песчаных турбидитов, по возрасту соответствующих готерив–баррему, ориентировки слепков водоворотных ямок имеют субмеридиональное (в северных румбах) направление. В осадках песчано-аргиллитовых турбидитов этого же возрастного уровня установлены широтные ориентировки механоглифов (с востока на запад). Кроме этого, в верхах меандровской свиты в отложениях грубокластического флиша были зафиксированы единичные поверхности с гиероглифами, ориентированными в восточном направлении.

Динамика вод бассейна в альбское и альб-сеноманское время восстанавливается, как отмечалось выше, на основе исследований на Нижнем Амуре и на Северном Сихотэ-Алине. На Нижнем Амуре, на водоразделе рек Амур – Лимури получены близкие с гидродинамическим режимом Дальнегорского района ориентировки механоглифов (рис. 7). В песчаных турбидитах слепки водоворотных ямок с некоторым разбросом направлены субмеридионально с юга на север (главный пик слабо отклоняется к северо-востоку). Кроме этого, в этих же турбидитах азимуты падений мелкой косо́й слойчатости, несколько отклоняясь от меридионального направления, направлены на северо-восток. В песчано-аргиллитовых турбидитах ориентировки слепков водоворотных ямок стремятся к широтному направлению (с востока на запад).

На Северном Сихотэ-Алине представление о гидродинамике альбского бассейна получено, как отмечалось выше, лишь только на основе изучения мелкой косо́й слойчатости ряби течения в алевро-аргиллитовых турбидитах береговых обнажений р. Коппи [10]. Там установлено унимодальное распределение замеров азимутов падений мелкой косо́й слойчатости со средним вектором, ориентированным по азимуту  $310^\circ$  (рис. 7).

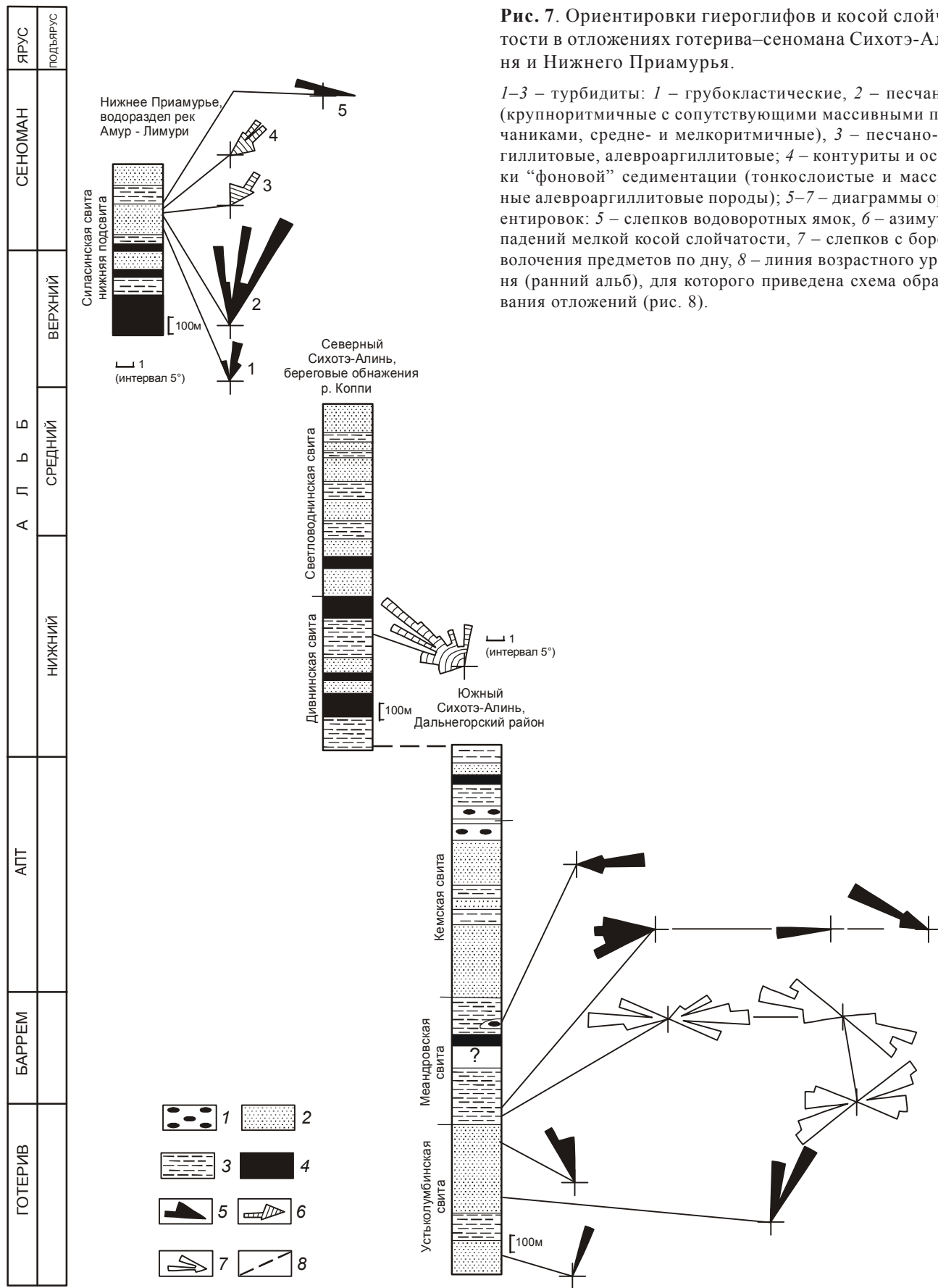
В итоге подчеркнем, что в рассмотренных осадках Сихотэ-Алиня и Нижнего Приамурья получены сходные ориентировки механоглифов и косо́й слойчатости. В песчаных турбидитах (можно считать, от готерива до сеномана) слепки водоворотных ямок ориентированы субмеридионально (с юга на север). Азимуты падений косо́й слойчатости мелкой ряби течений в этих же турбидитах примерно согласуются с ориентировками слепков водоворотных ямок (альб–сеноман, Нижнее Приамурье). В песчано-аргиллитовых, алевро-аргиллитовых турбидитах готерива–баррема и альба–сеномана механоглифы стремятся к широтному положению, с востока на запад. Азимуты падений мелкой косо́й слойчатости в этих же осадках имеют север–северо-западные ориентировки (альб,

