

ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ БАЗАЛЬНЫХ ТОЛЩ СРЕДНЕГО РИФЕЯ БАШКИРСКОГО МЕГАНТИКЛИНОРИЯ

© 2014 г. А. И. Ялышева, М. Т. Крупенин

Машакская (Rf₂ms) и зигальгинская (Rf₂zg) свиты являются базальными горизонтами среднего рифея Башкирского мегантиклинория [8]. Несмотря на длительное изучение отложений машакской свиты [2, 3, 5 и др.], вопрос об условиях седиментации и источниках сноса до настоящего момента не был решен.

В работе [7] отмечено, что отложения машакской свиты были сформированы в водной среде. На нижних поверхностях напластования песчаников машакского уровня А.В. Масловым [3] были установлены слепки с крупных трещин усыхания. Также в песчаниках им было зафиксировано присутствие хорошо выдержанной по простиранию мелко- и среднемасштабной однонаправленной косой слоистости (прямолинейной, сходящейся, мульдообразной, с текстурами реактивации). На основании этих данных А.В. Маслов предполагает, что накопление псаммитовых осадков машакской свиты происходило в мелководных или сверхмелководных обстановках с чередованием субаэральных и субаквальных режимов седиментации.

В то же время работы по изучению конгломератов машакской свиты (морфологии галек, условиям седиментации, источникам сноса) были проведены более поверхностно. Полученные нами результаты исследования конгломератов существенно заполняют пробел в истории формирования отложений этого комплекса Южного Урала.

Кроме того, было выполнено детальное исследование морфологии псефитовых обломков пород в отложениях зигальгинской свиты, что позволило сделать выводы об источниках сноса данного осадочного комплекса.

Анализ морфологии пород галек конгломератов машакской и зигальгинской свит был выполнен с помощью методического комплекса [16]. На основании применения методики Снида–Фолка были получены коэффициенты формы обломков F и их изометричности S , рассчитываемые с помощью программного пакета “*Graham and Midgley’s spread-sheet method*” [14].

МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования конгломератов кузьелгинской подсвиты машакской свиты были выполнены из разреза Безымянного Залавка на западном скло-

не северной части хр. Бол. Шатак, к югу от Исаева Залавка (рис. 1). В этой части Башкирского мегантиклинория (Ямантауский антиклинорий) базальные горизонты среднего рифея представлены вулканогенно-терригенной машакской свитой, локализованной в пределах субмеридионально вытянутого рифтогенного грабена [2, 3, 5 и др.]. Здесь машакская свита залегает несогласно на сероцветных песчано-сланцевых отложениях юшинской свиты нижнего рифея. Разрез отложений начинается примерно от высоты появления глыбовых россыпей (абсолютные отметки около 880 м) с отдельными выходами серых песчаников с прослоями черных глинистых алевролитов предположительно юшинской свиты нижнего рифея. Выше прослеживаются отдельные выходы зеленовато-серых песчаников с гравийными обломками алевролитов с вишневым и кремовым оттенком, относимые уже к базальным горизонтам машакской свиты среднего рифея. Далее по склону после небольшого перерыва наблюдается непрерывный разрез переслаивания потоков базальтов и линз конгломератов, образующих скальные выходы высотой до 10–15 м.

Изученные конгломераты (точка А-13-2-6 на рис. 1, N 53°42′06″, E 57°34′08″) относятся к среднекрупногалечным и валунным петро-литокластическим разностям¹. В составе галек преобладают угловатые светло-зеленые мономиктовые кварцевые песчаники с хлоритовым цементом (40–60%), окатанные и хорошо окатанные белые и светло-серые кварциты (30%); реже встречаются обломки полевошпато-кварцевых песчаников, остроугольные или угловатые обломки темно-зеленых metabазальтов и серицит-хлоритовых сланцев (филлитов).

Гальки светло-зеленых и темно-зеленых средне-мелкозернистых песчаников состоят из кварца (90–97%), кремней и обломков филлитов. Довольно часто можно наблюдать зерна микрочешуйчатого зеленого с высоким плеохроизмом хлорита. Цемент песчаников сгусткового и порового типов хлоритового состава составляет около 10% породы. Структура сочленения зерен конформная и регенерационная. Из аксессуарных минералов чаще всего встречаются циркон, рутил и апатит, амфибол.

¹ Здесь и далее классификация конгломератов приведена по изданию “Справочник и классификация осадочных пород и их аналогов” (СПб.: Недра, 1998. 352 с.).

