

значительная доля вулканогенного материала, представляющего собой продукты размыва нижележащих базальтов и риолитов машакской свиты.

4. Для углеродистых отложений зигальгинской и машакской свит существовали разные источники привноса терригенного материала, отличные не только по химическому составу, но и по направлению движения. В машакское время привнос происходил с северо-западной стороны, в зигальгинское – с юго-восточной.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы № 14 Президиума РАН, проект «Минерально-сырьевая база Южного Урала, изучение и использование нетрадиционных и перспективных традиционных видов рудного и техногенного сырья, геоэкология».

Литература

Горбачев О. В., Созинов Н. А. Некоторые петрохимические и геохимические аспекты типизации углеродистых отложений докембрия // Проблемы осадочной геологии докембрия. Вып. 10. М.: Наука, 1985. С. 46–57.

Маслов А. В. Рифейские углеродистые отложения Башкирского мегантиклинория // Литология и полезные ископаемые, 1998. № 3. С. 101–109.

Рыкус М. В., Андреев Н. И., Муркин В. П., Маслов А. В., Сначев В. И. Углеродистые отложения докембрия Южного Урала. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1993. 40 с.

Семенов Н. П., Головкин Н. И., Жуков Г. В., Ладнева В. Д., Макухина А. А. Петрография железисто-кремнистых формаций Украинской ССР. Киев: АН УССР, 1956. 215 с.

Сначев В. И., Пучков В. Н., Савельев Д. Е. и др. Рудоносность конгломератов и углеродистых отложений северной части Маярдакского и Ямантауского антиклинориев // Природный комплекс Южно-Уральского государственного природного заповедника и сопредельных территорий / Труды Южно-Уральского государственного природного заповедника. Вып. 1. Уфа: Принт, 2008. С. 198–209.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Химическая классификация осадочных горных пород. Сыктывкар: Коми фил. АН СССР, 1986. Вып. 148. 34 с.

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.

А. В. Сначев

*Институт геологии УНЦ РАН, г. Уфа
SAVant@inbox.ru*

Палеогеографические условия и рудоносность углеродистых отложений чулаксайской свиты (Восточно-Уральская мегазона)

Чулаксайская свита была выделена Н. Ф. Мамаевым и названа им по р. Чулаксай (западная часть листа N-41-XXXI), где она согласно залегает на нижележащих образованиях кусоканской свиты ($R_1^{?ks}$) и несогласно перекрывается римникской свитой (O_1^{rm}). В разрезе свиты по литологическим особенностям можно выделить две подсвиты: нижнюю и верхнюю [Мамаев, 1965].

Нижнечулаксайская подсвета сложена, в основном, темными и серыми, иногда полосчатыми кремнистыми и кварцевыми графитистыми сланцами, порфириитоидами, зелеными слюдяными сланцами и темными филлитами. Выше их располагаются преимущественно кварцевые сланцы и массивного сложения кварциты, местами графитистые.

Верхнечулаксайская подсвета представлена чередующимися углистыми кремнистыми и брекчиевидными кварцевыми сланцами, кварцево-хлоритовыми и слюдяными графитизированными филлитами, заключающими отдельные пласты кварцитов.

Общая мощность свиты в разрезе по р. Чулаксай составляет 750 м.

Преобладающими породами в составе свиты являются кварцевые графитистые сланцы, отличающиеся темной или полосчатой окраской, отчетливой сланцеватостью. Структура их микрогранобластовая, текстура тонкополосчатая, образованная мельчайшими зернами (0.1–0.001 мм) кварца. Графитистое вещество в виде мельчайших точечных выделений распределено по всей массе породы, но в наибольших количествах, иногда совместно с тонкочешуйчатый серицитом и пелитоморфным карбонатом, концентрируется по плоскостям сланцеватости породы [Мамаев, 1965].

