

ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИЛУРИЙСКО-РАННЕДЕВОНСКИХ ВУЛКАНОКЛАСТИЧЕСКИХ ПЕСЧАНИКОВ РАЗРЕЗА У ДЕРЕВНИ МАНСУРОВО (ЗАПАДНО-МАГНИТОГОРСКАЯ ЗОНА, ЮЖНЫЙ УРАЛ)

© **А.М. Фазлиахметов**,
кандидат геолого-
минералогических наук,
старший научный сотрудник,
Институт геологии,
Уфимский федеральный
исследовательский центр РАН,
ул. Карла Маркса 16/2,
450077, г. Уфа,
Российская Федерация,
эл. почта: famrb@mail.ru

На севере Западно-Магнитогорской зоны Южного Урала в окрестностях деревни Мансурово обнажена непрерывная последовательность кремнистых и обломочных пород. Ее возраст, установленный по немногочисленным фаунистическим данным и по положению в разрезе, – силур – ранний девон. На основе маршрутных наблюдений, определения литогеохимического состава граувакк по 47 образцам, опубликованным и фондовым материалам была произведена реконструкция обстановок седиментации, состава пород в источнике сноса и его геодинамической позиции.

Седиментация протекала в глубоководных условиях, которые оставались стабильными на протяжении всего времени формирования разреза. Обломочный материал поступал посредством турбидных и обломочных потоков. Интенсивность этих процессов испытывала периодические изменения.

Кластика представлена преимущественно вулканитами основного состава. Им подчинены обломки кремней, глинисто-кремнистых пород и известняков, хотя в некоторых слоях они содержатся в больших количествах. По результатам построения диаграмм М. Херрона, Ф. Петтиджона, М. Бхатии, Б. Розера, Р. Корша, анализа величин гидролизатного, железного, фемического, титанового модулей, показателей степени выветривания CIA и CIW, состав песчаников соответствует основным вулканокластическим грауваккам, распространенным в акваториях энсиматических островных дуг. Степень химического выветривания обломочного материала низкая.

Литогеохимический состав граувакк остается практически неизменным по разрезу. Лишь величина алюмокремниевого модуля и содержание кремнезема испытывают изменения, вероятно сопряженные с примесью обломков кремней и кислых вулканитов. По значениям алюмокремниевого модуля в нижней части разреза выделено три контрастно отличающихся интервала.

Породы верхней части разреза серицитизированы и имеют повышенное содержание оксида калия – в среднем 2,4%, тогда как в нижней части разреза этот показатель не превышает 1,5%. Это объяснено проявлением калиевого метасоматоза.

Ключевые слова: граувакки, турбидиты, силур, ранний девон, геохимия, обстановки седиментации, Магнитогорская островная дуга, Южный Урал

© A.M. Fazliakhmetov

LITHOGEOCHEMICAL FEATURES AND SEDIMENTARY ENVIRONMENTS OF THE SILURIAN-EARLY DEVONIAN VOLCANICLASTIC SANDSTONES IN THE VICINITY OF MANSUROVO VILLAGE (WEST-MAGNITOGORSK ZONE, SOUTH URALS)

Institute of Geology,
Federal Ufa Research Centre,
Russian Academy of Sciences,
16/2, ulitsa K. Marksa,
450077, Ufa, Russian Federation,
e-mail: famrb@mail.ru

In the north of the West-Magnitogorsk zone of the South Urals, there is a continuous sequence of sandstones, breccias and cherts exposed near the village of Mansurovo. Its age determined by predecessors according to a few faunistic data and position in the section is Silurian and Early Devonian. Field observations, determinations of geochemical composition of greywackes using 47 samples, and also published and unpublished materials enabled the reconstruction of sedimentary environments, rock composition in the source area and its geodynamic position.

The sedimentation occurred in deep-water environments that remained stable throughout the formation period of the section. The clastic material was delivered by turbid and debris flows. The intensity of these processes underwent periodic fluctuations.

Debris is mainly represented by basaltic and andesitic volcanic rocks. Fragments of cherts, clay-siliceous rocks and limestones are subordinate, although in some layers they are found in large amounts. Judging from the diagrams constructed according to Herron, Pettijohn, Bhatia, Roser and Korsch, analysis of $(Al_2O_3+TiO_2+Fe_2O_3+FeO+MnO_2)/SiO_2$, TiO_2/Al_2O_3 , $(Fe_2O_3+FeO+MnO)/(TiO_2+Al_2O_3)$, $(Fe_2O_3+FeO+MnO_2+MgO)/SiO_2$, Chemical Index of Alteration and Chemical Index of Weathering, the composition of sandstones corresponds to low-silica volcanoclastic greywackes widespread in oceanic island-arc areas. The extent of chemical weathering of detrital material is low.

The lithochemical composition of greywackes remains practically unchanged in the section. Only the magnitude of Al_2O_3/SiO_2 ratio and the content of SiO_2 undergo changes probably associated with an admixture of chert and felsitic volcanic rock fragments. According to the values of the Al_2O_3/SiO_2 ratio, three contrastingly different intervals are identified in the lower part of the section.