Северный Сихотэ-Алинь), и можно считать, что они тоже согласуются с ориентировками механоглифов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

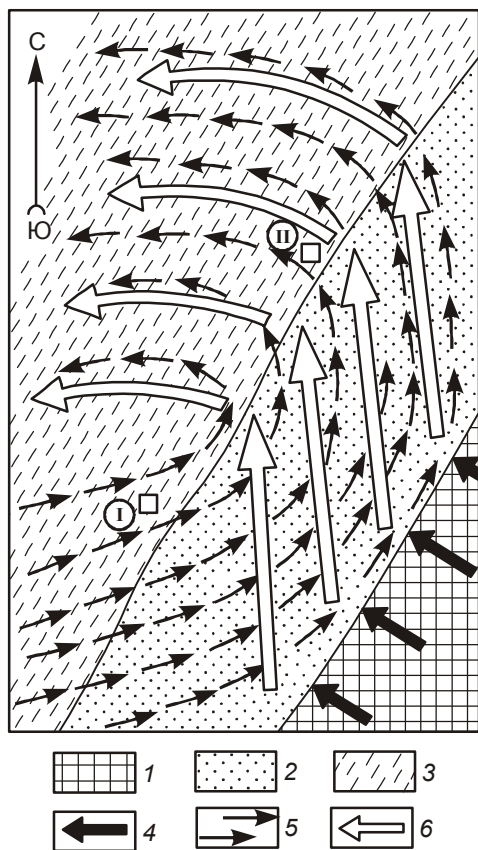
Для более обоснованной оценки гидродинамического режима бассейна осадконакопления необходимо на основе приведенных данных и результатов более ранних исследований [10, 12, 13] реставрировать местоположение питающей провинции. Для нижнемеловых морских осадков Журавлевско-Тумнинского прогиба достаточно уверенно восстанавливается расположение питающей провинции на юго-востоке. Изученный вещественный состав песчаников [10, 14] рассматриваемых осадков показал, что питающая провинция должна иметь сиалический тип. В качестве питающей провинции описанных отложений, с некоторыми допущениями, можно рассматривать эпиконтинентальную островную дугу [19] (Монероно-Самаргинскую [9, 24, 25]). Ее фрагменты известны в Татарском проливе, на островах Сахалин, Монерон и Ребун. На юге она продолжается на Японских островах. Сложена островная дуга берриас-альбскими вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами и на Сихотэ-Алине обнажается вдоль западного края Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса. Полученные сходные ориентировки механоглифов и косо́й слойчатости в осадках как амурского, так и журавлевско-тумнинского турбидитовых комплексов свидетельствуют о сходном гидродинамическом режиме в бассейнах (бассейне) осадконакопления. В качестве примера приведем схему гидродинамического режима бассейна для журавлевско-тумнинского турбидитового комплекса. Изученные отложения накапливались в окраинно-морской обстановке, причем на восточном склоне палеобассейна, на сочленении его с вышеотмеченной Монероно-Самаргинской островной дугой. Здесь же, в виде крупномасштабного вихря, постоянно циркулировали донные течения (рис. 8). Причем этот вихрь надо рассматривать как отделившийся от основного потока. Направление движения постоянного донного течения вдоль подножья питающей провинции (самая внешняя ветвь), предполагается было северо-восточным. При удалении от подножья направление донных течений менялось на меридиональное, затем и на широтное.