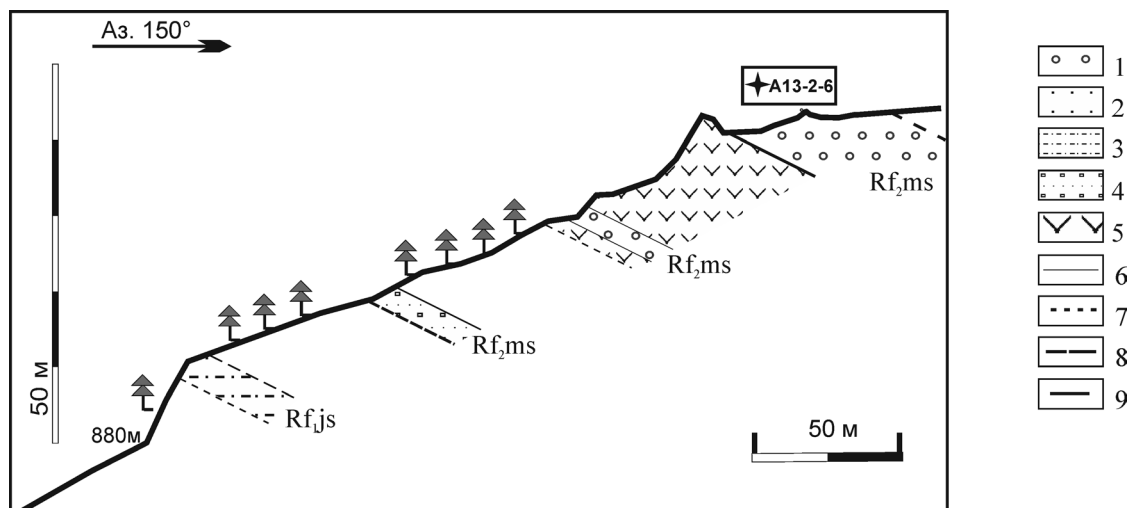


Рис. 1. Схема разреза отложений кузьелгинской подсвиты машакской свиты (Безыманный Залавок, хр. Бол. Шатак).

1 – конгломераты, 2 – песчаники, 3 – песчаники с прослоями аргиллитов, 4 – песчаники с обломками вишне-вых сланцев, 5 – metabазальты; контакты: 6 – прослеженные, 7 – непрослеженные, 8 – стратиграфические межформационные, 9 – тектонические.

Гальки metabазальтов представляют собой кварц-серицит-хлоритовые породы с микролепидобластовой структурой и сланцевой текстурой. Основная масса этих пород состоит из хлорита (60%), серицита (30%), кварца (5%), единичных реликтов плагиоклаза, которые замещены серицитом и хлоритом.

Гальки светло-серых и белых кварцитов/метаспесчаников состоят из зерен кварца (99%) и серицитового цемента. Структуры сочленения зерен инкорпорационная и гранобластовая.

Полевошпат-кварцевые песчаники состоят из зерен кварца (80–90%) и полевых шпатов (от 1–3 до 10%), среди которых преобладают плагиоклазы (альбит). Обломки пород (2–5%) представлены кварцитами и слюдястыми сланцами, аргиллитами, присутствуют также чешуйки биотита и мусковита. Основные акцессорные минералы – циркон (встречаются хорошо округленные зерна), рутил, турмалин и апатит, иногда встречается сфен. Цемент гидрослюдистый, гидрослюдисто-хлоритовый, с тонкорассеянными включениями рудного минерала, иногда наблюдаются пленочный и поровый типы цементов.

Струженность псефитового материала очень плотная, сортировка хорошая (преобладают в основном гальки крупной фракции). Для самых нижних частей разреза конгломератов характерны валуны размером от 20 до 50 см. В верхних частях разреза конгломераты постепенно переходят в мелкогалечные, затем в гравелиты и песчаники с косой слоистостью. Ориентировка галек и валунов или отсутствует, или субпараллельная к поверхности напластования. Содержание матрикса песчано-глинистого (слюдястого) состава небольшое, около 1–5% объема пород.