The rocks of the upper part of the section have an increased content of potassium oxide (an average of 2,4%), whereas in the lower part of the section it does not exceed 1,5%. This is explained by the occurrence of potassium metasomatism.

Key words: greywackes, turbidites, Silurian, Early Devonian, geochemistry, sedimentary environments, Magnitogorsk island arc, South Urals

Введение. В разрезе у д. Мансурово, около города Учалы Республики Башкортостан, в непрерывной последовательности обнажены отложения ордовика, силура, нижнего и среднего девона. Подобных ему в Западно-Магнитогорской зоне нет.

Этот факт объясняет важность изучения данного разреза с целью реконструкции истории геологического развития Магнитогорской мегазоны со времени заложения Палеоуральского океана до масштабных проявлений островодужного вулканизма (с ордовика по конец раннего девона). Несмотря на это за предшествующие несколько десятилетий изучением разреза у д. Мансурово занимались мало. Наиболее детально он был исследован Б.М. Садрисламовым [1] и И.С. Анисимовым [2; 3]. Благодаря их работам появилось детальное описание разреза и петрографическая характеристика слагающих его пород. Немногочисленные биостратиграфические данные были получены О.А. Нестояновой, И.С. Анисимовым, В.А. Масловым, О.В. Артюшковой, Е.В. Чибриковой, В.А. Олли, А.В. Рязанцевым и А.А. Беловой.

В настоящее время появились возможности дополнить результаты упомянутых исследователей. Прежде всего, это вызвано успехами геохимии. Сегодня разработаны подходы к генетической интерпретации литохимического состава песчаников, которые были применены к отложениям, обнаженным у д. Мансурово. Изложение результатов этих работ служит целью данного сообщения.

1. Краткая характеристика разреза

Разрез расположен в 20 км к северо-северо-западу от города Учалы Республики Башкортостан, непосредственно к северу от д. Мансурово, на южных склонах гор с вершинами 544,2 и 571,4 м, по левому (северному) берегу руч. Шартымка (рис. 1).

Данный разрез детально описан Б.М. Садрисламовым [1], И.С. Анисимовым [2; 3], В.А. Масловым [4; 5] и др. В связи с этим нет необходимости приводить его послонное

описание. Согласно данным упомянутых исследователей и нашим маршрутным наблюдениям разрез представляет собой последовательность псефито-псаммитовых и глинисто-кремнистых пород. Их падение восточное 120–140° под углами 45–60°. Мощность около 1000 м.

В основании разреза залегают тонко-лоистые серые и темно-серые кремни с кондонтами ордовика [6]. Подстилаются они базальтами и известняками [1–3].

Из нижней части разреза известны находки силурийских граптолитов [1–3; 7], из средней – силурийских акритарх [8] (см. рис. 1). Перекрывается силурийско-раннедевонская последовательность обломочных и кремнистых пород пироксеновыми и пироксен-плаггиоклазовыми порфиритами ирендыкской свиты [2; 4].

Отложения, залегающие ниже порфиритов, выделяется в самостоятельную мансуровскую толщу. Однако ее нижняя граница, как и граница силура с девоном, проводятся разными авторами в разных местах (см. рис. 1). В связи с этим термин «мансуровская толща» далее не употребляется.

Стоит отметить, что при дешифрировании аэрофотоснимков Е.В. Чибрикова и В.А. Олли [8] обнаружили различия в простираннии пород нижней и верхней частей разреза. На этом основании они сделали вывод о наличии разрывного нарушения, отделяющего силурийские отложения от близких по облику девонских. Стереоскопический анализ аэрофотоснимков не позволил нам подтвердить эти результаты. Простиранние пород повсеместно север-северо-восточное. Исключение составляет невысокий отрог, на котором были отобраны образцы с 15–121 по 15–125 (см. рис. 1). Простиранние пород на нем северо-восточное – приблизительно на 30° больше, чем в окружении. Однако это отличие, по всей видимости, не служит явным свидетельством масштабных разрывных дислокаций.