Обломочный материал в виде оползней, обвалов и мутьевых потоков по континентальному склону транспортировался в северо-западном направлении к континентальному подножию. Причем материал оползней сгружался значительно раньше, а мутьевые потоки транспортировали обломочный материал дальше. В зоне подножья континентального склона



**Рис. 7.** Ориентировки гиероглифов и косой слойчатости в отложениях готерива–сеномана Сихотэ-Алиня и Нижнего Приамурья.

1–3 – турбидиты: 1 – грубокластические, 2 – песчаные (крупноритмичные с сопутствующими массивными песчаниками, средне- и мелкоритмичные), 3 – песчано-аргиллитовые, алевроаргиллитовые; 4 – контуриты и осадки “фоновой” седиментации (тонкослоистые и массивные алевроаргиллитовые породы); 5–7 – диаграммы ориентировок: 5 – слепков водоворотных ямок, 6 – азимуты падений мелкой косой слойчатости, 7 – слепков с борозд волочения предметов по дну, 8 – линия возрастного уровня (ранний альб), для которого приведена схема образования отложений (рис. 8).



**Рис. 8.** Схема образования нижнемеловых отложений Журавлевско-Тумнинского прогиба Сихотэ-Алиня.

1 – склон питающей провинции, 2 – песчаные турбидиты, 3 – песчано-аргиллитовые, алевроаргиллитовые турбидиты, контуриты и осадки фоновой седиментации, 4 – мутьевые потоки, 5 – постоянные донные течения, 6 – мутьевые потоки, отклоненные в зоне взаимодействия с донными течениями. Остальные условные обозначения приведены на рис. 1.

происходило взаимодействие мутьевых потоков с донными течениями. Мутьевые потоки отклонялись сначала до меридионального, затем, при некотором удалении от подножья, до широтного направлений. Таким образом, песчаные турбидиты накапливались из меридиональных (с юга на север) мутьевых потоков, а песчано-алевритовые, алевро-аргиллитовые циклиты – уже из наиболее ослабленных субширотных (с востока на запад) потоков. В периоды пауз между мутьевыми потоками, в обстановках циркуляции отмеченных донных течений, формировались контуриты. Необходимо отметить, что граница, разделяющая области седиментации песчаных и песчано-аргиллитовых (алевро-аргиллитовых) турбидитов мигрировала от одного мутьевого потока к следующему. Поэтому область, попадающая в зону седимен-

тации песчаных турбидитов могла в период последующего мутьевого потока попасть в зону песчано-аргиллитовых турбидитов и наоборот. В итоге сформировался разрез, представляющий собой чередование разнотипных турбидитов.

В заключение хочется выразить благодарность за ценные критические замечания и советы Г.Л. Кирилловой, а также Б.А. Натальину, А.И. Малиновскому, В.Ю. Забродину, Л.И. Попеко, С.В. Зябреву, В.А. Кайдалову и М.И. Тучковой. За оформление рисунков автор благодарен О.М. Меньшиковой.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 09-05-00174

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вассоевич Н.Б. Флиш и методика его изучения. М.: Госгостехиздат, 1948. 216 с.
2. Вассоевич Н.Б. Условия образования флиша. М.: Госгостехиздат, 1951. 239 с.
3. Вассоевич Н.Б. О некоторых флишевых текстурах (знаках) // Труды Львов. геол. об-ва. Сер. геол. 1953. Вып. 3. С. 17–85.
4. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. В 2 кн. / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. С. 1–572.
5. Градзинский Р., Костецкая А., Родомский А., Унгур Р. Седиментология. М.: Недра, 1984. 644 с.
6. Гроссгейм В.А. Донные течения олигоценового бассейна Восточных Карпат // Докл. АН СССР. 1963. Т. 151, № 2. С. 402–404.
7. Гроссгейм В.А. О характере течений во флишевых бассейнах // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1963. Т. XXXVIII. Вып. 1. С. 17–30.
8. Кеннет Дж. П. Морская геология. В 2-х т. М.: Мир, 1987. Т. 1. 397 с.; Т. 2. 384 с.
9. Коваленко С.В. Нижнемеловые вулканогенно-осадочные отложения Среднего Сихотэ-Алиня // Петрохимия магматических формаций вулканических зон Дальнего Востока. Владивосток, 1980. С. 129–133.
10. Кудымов А.В. Раннемеловые турбидиты Северного Сихотэ-Алиня: строение, вещественный состав, обстановки осадконакопления // Тихоокеан. геология. 2001. Т. 20, № 5. С. 72–83.
11. 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.
12. Малиновский А.И., Филиппов А.Н., Голозубов В.В. и др. Нижнемеловые отложения р. Кема (Восточный Сихотэ-Алинь). Осадочное выполнение задугового бассейна // Тихоокеан. геология. 2002. Т. 21, № 1. С. 52–66.
13. Маркевич П.В. Нижнемеловая флишевая формация Восточного Сихотэ-Алиня, Владивосток: ДВГИ СО АН СССР, 1970. 115 с.
14. Маркевич П.В. Основные черты фанерозойского геосинклинального терригенного осадконакопления на востоке Азии // Тихоокеанская окраина Азии. Геология. М.: Наука, 1989. С. 162–184.