Возраст толщи согласно легенде Южно-Уральской серии определен условно как среднерифейский, однако изучение углеродистых кварцитов чулаксайской свиты в пределах листа N-41-XXV масштаба 1:200 000 показало, что они по составу, характеру дислоцированности и степени метаморфизма принципиально не отличаются от слабо метаморфизованных углистых песчаников и алевролитов брединской свиты (C₁bd). Отсутствие тектонических контактов между ними и постепенные переходы от неметаморфизованных разностей к метаморфизованным не исключают, что углеродистые кварциты и другие метаморфиты чулаксайской свиты на самом деле являются палеозойскими [Тевелев и др., 2006].

Нами в ходе проведения геологической съемки листа N-41 масштаба 1:1 000 000 был описан разрез чулаксайской свиты, расположенный в 4-х км западнее д. Сосновка (около пос. Бреды). Здесь, в бортах отводного канала по р. Чулаксай, на протяжении более чем 300 м обнажаются (сверху вниз):

0.0–9.0 м – сланцы плейчатые, слюдяно-глинистые и углеродисто-глинистые, ожелезненные, выветрелые, с мелкими будинами кварца и желваковидными включениями окварцованных и карбонатизированных более плотных пород;

9.0–16.4 м – преимущественно серицит-глинистые сланцы серого цвета, выветрелые;

16.4–17.2 м – сланцы глинистые с прослоями описанных выше более плотных ожелезненных и выветрелых пород (мощность 0.1–0.2 м) и кварцитов серого цвета;

17.2–24.5 м – сланцы серицит-глинистые, плейчатые, ожелезненные, с будинами кварца жильного, ожелезненного;

24.5–48.0 м – чередование сильно выветрелых сланцев глинистых и углеродисто-глинистых с редкими будинами кварца и плотных существенно кварцевых светло-зеленых пород;

48.0–53.0 м – породы сильно выветрелые, карбонатизированные, неясной первичной природы. Жила кварца темно-серого с обильным пиритом (0.4 м);

53.0–62.0 м – породы выветрелые, не сланцеватые, однородно обохранные, иногда – с включениями крупных кристаллов пирита (до 1 см), замещенного лимонитом;

62.0–119.0 м – задерновано, точнее завалено многочисленными обломками углеродисто-глинистых сланцев, углеродистых кварцитов, карбонатных желваковых пород коры выветривания;

119.0–134.0 м – интенсивно лимонитизированные породы, образованные скорее всего по серицит-хлоритовым сланцам, возможно сульфидизированным;

134.0–144.8 м – сланцы серицит-хлоритовые и слюдисто-глинистые, осветленные и выветрелые;

144.8–181.0 м – задерновано;

181.0–191.0 м – кварциты углеродистые;

191.0–195.0 м – сланцы углеродисто-кремнистые, щеповидные, слюдисто-кремнистые, интенсивно окварцованные;

195.0–201.0 м – кварциты графитистые, массивные;

201.0–209.0 м – сланцы углеродисто-кремнистые и углеродисто-кремнисто-глинистые;

209.0–209.5 м – кварциты светло-серые;

209.5–220.0 м – сланцы углеродисто-кремнистые и кремнисто-глинистые, сильно выветрелые, ожелезненные;

220.0–226.0 м – частое чередование сланцев углеродисто-хлорито-глинистых, углеродисто-кремнистых и кварцитов углеродистых, реже – серицит-хлоритовых сланцев: все породы, кроме кварцитов, сильно выветрелые, характерна плейчатость, а кварциты часто образуют пережимы и раздувы;

226.0–246.0 м – углеродисто-кварцевые сланцы, облекаемые со всех сторон более податливыми углеродисто-глинистыми и углеродисто-хлоритовыми сланцами с мелкими линзочками жильного кварца;

246.0–265.0 м – сланцы преимущественно углеродисто-кварцевые, углеродисто-кремнистые, углеродисто-глинисто-кремнистые, выветрелые, ожелезненные;

265.0–271.4 м – сланцы углеродисто-хлоритовые, мягкие, сильно выветрелые;

271.4–278.0 м – сланцы интенсивно смятые и разрушенные, преимущественно углеродисто-кремнистые, углеродисто-хлорит-кремнистые;