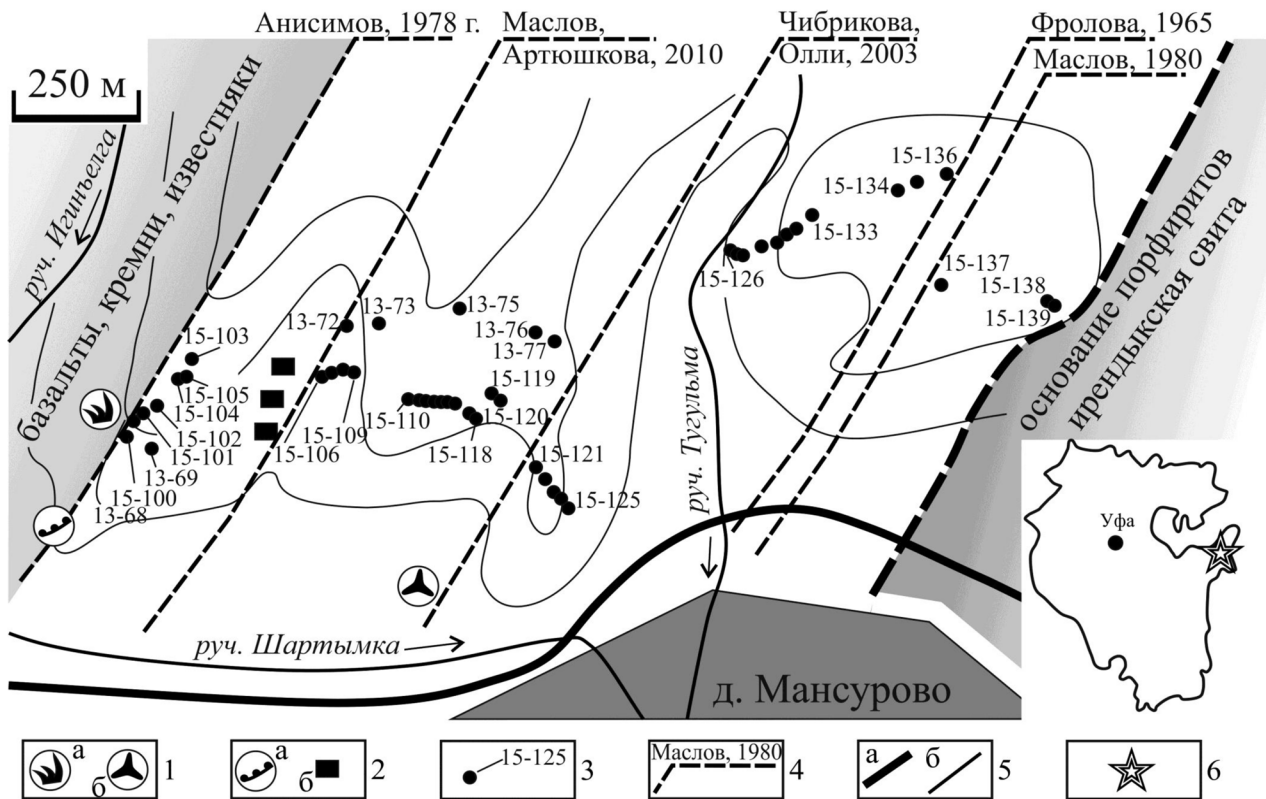


Рис. 1. Схема расположения находок фауны, стратиграфических границ и точек литохимического опробования в разрезе к северу от д. Мансурово

Условные обозначения: 1 – находки ордовикских конодонтов (а) и силурийских акритарх (б); 2 – примерное положение находок силурийских граптолитов: а – О.Н. Нестояновой, Т.Н. Корень и Б.М. Садрисламова по [1]; б – шурфы с находками силурийских граптолитов [2]; 3 – точки литохимического опробования и их номера; 4 – положение границы силура и девона по разным авторам (источники подписаны), 5 – железная дорога к Мансуровскому месторождению гранитов (а) и ручьи (б); 6 – положение изученного разреза на карте Республики Башкортостан

Обломочные разности представлены алевролитами и песчаниками всех гранулометрических классов, микститами щебнево-древяно-псаммитовыми и др. Ими сложены слои мощностью от 0,5 до 3 м.

Цикличность разреза проявлена многократным чередованием слоев кластолитов с градационной сортировкой и глинисто-кремнистых пород, причем эти разности распределены в разрезе неравномерно. Это позволило И.С. Анисимову [2] выделить пять макроциклитов, начинающихся и завершающихся интервалами с преобладанием кремнисто-тонкообломочных пород, а в средней части сложенных преимущественно грубозернистыми песчаниками и микститами.

Детальные петрографические описания кластолитов каждого из макроциклитов вы-

полнены И.С. Анисимовым [2]. Согласно его данным, состав обломочного материала меняется несущественно как от одного макроциклита к другому, так и внутри каждого.

Наши петрографические наблюдения, к сожалению, оказались не столь успешными. В подавляющем большинстве шлифов определить изначальный состав обломков невозможно – все они замещены вторичными минералами – серицитом, хлоритом, эпидотом, кварцем, кальцитом и др. Определенно распознается обломочная структура в крупнозернистых песчаниках и более грубых разностях. В единичных шлифах определяются уплощенные обломки кремнистых и кремнисто-глинистых пород, зерна микрокристаллических известняков, монокристаллы кальцита, пироксена, практически пол-

ностью замещенного плагиоклаза. Иногда встречаются обломки с реликтовой порфировой структурой.

Тонкослоистые породы с разной частотой встречаются по всему разрезу. В нижней его части преобладают темно-серые, почти черные углисто-глинисто-кремнистые сланцы. В верхней – зеленовато-серые и серые кремни и кремнисто-глинистые сланцы.