15. Маркевич П.В., Коновалов В.П., Малиновский А.И., Филиппов А.Н. Нижнемеловые отложения Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальнаука, 2000. 283 с.
16. Натальин Б.А. Мезозойская аккреционная и коллизионная тектоника юга Дальнего Востока СССР // Тихоокеан. геология. 1991. № 5. С. 3–23.
17. Натальин Б.А., Борукаев Ч.Б. Мезозойские структурные стили юга Дальнего Востока СССР как результат аккреции, коллизии и сдвиговых перемещений // Геонауки в СССР. М.: Недра, 1992. С. 193–223.
18. Натальин Б.А., Фор М., Монье П. и др. Аннойский метаморфический купол (Сихотэ-Алинь) и его значение для мезозойской геодинамической эволюции Восточной Азии // Тихоокеан. геология. 1994. № 6. С. 3–25.
19. Парфенов Л.М. Континентальные окраины и островные дуги мезозойского северо-востока Азии. Новосибирск: Наука, 1984. 190 с.
20. Рейнек Г.Э., Сингх И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления. М.: Недра, 1981. 439 с.
21. Романовский С.И., Тараканов А.С., Бергер В.И. Литогеодинический анализ угленосных и турбидитных формаций / Метод. рекомендации. Л.: ВСЕГЕИ, 1990. 116 с.
22. Сасинович В.С. К характеристике строения и условий накопления флишевых толщ красненской серии в районе Бельского Черемош и Путилы // Геол. журн. АН УРСР. 1963. Вып. 4. С. 79–82.
23. Селли Р.К. Введение в седиментологию. М.: Недра, 1981. 370 с.
24. Симаненко В.П. Нижнемеловая базальт-андезитовая ассоциация Северного Сихотэ-Алиня // Тихоокеан. геология. 1990. № 6. С. 86–95.
25. Симаненко В.П. Базальт-андезитовые ассоциации островных дуг палеозоя и мезозоя // Тихоокеанская окраина Азии. Магматизм. М.: Недра, 1991. С. 58–72.
26. Стоу Д.А. Морские глубоководные терригенные отложения // Обстановки осадконакопления и фации. Т. 2. М.: Мир, 1990. С. 141–194.
27. Bouma A.N. Sedimentology of some flysch: A graphic approach to facies interpretation. Amsterdam: Elsevier Pub. Co, 1962. 169 p.
28. Dzulynski S. New data on experimental production of sedimentary structures // J. Sedim. Petrol. 1965. V. 1. 35, N 1.
29. Jaworowski K. Mieszane zespoły hieroglifowe ze śladami rozmywania wcześniejszymi od śladów przedmiotów // Kwartalnik Geologiczny. 1966. T. 10, N 4.

*Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой*

### *A. V. Kudymov*

#### **Conditions of sedimentation in the Hauterivian-Cenomanian sea basin of the Sikhote-Alin and Lower Amur Region**

Close orientations of mechanoglyphs and oblique bedding in the Hauterivian-Cenomanian sediments of the Amur-Zhuravlyovka and Tumnin turbidite complexes have been obtained. They suggest similar hydrodynamic conditions of sedimentation. These deposits are assemblages of gravitational flows, and in a lesser degree, bottom currents and background sedimentation. Sediments of the Zhuravlyovka trough accumulated in the north-western margin of the paleocontinent in immediate proximity to the foot of its continental slope. The available data on the orientations of mechanoglyphs and oblique bedding suggest the existence of large-scale vortex of constant bottom currents. The direction of the bottom current along the feeding province (the extreme outer branch of the vortex) was north-eastern. Away from the foot the direction of the bottom current changed to north, and then to west. The fragmental material on the continental slope was transported from south-east to north-west into the deep parts of the basin. In the zone of the foot of continental slope turbidity flows interacted with bottom currents. Sandy turbidites accumulated from the deviated meridional turbidity flows; and sandy argillite and silty argillite cyclites, from the most weakened sublatitudinal flows. In pauses between turbidity flows contourites and background sediments formed under circulation conditions.

**Key words:** turbidite, mechanoglyphs, oblique bedding, hydrodynamic regime, Lower-Upper Cretaceous, Sikhote-Alin, Lower Amur Region.