Исследование зигальгинских конгломератов было проведено в карьерах Бакальского железорудного месторождения (карьеры Петлинский и Центральный Иркутскан). В этой части Башкирского мегантиклинория (Тараташский антиклинорий) отложения машакской свиты отсутствуют, зигальгинская свита является базальной для среднего рифея и залегает на размытой поверхности различных горизонтов бакальской свиты нижнего рифея с угловым несогласием. Зигальгинская свита представлена преимущественно кварцитовидными мономиктовыми песчаниками. В основании свиты, реже на разных уровнях наблюдаются линзы конгломератов. Кроме того, в основании зигальгинской свиты часто виден маломощный прослой кварц-хлорит-серицитовых сланцев серого с салатным оттенком цвета. Считается, что эти образования представляют собой переотложенную кору выветривания отложений бакальской свиты нижнего рифея и носят название “сланцы перемыва” [11]. Около сидеритовых залежей, широко развитых в карбонатных породах бакальской свиты на контактах с зигальгинской, сланцы перемыва интенсивно пиритизированы. В карьере Иркутскан зигальгинская свита несогласно налегает на карбонатные породы гаёвской пачки бакальской свиты (рис. 2). В основании зигальгинской свиты наблюдается прослой сланцев перемыва, в южном борту он маломощный (до 0.5 м) и перекрывается прослоем конгломератов мощностью до 10–12 м. В северном борту мощность сланцев перемыва увеличивается до десятков метров, а конгломераты почти полностью выклиниваются. В ЮЗ борту карьера за счет системы надвигов зона контакта повторяется несколько

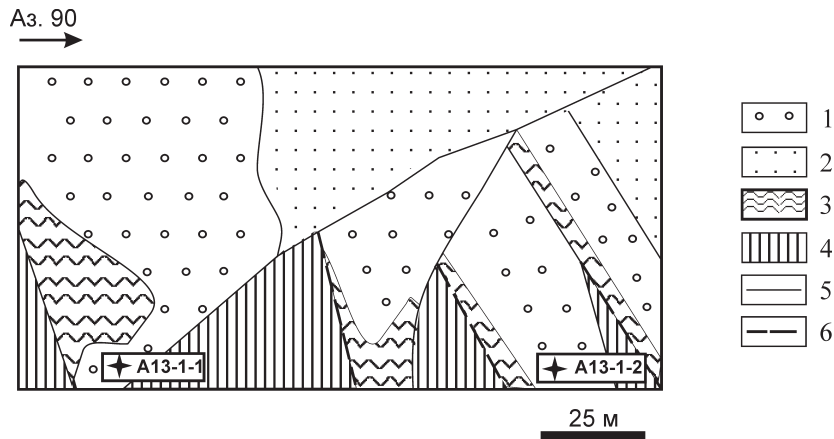


Рис. 2. Схема разреза отложений зигальгинской свиты (ЮЗ борт карьера Иркутскан).

1 – конгломераты, 2 – песчаники, 3 – серицит-хлоритовые сланцы с пиритом, 4 – сидерит; контакты: 5 – прослеженные, 6 – стратиграфические межформационные.

раз таким образом, что в одном разрезе совмещены блоки, расположенные севернее. Благодаря этому в одном разрезе можно наблюдать уменьшение мощности прослоя конгломератов и фациальную изменчивость отложений в северном направлении. Струженность кластики от умеренной до плохой. Конгломераты изучены в двух точках (точки А-13-1-1 и А-13-1-2 на рис. 2; $N54^{\circ}54'27''$, $E58^{\circ}46'06''$). В Петлинском карьере базальные конгломераты зигальгинской свиты образуют линзу мощностью ~25 м, залегают на выветрелых сланцах перемыва, несогласно перекрывающих отложения шуйдинской пачки бакальской свиты (точка А-12-3, $N54^{\circ}54'57''$, $E58^{\circ}46'17''$).

Мономиктовые литокластические крупно- и среднегалечные валунные конгломераты зигальгинской свиты на 95% состоят из окатанных и хорошо окатанных светло-серых и белых кварцитов/метапесчаников. Изредка встречаются гальки сланцев перемыва бакальской свиты нижнего рифея. Средний размер обломков может варьировать от 4–9 до 20–40 см. Толщи галечников осложнены косыми врезами, линзами и прослоями псаммитового материала. Ориентировка кластики часто отсутствует. Различия между конгломератами зигальгинской свиты из Петлинского и Иркутсканского карьеров в петрографическом составе не наблюдается, варьирует только гранулометрический состав. В Петлинском карьере в основном преобладают крупногалечные и валунные (до 50 см в диаметре) конгломераты, тогда как в Иркутсканском – средне- и мелкогалечные с единичными валунами до 30–40 см в диаметре.