2. Геохимическая характеристика песчаников и особенности петрофонда

Образцы грубо- и крупнозернистых песчаников в количестве 47 штук были отобраны по всей мощности разреза. В химической лаборатории ИГ УФИЦ РАН в них было установлено содержание оксидов петрогенных элементов методами «мокрой химии» (аналитик С.А. Ягудина) и содержание Cr, Co, Ni, Cu и Zn методом атомной абсорбции (аналитик Н.Г. Христофорова). В шести образцах посредством рентгеновского флуоресцентного анализа было определено содержание Sc, V, Cr, Rb, Sr, Zr, Ba, Ce (спектрометр VRA-30, аналитики Юлдашбаева В.Ф., Мичурин С.В.).

На классификационной диаграмме М. Херрона [9] фигуративные точки состава песчаников расположились в поле железистых сланцев и в меньшей мере собственно сланцев (рис. 2), что свойственно вулканокластическим песчаникам Западно-Магнитогорской зоны [10]. На классификационной диаграмме Ф. Петтиджона [11] все без исключения точки попали в поле граувакк. На факторной диаграмме F1–F2 [12], служащей для идентификации состава пород в источнике сноса, все точки легли в область кластолитов первого цикла седиментации базальтового и в меньшей мере андезитового состава, тогда как на диаграмме $(\text{FeO}^* + \text{MgO}) / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ по [13] – в поле андезит-диоритового состава.

Детализировать состав обломочных пород позволяет также анализ литохимических модулей, внедренных в широкую практику литохимических исследований

Я.Э. Юдовичем и М.П. Кетрис [14]. Величины гидролизатного модуля $(\text{ГМ} = (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}_2) / \text{SiO}_2)$ колеблются в исследованных песчаниках в интервале 0,40–0,55, составляя в среднем 0,48. Содержание MgO варьирует в пределах 2,4–7,6%, а в среднем ровно 4,4%. Величина железного модуля $(\text{ЖМ} = (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}) / (\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3))$ не превышает 0,75. Эти показатели, в соответствии с литохимической классификацией [14] позволяют отнести исследуемые песчаники к псевдосиаллитам. Представители этого класса среди нормальных осадочных пород встречаются редко. Как правило, они являются пирогенными породами, например, базитовыми туффоидами, бентонитовыми глинами, сформированными по туфам или, как в данном случае, основными вулканокластическими граувакками. Значение фемического $(\text{ФМ} = (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}_2 + \text{MgO}) / \text{SiO}_2)$ и титанового $(\text{ТМ} = \text{TiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3)$ модулей, колеблющихся в интервалах 0,18–0,34 и 0,03–0,06, соответственно, подтверждают данный вывод.

Индексы CIA и CIW $(\text{CIA} = 100 \times \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}))$ [15]; $\text{CIW} = 100 \times \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O})$ [16], рассчитывается по молекулярным количествам) отвечает незрелым осадочным образованиям. Пределы их вариации составляют 38–63 и 39–79, а средние значения – 47 и 49, соответственно.

Геодинамические условия, в которых были сформированы вулканиты, мобилизованные в источнике сноса, могут быть реконструированы на основе имеющихся в нашем распоряжении литохимических данных при помощи нескольких диаграмм (рис. 2).

На диаграммах по [17–19] фигуративные точки состава песчаников расположились в пределах или в непосредственной близости от полей, отвечающих обломочным отложениям энзиматических островных дуг. Положение некоторых точек на полях, соответствующих другим геодинамическим обстановкам,