278.0–281.6 м – сланцы серицит-кварцевые;

281.6–283.0 м – будина углеродистых кварцитов;

283.0–291.5 м – сланцы серицит-хлоритовые в меньшей степени углеродисто-серицит-хлоритовые и углеродисто-кварцевые;

291.5–299.0 м – сланцы углеродисто-кремнистые и углеродисто-глинисто-кремнистые, выветрелые;

299.0–302.0 м – сланцы углеродисто-кварц-хлоритовые, сильно смятые и выветрелые, ожелезненные, с будинами более плотных углеродисто-кварцевых пород;

302.0–313.5 м – сланцы серицит-хлоритовые, мягкие на ощупь, выветрелые;

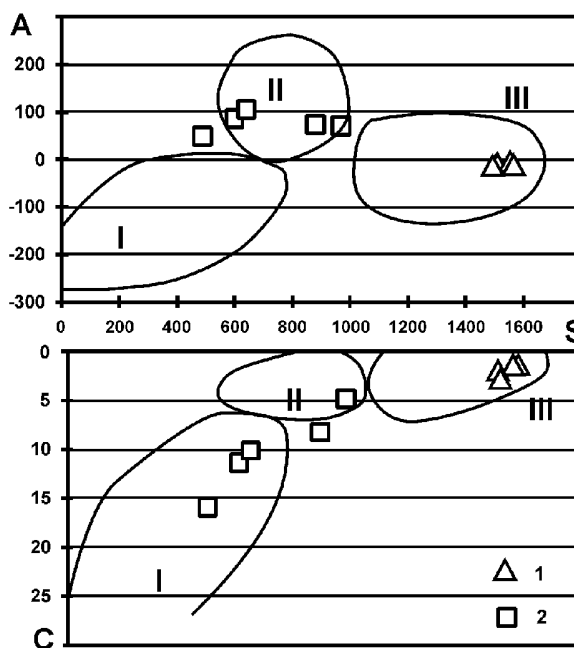
313.5–320.5 м – кварциты углеродистые;

320.5–350.0 м – задерновано, борта отводного канала сложены рыхлыми продуктами разрушения сланцев и кварцитов, суглинками коры выветривания.

Углеродистые отложения являются весьма информативными образованиями, рассмотрение которых позволяет приблизиться к пониманию палеогеографической обстановки накопления. Силикатный и атомно-абсорбционный (Co, Ni, Cr) анализы наименее измененных углеродистых сланцев и кварцитов, а также углеродисто-хлорит-кремнистых сланцев, был выполнен в химической лаборатории Института геологии УНЦ РАН (аналитики С. А. Ягудина, Н. Г. Христофорова).

Рис. 1. Типизация углеродистых отложений чулаксайской свиты с помощью диаграммы О. В. Горбачева, Н. А. Созинова [1985].

Поля формаций: I – карбонатно-углеродистая, II – терригенно-углеродистая, III – кремнисто-углеродистая. Породы: 1 – углеродистые сланцы и кварциты, 2 – углеродисто-хлорит-кремнистые и серицит-хлоритовые сланцы.



Для определения формационной принадлежности углеродистых отложений использовалась диаграмма А–S–С, полученная на основе обобщения большого количества химических анализов пород углеродистых формаций [Горбачев, Созинов, 1985]. Параметры $A = (Al_2O_3 - (CaO + K_2O + Na_2O)) * 1000$ и $S = (SiO_2 - (Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO + CaO + MgO)) * 1000$ выражены в молекулярных количествах, параметр $C = (CaO + MgO)$ – в массовых долях оксидов. Углеродистые сланцы и кварциты чулаксайской свиты на данной диаграмме (рис. 1) занимают поле кремнисто-углеродистой формации, а углеродисто-хлорит-кремнистые и серицит-хлоритовые сланцы попадают между областями карбонатно-углеродистой и терригенно-углеродистой формации. Данное распределение указывает на непостоянство условий осадконакопления. Первая группа накапливалась в обстановке с минимальным привнесом терригенной примеси, возможно на некотором удалении от береговой линии, а вторая – в прибрежно-мелководной. Косвенным подтверждением этому является повышенная карбонатность и наличие редких члеников криноидей в разрезе свиты.