Исследованные обломки кварцитов представляют собой мономиктовые кварцевые метапесчаники, которые почти целиком состоят из кварца (95–98%), кроме того, присутствует незначительное количество обломков микрокварцитов, а также единичные зерна микроклина. Среди других компонентов кар-

каса можно наблюдать аутигенные серицит и хлорит, а также единичные зерна аксессуарных минералов – циркона и турмалина. Цемент песчаников составляет 5–10% объема породы и представлен регенерационным кварцевым, контактовым кварцевым и серицито-хлоритовым типами, местами обнаруживается грануляция. Также часто обломки песчаников пропитаны гематитом, который развивается между кварцевыми слойками или в порах. Некоторые зерна имеют регенерационную оторочку, в составе которой кроме кварца присутствуют гидроокислы железа, серицита и пелитовых частиц.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

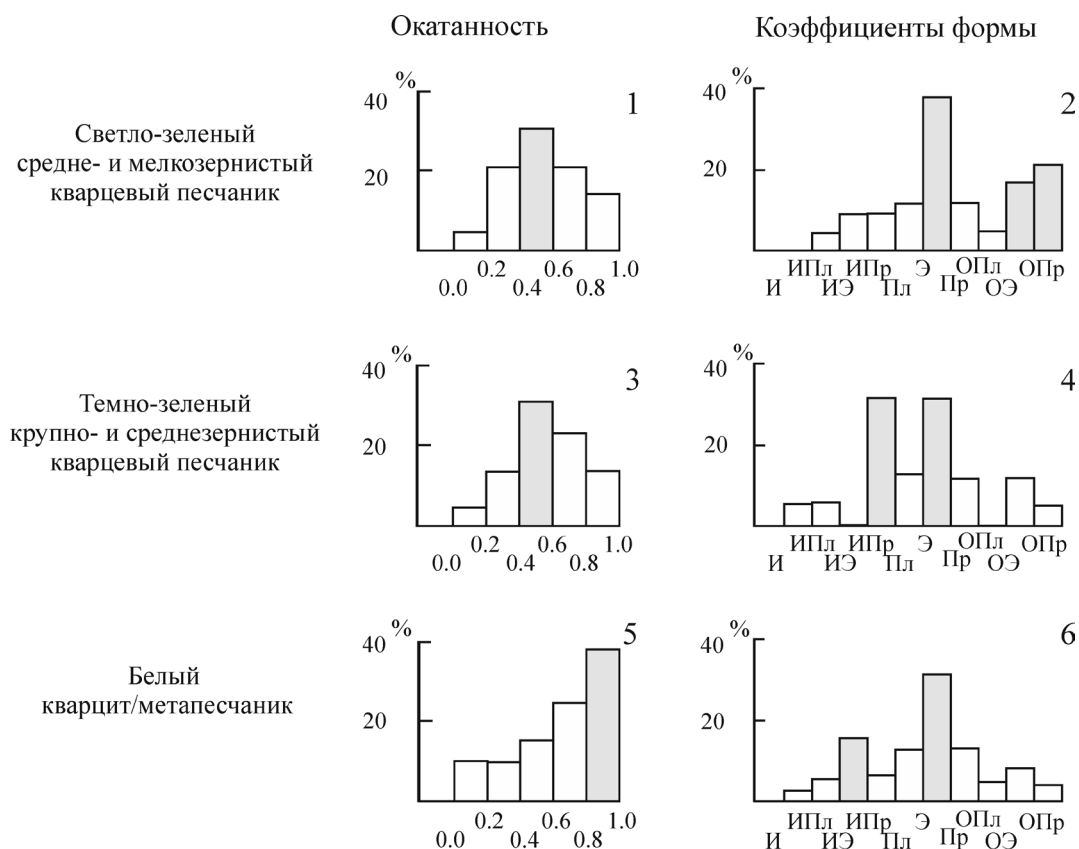
Морфология/морфометрия обломков пород *кузьелгинской подсвиты машакской свиты* была исследована на материале 250 галек диаметром от 4 до 6 см разных по составу пород (табл. 1; рис. 3). Установлено, что большинство значений коэффициентов окатанности галек машакских конгломератов приходится на область 0.40–0.60 (табл. 1).