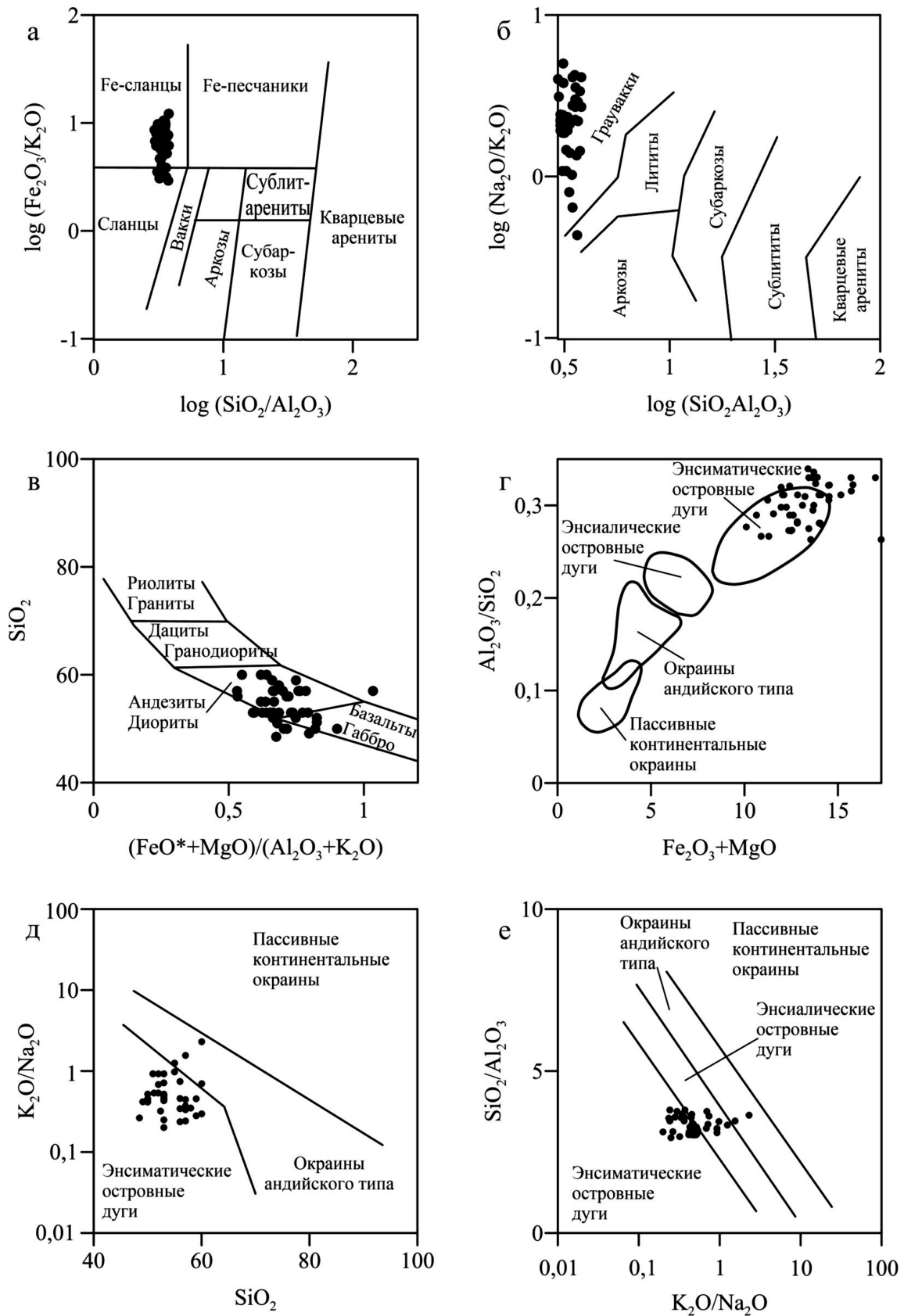


Рис. 2. Положение фигуративных точек состава песчаников разреза у д. Мансурово на диаграммах М. Херрона (а) [9], Ф. Петтиджона (б) [11], Т. Кусуноки и М. Мусашино (в) [13], М. Бхатии (г) [17], Б. Розера и Р. Корша (д) [18], Д. Мейнарда (е) [19].

вероятно, обусловлено примесью обломков известняков, кремней и глинисто-кремнистых сланцев, а также вторичными преобразованиями (калиевый метасоматоз и др.).

Таким образом, исследуемые граувакки являются отложениями, сформированными в первом цикле седиментации при накоплении продуктов мобилизации преимущественно основных (базальтов, андезибазальтов) магматических пород энсиматической островной дуги. Интенсивного химического выветривания обломочного материала не произошло.

3. Вариации химического состава песчаников по разрезу

По большинству литохимических параметров и содержанию Cr, Co, Ni, Cu, Zn граувакки не испытывают существенных изменений по разрезу. Исключением являются лишь содержание SiO₂, K₂O и величина AM (рис. 3).

Изменения содержания SiO₂ и значений алюмокремниевого модуля (AM= Al₂O₃/SiO₂) обусловлены, по всей вероятности, вариациями содержания в граувакках богатых кремнеземом обломков. Таковыми, в частности, являются обломки кремней. Они встречаются в шлифах и в штуфах в тех интервалах разреза, где концентрации SiO₂ высоки. Особенно это касается нижней его части (до образца № 15–121). Иной причиной понижения AM может являться присутствие зерен кислых вулканитов. Их наличие отмечено И.С. Анисимовым [2].

Причиной непостоянства AM и SiO₂ в верхней части разреза, по всей видимости, является большее количество факторов, например, окварцевание и присутствие среди обломков не только кремней, но и кремнисто-глинистых пород.