Интерпретация состава углеродистых отложений чулаксайской свиты проводилась по стандартным петрохимическим параметрам (модулям), рассчитываемым по силикатным анализам [Юдович и др., 1998].

Гидролизатный модуль ($ГМ = (TiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO + MnO) / SiO_2$) является универсальным для большинства терригенных и кремнистых пород. Чем выше значение гидролизатного модуля, тем более сильное и глубокое выветривание претерпели исходные породы источников сноса и чем ниже его значение, тем «чище» осадок от продуктов выветривания, т.е. выше зрелость породы. Углеродисто-хлорит-кремнистые и углеродисто-глинисто-кремнистые сланцы чулаксайской свиты по значениями гидролизатного модуля относятся к классу миосилитов, а углеродистые сланцы и кварциты, характеризующиеся ничтожно малыми цифрами (среднее 0,026), к подклассу ультраэвсилитов, что указывает на ничтожный привнос в бассейн осадконакопления продуктов выветривания с континента.

Закисный модуль ($ZM = FeO/Fe_2O_3$) отражает окислительные или восстановительные условия в бассейне осадконакопления. Для всех проб отмечается значение закисного модуля меньше единицы, что соответствует окислительной обстановке, характерной для мелководного бассейна. Значительное преобладание FeO над Fe_2O_3 для сланцев чулаксайской свиты объясняется восстановлением железа в изолированном бассейне за счет окисления органического вещества.

Индикатор Fe/Mn. Одним из фациальных индикаторов для осадочных отложений является отношение железа и марганца. Значение этого модуля уменьшается с увеличением глубины и с переходом от шельфовых фаций к пелагическим. Пересчет содержаний железа и марганца в кремнисто-углеродистых отложениях чулаксайской свиты показывает, что они отлагались в условиях, близких к мелководным и даже мелководно-прибрежным.

Тройная петрохимическая диаграмма Н. П. Семененко служит для восстановления первичной природы и химической классификации метаморфических пород [Семененко и др., 1956]. Параметры рассчитываются по главным окислам и приводятся к 100 %.

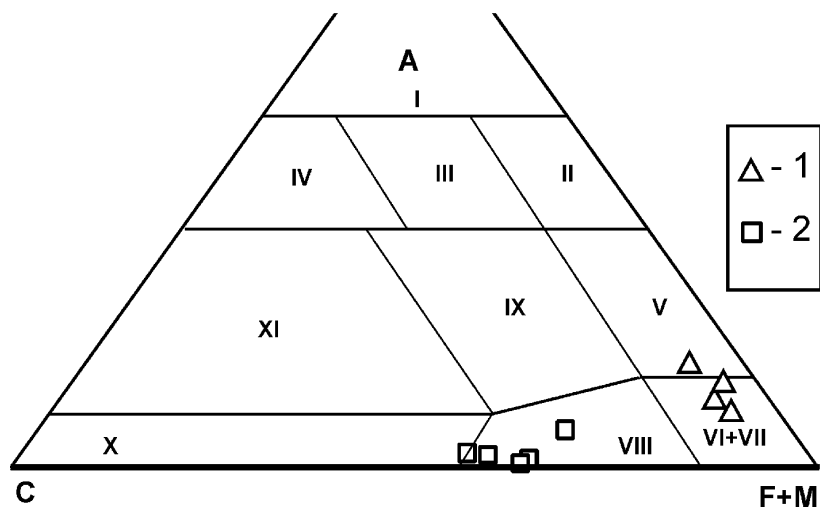


Рис. 2. Разделение углеродистых отложений чулаксайской свиты на петрохимической диаграмме Н. П. Семененко и др. [1956].