Исследование окатанности галек из конгломератов машакской свиты показало, что наибольшее их количество представлено угловатыми, полуокругленными и округленными типами. Вместе с тем структуры распределения значений окатанности обломков имеют свои особенности. Как видно на рис. 3 (графики 1, 3), для галечной фракции светло- и темно-зеленых песчаников область централизации данных приходится на интервал 0.40–0.60. В то же время для графика окатанности галек белых кварцитов (см. рис. 3, график 5) фиксируется выраженная правосторонняя асимметрия, которая указывает на то, что большая часть обломков имеет коэффициент окатанности в интервалах 0.60–0.80 и 0.80–1.00.

Согласно экспериментальным данным Н.В. Разумихина [6], средние значения окатанности зеле-

Таблица 1. Характеристики морфометрии галек конгломератов

Свита/подсвита		D выборки, см; Хср ± σ	P, Хср ± σ	Коэффициенты формы, Хср ± σ	
				F	S
Зигальгинская	A12-3	6.791 ± 1.932	0.731 ± 0.151	0.404 ± 0.285	0.222 ± 0.201
	A13-1-2	6.710 ± 2.393	0.671 ± 0.123	0.437 ± 0.257	0.444 ± 0.228
	A13-1-1	6.206 ± 2.627	0.42 ± 0.276	0.511 ± 0.274	0.398 ± 0.130
Машакская/Кузьелгинская	A13-2-6	6.713 ± 2.975	0.435 ± 1.163	0.524 ± 0.323	0.378 ± 0.221

**Рис. 3.** Морфометрия обломков пород конгломератов машакской свиты на хр. Бол. Шатак.

И – изометричные, ИПл – изометрично-плоские, ИЭ – изометрично-эллипсоидные, ИПр – изометрично-продолговатые, Пл – плоские, Э – эллипсоидные, Пр – продолговатые, ОПл – очень/весьма плоские, ОЭ – очень/весьма эллипсоидные, ОПр – очень/весьма продолговатые.

ных песчаников могут указывать на незначительный перенос (в пределах 20–50 км от источников сноса) и небольшое время обработки кластики. Исходя из этого, мы предполагаем, что обломки данных пород могли размываться в непосредственной близости от бассейна седиментации. Значения показателей окатанности обломков светло-серых кварцитов свидетельствуют о более длительной обработке материала и дальности переноса кластики от источников сноса не менее чем на 100–200 км.

В машакских конгломератах были установлены два основных типа распределения формы обломков пород (см. рис. 3, график 2, 4, 6). Для светло-зеленых песчаников характерны плоские (~15%), весьма эллипсоидные (~25%) и очень продолго-

ватые (~20%) формы. Для современных отложенных пляжной зоны морского бассейна, согласно работам [12, 13], характерны преимущественно гальки плоской, весьма плоской, весьма эллипсоидной или весьма продолговатой формы. Связано это с тем, что на обломочный материал в зоне заплеска (область наката) волн действуют прямой и обратный волновые потоки, которые подобно “смычку скрипки” способствуют последовательному перемещению осадков по профилю зоны заплеска – сначала вверх, в сторону берега, а потом вниз, в сторону моря. В результате такого движения обломков происходит стачивание их вдоль одной из базальных плоскостей, в результате чего гальки становятся уплощенными.