Одной из причин столь контрастных различий в содержании K₂O (см. рис. 3) может

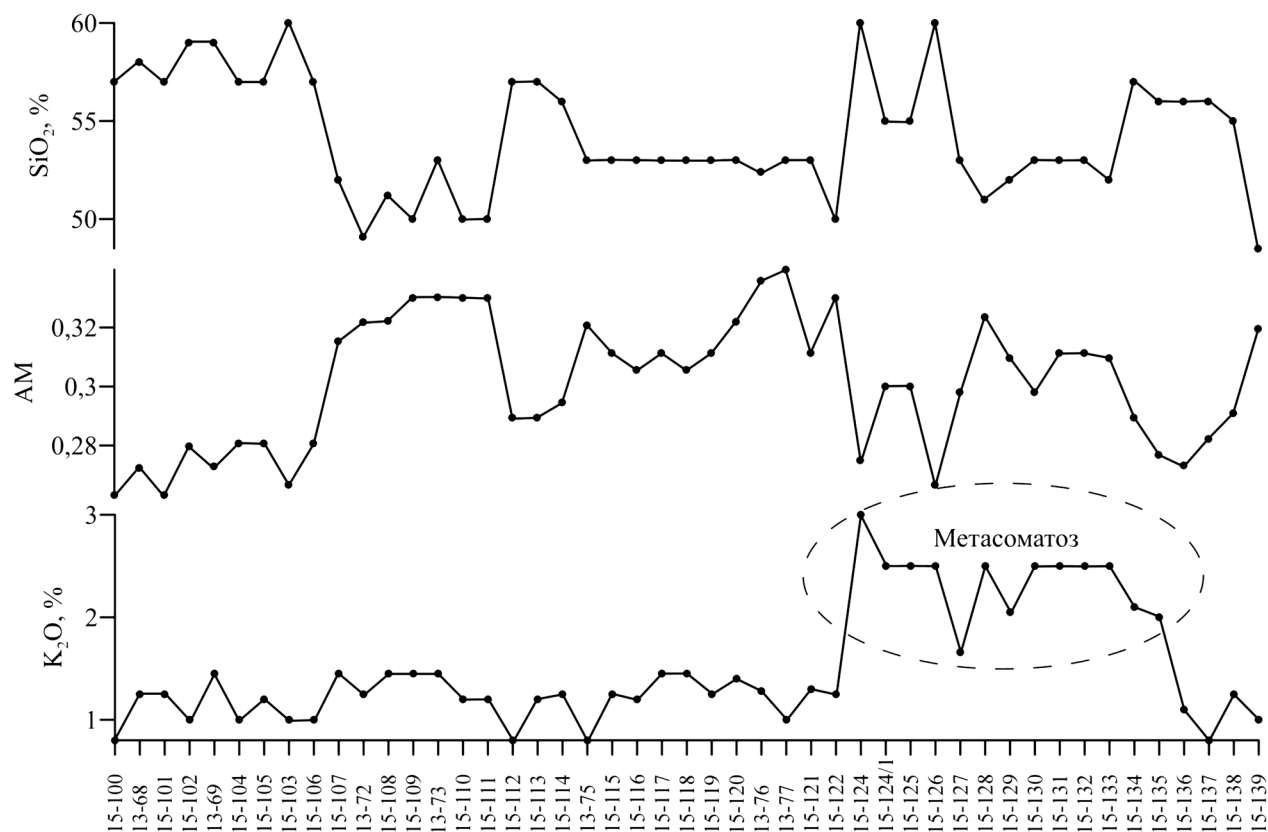


Рис. 3. Вариации содержания SiO₂, K₂O и AM в граувакках разреза у д. Мансурово

быть разница петрофонда граувакк. Для подтверждения этого были дополнительно проанализированы методом РФА 6 проб (с 15–120 по 15–125), отобранных ниже и выше резкого повышения содержания K_2O . По полученным данным были рассчитаны индикаторные отношения Ti/Zr , Sc/Cr , Co/Zr , Cr/V , Cr/Zr , Zr/Sc и ряд других. По всем ним пробы не имеют явных отличий. Это дает основание полагать, что повышенное содержание K_2O не связано с составом обломочного материала, а обусловлено другой причиной. Наиболее вероятной является проявление калиевого метасоматоза. Интенсивная серицитизация пород, присутствие к югу по простиранию от мест отбора проб (выемка железной дороги) большого числа кальцитовых и кварцевых жил, обильная пиритизация служат тому подтверждением.

4. Особенности формирования

В силурийско-нижнедевонском разрезе у д. Мансурово присутствуют отложения лишь двух типов – кремни часто с примесью пелитового, алевропсаммитового или углистого материала и кластолиты – отложения турбидных и обломочных потоков. Как видно из характеристики разреза, накопление всех этих осадков протекало непрерывно. Менялась лишь интенсивность поступления обломочного материала, зависящая от процессов, протекавших в источнике сноса. Следовательно, обстановки седиментации были стабильными. Наличие в разрезе гравититов большой мощности, их переслаивание с кремнями и отсутствие известняков свидетельствуют об относительно глубоководных обстановках седиментации.

Преобладание в обломочном материале вулканитов, низкие значения индексов выветривания и присутствие грубообломочных разностей указывают на высокую интенсивность процессов мобилизации, вызванную, по всей видимости, тектонической активностью в источнике сноса. В нем, судя по литохимическим параметрам, были наиболее распространены островодужные образования.

Принадлежность исследованных пород к тефроидам, т. е. к отложениям, сопровождающим вулканизм, или к вулканотерригенным породам, т. е. к продуктам разрушения литифицированных вулканитов, извержение которых не обязательно совпадает во времени с их активным размывом, на основе имеющегося фактического материала не может быть установлена.

Положение источников сноса вулканокластического материала остается не ясным. В качестве возможных вариантов могут быть рассмотрены либо отсутствующие в современном эрозионном срезе силурийско-раннедевонские вулканиты, либо силурийские островодужные вулканиты Среднего Урала или нелитифицированные продукты их размыва.