Поля: I – подгруппы собственно алюмосиликатных пород, II – подгруппы железисто-магнезиально-алюмосиликатных пород, III – подгруппы щелочноземельно-алюмосиликатных пород орторяда, IV – подгруппы известково-алюмосиликатных пород, V – группы глиноземисто-магнезиально-железисто-кремнистых пород, VI – группы железисто-кремнистых пород, VII – группы магнезиальных ультраосновных пород орторяда, VIII – группы щелочноземельно-малоглиноземистых ультраосновных пород орторяда, IX – группы щелочноземельно-глиноземистых основных пород орторяда, X – известково-карбонатной подгруппы щелочноземельно-известкового ряда, XI – глиноземисто-известковой подгруппы щелочноземельно-известкового ряда.

Породы: 1 – углеродистые сланцы и кварциты, 2 – углеродисто-хлорит-кремнистые и серицит-хлоритовые сланцы.

Глиноземистость (A^*) = $100 \cdot Al_2O_3 / (Al_2O_3 + MgO + CaO + 2Fe_2O_3 + 2FeO)$.

Известковистость (C^*) = $100 \cdot CaO / (Al_2O_3 + MgO + CaO + 2Fe_2O_3 + 2FeO)$.

Ферромагнезиальность

($F+M$) = $100 \cdot (MgO + Fe_2O_3 + FeO) / (Al_2O_3 + MgO + CaO + 2Fe_2O_3 + 2FeO)$.

Анализы, вынесенные на данную диаграмму, показывают четкое разделение углеродисто-хлорит-кремнистых, углеродисто-глинисто-кремнистых сланцев с одной стороны и углеродистых сланцев, кварцитов – с другой (рис. 2). Для первых источником терригенного материала являлись щелочноземельно-малоглиноземистые ультраосновные породы орторяда, а для вторых, несмотря на очень малое его количество, магнезиальные ультраосновные породы орторяда, что подтверждается и высокими содержаниями Co, Ni, Cr в рассматриваемых углеродистых сланцах.

Углеродистые отложения, как известно, представляют собой весьма благоприятную геохимическую среду для первичного накопления многих промышленно важных элементов. При определённых условиях, особенно в областях проявления магматизма, зонального метаморфизма и тектонической активности, углеродистые породы могут концентрировать в себе крупные залежи благородных, редких металлов, никеля и т.д.

Учитывая это, нами были отобраны штучные и бороздовые пробы в наиболее измененных, окварцованных, сульфидизированных или ожелезненных интервалах рассматриваемого разреза. Анализы проводились в Международной независимой лаборатории фирмы Alex Stewart geochemical (г. Москва) методом пробирной плавки с ИСР окончанием.

К сожалению, во всех десяти пробах содержания золота, палладия и платины не превышают или граничат с порогом чувствительности метода в 0.01 г/т, что в лучшем случае может соответствовать кларковым значениям для данного типа пород.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы № 14 Президиума РАН, проект «Минерально-сырьевая база Южного Урала, изучение и использование нетрадиционных и перспективных традиционных видов рудного и техногенного сырья, геоэкология».

Литература

Горбачев О. В., Созинов Н. А. Некоторые петрохимические и геохимические аспекты типизации углеродистых отложений докембрия // Проблемы осадочной геологии докембрия. Вып. 10. М.: Наука, 1985. С. 46–57.

Мамаев Н. Ф. Геологическое строение и история развития восточного склона Южного Урала. Свердловск, «Уральский рабочий», 1965. 167 с.

Семенов Н. П., Головкин Н. И., Жуков Г. В. и др. Петрография железисто-кремнистых формаций Украинской ССР. Киев: АН УССР, 1956. 215 с.

Тевелев А. В., Кошелева И. А., Попов В. С. и др. Палеозоида зоны сочленения Восточного Урала и Зауралья // Труды лаборатории геологии складчатых поясов. Вып. 4. М.: МГУ, 2006. 300 с.

Юдович Я. Э., Беляев А. А., Кетрис М. П. Геохимия и рудогенез черных сланцев Пай-Хоя. СПб.: Наука, 1998. 366 с.