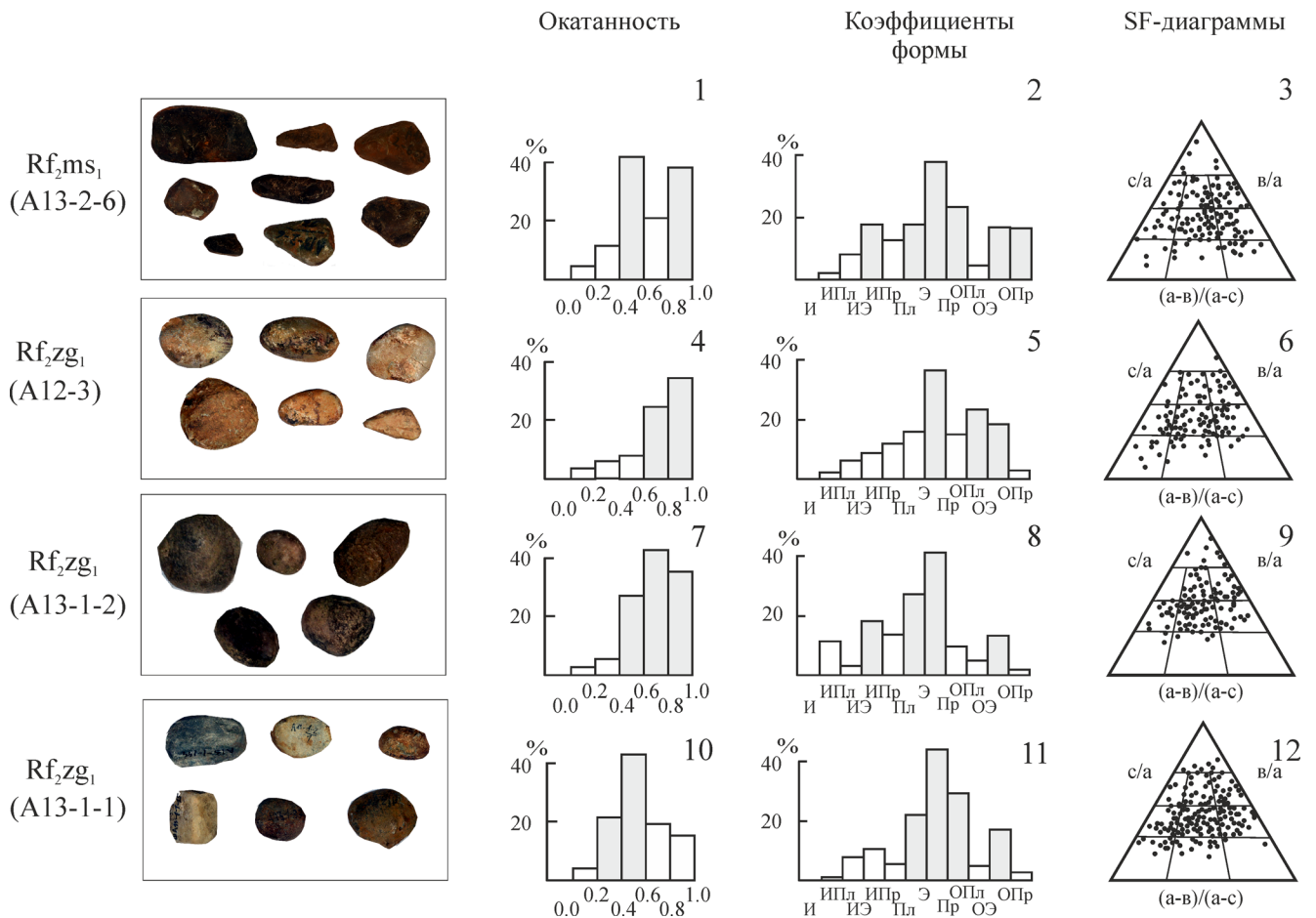


Рис. 4. Морфометрия обломков пород из конгломератов базальных уровней среднего рифея Южного Урала.

Буквенные обозначения – см. рис. 3. Индексы образцов: Rf₂ms₁ (A13-2-6) – машакская свита (хр. Бол. Миасс), Rf₂zg₁ (A12-3) – зигальгинская свита (Петлинской карьер), Rf₂zg₁ (A13-1-2 и A13-1-1) – зигальгинская свита (карьер Иркутскан).

Обломки светло-серых кварцитов чаще всего обладают изометричными (изометрично-продолговатые, изометрично-эллипсоидные), а также эллипсоидными формами. Высокое содержание среди белых кварцитов галек с изометричной морфологией (~ 15%, согласно данным [12]), указывает на длительное время воздействия абразии.

Высокое содержание обломков пород с эллипсоидной и продолговатой формами, скорее всего, отражает не условия преобразования морфологии галек в зависимости от обстановок седиментации, а зависимость от наиболее распространенной морфологии пород с недирективной структурой [10].

Детальный анализ SF-диаграммы показал (рис. 4, график 3), что значения коэффициентов формы для обломков светло-зеленых песчаников занимают область прибрежно-морских осадков, тогда как значения формы хорошо окатанных обломков белых кварцитов более тяготеют к полю аллювиальных образований.

Таким образом, было зафиксировано, что для конгломератов кузьелгинской подсвиты машак-

ской свиты характерен состав из нескольких популяций обломков пород. Основная часть конгломератов сложена из зеленых кварцевых песчаников с угловатой и полуокатанной формой и морфологией, которая носит черты формирования обломков в прибрежно-морских условиях. Особенности окатанности обломков песчаников указывают на то, что они не претерпели значительной переработки и могли быть продуктом местных терригенных образований. К сожалению, вызывает затруднение идентификация обломков песчаников и терригенных пород рифея, которые могли размываться. В отличие от нижележащих песчаников юшинского уровня в гальках зеленых псаммитов отсутствует значительное содержание полевого шпата. Кроме того, нами зафиксированы в незначительном количестве собственно обломки полевошпат-кварцевых песчаников юшинского уровня.