Заключение. По результатам анализа литогеохимического состава вулканокластических граувакк силурийско–нижнедевонской последовательности (47 проб с определением содержания породообразующих элементов, Cr , Co , Ni , Cu , Zn), обнаженной к северу от д. Мансурово Учалинского района Республики Башкортостан, обобщения маршрутных, фондовых и опубликованных материалов можно сделать следующие выводы:

1. Кластический материал представлен преимущественно вулканитами среднего и основного состава. Обломки кремней, глинисто-кремнистых разностей и известняков имеют подчиненное значение, хотя в некоторых прослоях составляют существенную часть пород. По содержанию породообразующих элементов песчаники соответствуют отложениям, распространенным в акваториях энсиматических островных дуг. Степень химического выветривания слагающего их материала низкая.

2. Литогеохимический состав граувакк не испытывает существенных изменений по разрезу. Исключением является алюмокремниевый модуль AM и содержание SiO_2 . Их вариации преимущественно сопряжены с изменением содержания обломков кремней и кислых вулканитов.

3. Седиментация протекала стабильно в глубоководных условиях, с периодическими колебаниями интенсивности поступления гравитационных потоков обломочного мате-

риала, зависящими от процессов, протекавших в источнике сноса.

4. Граувакки верхней части разреза подвержены калиевому метасоматозу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Садрисламов Б.М., Тамбовцев В.В., Бородина В.Л. Отчет по теме «Стратиграфия силурийских и девонских отложений зеленокаменного комплекса восточного склона Южного Урала» за 1960–1964 гг. // БФ ФБУ «ТФИ по ПФО», инв. № 6719.
2. Отчет по геологическому доизучению в масштабе 1:50000 объекта «Ургунская площадь» за 1972–1978 годы / И.С. Анисимов, Л.Н. Сопко, Ф.Я. Ямаев, И.И. Калташева, И.Ш. Мухаметов. Т. 1. Уфа: 1978. 414 с. // БФ ФБУ «ТФИ по ПФО», инв. № 10145.
3. Мансуровская толща: ее строение и положение в геологическом разрезе девона / И.С. Анисимов // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. Материалы 9-й Межрегиональной научно-практической конференции, Уфа, 19–22 ноября 2012. Уфа: ДизайнПресс, 2012. С. 3–6.
4. Маслов В.А. Девон восточного склона Южного Урала. М.: Наука, 1980. 224 с.
5. Маслов В.А., Артюшкова О.В. Стратиграфия и корреляция девонских отложений Магнитогорской мегазоны Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 288 с.
6. Маслов В.А., Артюшкова О.В. Стратиграфия палеозойских образований Учалинского района Башкирии. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2000. 140 с.
7. Нестоянова О.А., Корень Т.Н. О новых находках лудловских граптолитов на Южном Урале // Доклады Академии наук СССР. 1963. Т. 151. № 2. С. 407–410.
8. Чибрикова Е.В., Олли В.А. Соотношение силурийских и девонских (ирендыкских) пород в разрезе «Мансурово» // Геологический сборник № 3. Информационные материалы. Уфа: ИГ УНЦ РАН. 2003. С. 51–52.
9. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // J. Sed. Petrol. 1988. Vol. 58. P. 820–829.
10. Дискриминантные палеогеодинамические диаграммы для терригенных пород: опыт сопоставления / А.В. Маслов, В.Н. Подковыров, Г.А. Мизенс, А.Д. Ножкин, А.М. Фазлиахметов, А.И. Малиновский, А.К. Худолей, Л.Н. Котова, А.В. Купцова. Э.З. Гареев, Р.И. Зайнуллин // Геохимия. 2016. № 7. С. 579–595.
11. Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 536 с.
12. Roser B.D., Korsch R.J. Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major element data // Chem. Geol. 1988. Vol. 67. P. 119–139.
13. Kusunoki T., Musashino M. Comparison of the Middle Jurassic to Earliest Cretaceous sandstones from the Japanese Islands and South Sikhote-Alin // Earth Science. 2001. Vol. 55. № 5. P. 293–306.
14. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
15. Nesbitt H.W., Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. 1982. Vol. 299. P. 715–717.
16. Harnois L. The CIW index: A new chemical index of weathering // Sed. Geol. 1988. Т. 5. № 3–4. P. 319–322.
17. Bhatia M.R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones // The Journal of Geology. 1983. Vol. 91. P. 611–627.
18. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone–mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio // The Journal of Geology. 1986. Vol. 94. P. 635–650.
19. Maynard J.B., Valloni R, Yu H.S. Composition of modern deep-sea sands from arc-related basins // Geological Society of London. Special Publication. 1982. Vol. 10. P. 551–561.