Обломки пород белых кварцитов обладают очень хорошо окатанной формой и морфологией, которая более соответствует аллювиальным отложениям. В результате чего мы предполагаем, что

обломки белых кварцитов, скорее всего, являются продуктом дистального депоцентра, который был удален от области аккумуляции осадка не менее чем на 100 км.

Материалом исследования конгломератов *зигальгинской свиты* послужили 750 галек обломков пород диаметром от 4 до 6 см (табл. 1) из разрезов карьеров Петлинский и Иркутскан Бакальско-го рудного поля.

Анализ распределения значений коэффициента окатанности галек белых кварцитов, из которых на 99% состоят конгломераты (см. рис. 4, графики 4, 7, 10) показал, что для них характерны окатанные и весьма окатанные обломки. Наибольшие значения окатанности галек ($X_{\text{ср}} = 0.731 \pm 0.151$) были зафиксированы для обломков пород из Петлинского карьера. Значения коэффициентов окатанности галек из разреза А13-1-2 карьера Иркутскан $X_{\text{ср}} = 0.671 \pm 0.123$. Для обломков пород второго разреза А13-1-1 карьера Иркутскан, напротив, характерны достаточно низкие значения окатанности, которые составляют ~ 0.4 (см. табл. 1; рис. 4, график 10).

Высокие значения окатанности обломков белых кварцитов, по данным Н.В. Разумихина [6], указывают на длительное время переработки кластики, за которое обломки успели истереться в практически идеальную форму обломков без острых углов.

Обломки пород из разрезов карьеров Иркутскан и Петлинский характеризуются морфологией трех типов – эллипсоидной (25–30%), изометричной (5–10%) и плоской (2–8%) (см. рис. 4, графики 2, 5, 8, 10). Средние значения коэффициента F составляют от 0.40 до 0.51, коэффициента S варьируют от 0.22 до 0.44 (табл. 1).

На генетических SF-диаграммах фигуративные точки значений коэффициентов формы галек кварцитов из разреза А13-1-2 карьера Иркутскан (см. рис. 4, график 9) сконцентрированы в области аллювиальных осадков, в то время как фигуративные точки значений формы обломков пород из карьеров Петлинский (А12-1) и Иркутскан (А13-1-1) занимают поле прибрежно-морских отложений (см. рис. 4, графики 6, 12). Расхождения в морфотипах обломков конгломератов *зигальгинской свиты*, возможно, объясняются тем, что принесенный материал обломков кварцитов, попадая в прибрежно-морские обстановки, не успел трансформироваться до захоронения осадка. Полученные данные об аллювиальной форме обломков кварцитов не противоречат данным об обстановках осадконакопления конгломератов *зигальгинского уровня среднего рифея*.

Несомненно, зафиксированные ранее [1] седиментационные текстуры в песчаниках (мелкомасштабная косая, косоволнистая или линзовидно-косая слоистость, знаки ряби волнения, механоглифы и пр.) свидетельствуют в пользу того, что формирование отложений *зигальгинской свиты*

происходило под воздействием волнового потока, который образуется в зоне торможения волн на мелководье.

Также о прибрежно-морских условиях свидетельствуют обнаруженные нами с помощью электронного микроскопа (аналитик С.П. Главатских) следы седиментационного травления на поверхности кластогенного кварца размером 0.25–0.5 мм из матрикса конгломератов. Согласно [15], зафиксированные текстуры образуются за счет выщелачивания поверхности кварца при повышенных значениях **pH среды в низкоэнергетических морских условиях** – лагунах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты морфологических типов обломков пород, наряду с особенностями строения разреза *кузьелгинской подсвиты машакской свиты*, позволили нам, согласно генетической типизации В.Т. Фролова [9], отнести эти отложения к группе прибрежно-морских подводно-коллювиальных (подгруппа подводно-осыпных/субаквальных десерпций). Возникновение данного вида конгломератов В.Т. Фролов связывает с обвалами и разрушениями крутых склонов и уступов (клифов) на побережьях озер или морей, при небольшом размере пляжей осадки могли быть хорошо обработаны. Чаще всего такой тип отложений приурочен к разломам земной коры или бортам рифтовых долин. Отложения *зигальгинской свиты*, согласно генетической классификации В.Т. Фролова [9], относятся к прибрежно-морским волновым (подгруппа прибойных) образованиям.

Источники сноса обломочного материала для конгломератов могли несколько изменяться от машакского к *зигальгинскому* уровням. Так, в машакских конгломератах преобладают зеленые песчаники согласно зафиксированным особенностям морфологии их обломков, скорее всего, из местных источников размыва. Значительно меньше в составе конгломератов галек белых массивных кварцитов/метапесчаников, морфометрия которых отражает седиментационный сигнал флювиальных условий седиментации. На основании этого мы полагаем, что они были принесены из удаленных областей размыва. В *зигальгинское* время очень похожие на белые кварциты машакского уровня светлые кварциты/метапесчаники практически полностью вытесняют базальные толщи.

Суммируя сказанное, мы предполагаем, что разные генетические типы базальных конгломератов обусловлены, скорее всего, разными тектоническими условиями развития среднерифейского осадочного бассейна. Рифтогенный прогиб машакского времени, по мнению А.В. Маслова [3], характеризовался высокими темпами прогибания и компенсированным осадконакоплением. Краевые ча-

сти рифта могли быть представлены сильнорасчлененным рельефом. К началу зигальгинского времени произошло затухание машакского рифта [4], осадочный бассейн мог представлять собой достаточно глубокую в центральной части, но с выположенными бортами палеорифтовую котловину. В таких условиях осадки коллювиальных обвалных машакских отложений постепенно сменялись прибрежно-морскими литоральными образованиями зигальгинской свиты.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант № 12-05-31-361 мол а) и Интеграционного проекта УрО, СО и ДВО РАН № 12-С-5-1014.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анфимов Л.В.* Крупная волноприбойная рябь в зигальгинских кварцито-песчаниках Бакала // Ежегодник-1970. Свердловск: ИГГ УНЦ АН СССР, 1971. С. 192–164.
2. *Козлов В.И., Сергеева Н.Д., Генина Л.А.* К вопросу о строении и расчленении машакской свиты среднего рифея Южного Урала // Геологический сборник № 6. Информ. мат.-лы. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2007. С. 21–32.
3. *Маслов А.В.* Осадочные комплексы в разрезах рифтогенных структур. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1994. 162 с.
4. *Маслов А.В., Иванов К.С.* Палеогеография и основные тектонические события рифея – раннего палеозоя на Южном Урале // Палеогеография вендраннего палеозоя Северной Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. С. 8–24.
5. *Парначев В.П., Ротарь А.Ф., Ротарь З.М.* Среднерифейская вулканогенно-осадочная ассоциация Башкирского мегантиклинория. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. 104 с.
6. *Разумихин Н.В.* Экспериментальные исследования эволюции окатанности обломков горных пород. Л.: ЛГУ, 1965. 66 с.
7. *Ротарь А.Ф.* К вопросу о составе и стратиграфическом положении конгломератов машакской свиты на Южном Урале // Конгломераты и их роль в познании геологической истории Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1976. С. 14–20.
8. Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология. М.: Наука, 1983. 184 с.
9. *Фролов В.Т.* Генетическая типизация морских отложений. М.: Недра, 1984. 222 с.
10. *Ялышева А.И.* Новые данные о морфологии обломков пород из конгломератов верхнего докембрия и верхнего палеозоя Среднего и Южного Урала // Литосфера. 2013. № 6. С. 14–29.
11. *Яницкий А.Л., Сергеев О.П.* Бакальские железорудные месторождения и их генезис. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 112 с.
12. *Cheel R.J.* Introduction to clastic sedimentology. Department of Earth Sciences, Brock University St. Catharines, Ontario, Canada. 2005. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.brocku.ca/sedimentology>.
13. *Dobkins J.E., Folk R.I.* Shape development on Tahiti-Nui // J. Sediment. Petrol. 1970. V. 40, № 4. P. 1167–1203.
14. *Graham D.J., Midgley N.G.* Graphical representation of particle shape using triangular diagrams – An Excel spreadsheet method // Earth Surface Process. Landforms. 2000. V. 25. P. 1473–1477.
15. *Margolis S., Kennett J.P.* Cenozoic paleoglacial history of Antarctica recorded in Subantarctic deep-sea cores // Am. J. Sci. 1971. № 271. P. 1–36.
16. *Sneed E. D., Folk R. L.* Pebbles in the lower Colorado River, Texas, a study of particle morphogenesis // J. Geol. 1958. V. 66. P. 114–150.