REFERENCES

1. Sadrislamov B.M., Tambovtsev V.V., Borodina V.L. Otchet po teme «Stratigrafiya siluriyskikh i devonskikh otlozheniy zelenokamennogo kompleksa vostochnogo sklona Yuzhnogo Urala» za 1960–1964 gg [Report on the topic «Stratigraphy of the Silurian and Devonian deposits of the greenstone complex or the eastern slope of the South Urals» for 1960–1964]. BF FBU «TFGI po PFO», no. 6719. (In Russian).

2. Anisimov I.S., Sopko L.N., Yamaev F.Ya., Kalta-sheva I.I., Mukhametov I.Sh. Otchet po geologicheskomu doizucheniyu v mashtabe 1:50000 obyekta «Urgunskaya ploshchad» za 1972–1978 gody [Report on geological survey on a scale of 1: 50000 objects «Urgun Square” for 1972–1978]. Ufa, 1978, vol. 1, BF FBU «TFGI po PFO», no. 10145. 414 p. (In Russian).
3. Anisimov I.S. Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geohkologii Bashkortostana, Urala i sopredelnykh territoriy [Geology, minerals and problems of geocology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories. Proceedings of the 9th Interregional Science and Research Conference. Ufa, November 19–22, 2012. Ufa, Dizayn-Press, 2012, pp. 3–6. (In Russian).
4. Maslov V.A. Devon vostochnogo sklona Yuzhnogo Urala [The Devonian of the eastern slope of the South Urals]. Moscow, Nauka, 1980. 224 p. (In Russian).
5. Maslov V.A., Artyushkova O.V. Stratigrafiya i korrelyatsiya devonskikh otlozheniy Magnitogorskoy megazonny Yuzhnogo Urala [Stratigraphy and correlation of the Devonian deposits of the Magnitogorsk megazone in the South Urals]. Ufa, DizaynPoligrafServis, 2010. 288 p. (In Russian).
6. Maslov V.A., Artyushkova O.V. Stratigrafiya paleozoyskikh obrazovaniy Uchalinskogo rayona Bashkirii [Stratigraphy of Paleozoic rocks of the Uchaly district in Bashkiria]. Ufa, IG UNTs RAN, 2000. 140 p. (In Russian).
7. Nestoyanova O.A., Koren T.N. O novykh nakhodkakh ludlovskikh graptolitov na Yuzhnom Urale [On new findings of Ludlowian graptolites in the South Urals]. Doklady Earth Sciences, 1963, vol. 151, no. 2, pp. 407–410. (In Russian).
8. Chibrikova E.V., Olli V.A. Sootnoshenie siluriyskikh i devonskikh (irendyyskikh) porod v razreze «Mansurivi» [The relationship between Paleozoic and Devonian (Irendyk) rocks in the Mansurivi section]. Collected papers in geology. No. 3. Information materials. Ufa, IG UNTs RAN, 2003, pp. 51–52. (In Russian).
9. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. J. Sed. Petrol., 1988, vol. 58, pp. 820–829.
10. Maslov A.V., Podkovyrov V.N., Mizens G.A., Nozhkin A.D., Fazliakhmetov A.M., Malinovskiy A.I., Khudoley A.K., Kotova L.N., Kuptsova A.V., Gareev E.Z., Zaynullin R.I. Discriminantnye paleogeodinamicheskie diagrammy dlya terrigennykh porod: opyt sopostavlenniya [Discriminant paleogeodynamic diagrams for terrigenous rocks: Experience on correlation. Geochemistry International, 2016, no. 7, pp. 579–595. (In Russian).
11. Pettijohn F., Potter P., Siever R. Sands and sandstones. Russian edition. Moscow, Mir, 1976. 536 p. (In Russian).
12. Roser B.D., Korsch R.J. Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data. Chem. Geol., 1988, vol. 67, pp. 119–139.
13. Kusunoki T., Musashino M. Comparison of the Middle Jurassic to Earliest Cretaceous sandstones from the Japanese Islands and South Sikhote-Alin. Earth Science, 2001, vol. 55, no. 5, pp. 293–306.
14. Yudovich Ya.E., Ketris M.P. Osnovy litohimii [Fundamentals of lithochemistry]. St. Petersburg, Nauka, 2000. 479 p. (In Russian).
15. Nesbitt H.W., Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. Nature, 1982, vol. 299, pp. 715–717.
16. Harnois L. The CIW index: A new chemical index of weathering. Sed. Geol., 1988, vol. 5, no. 3–4, pp. 319–322.
17. Bhatia M.R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. The Journal of Geology, 1983, vol. 91, pp. 611–627.
18. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. The Journal of Geology, 1986, vol. 94, pp. 635–650.
19. Maynard J.B., Valloni R, Yu H.S. Composition of modern deep-sea sands from arc-related basins. Geological Society of London. Special Publication, 1982, vol. 10, pp. 551–561.

Автор глубоко признателен **В.А. Маслову** за демонстрацию разреза в 2012 году.

Благодарность выражается выпускникам кафедры геологии и полезных ископаемых БашГУ

Р.И. Зайнуллину, И.Х. Сафину и А.А. Гилязову за помощь в опробовании

разреза и пробоподготовку.

Исследования выполнены по теме государственного задания № 0246-2019-0118.