

УДК 551.72:553.078:551.2

МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ СРЕДНЕРИФЕЙСКОГО ВРЕМЕНИ НА ЗАПАДНОМ СКЛОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА

© 2004 г. М. Т. Крупенин

Представлено академиком В.А. Коротеевым 06.04.2004 г.

Поступило 23.04.2004 г.

Среднерифейское (1350–1030 млн. лет [1]) и начало позднерифейского времени совпадает с Гренвильским орогеническим циклом, который проявился в различных регионах мира и охватил временной интервал 1250–980 млн. лет [2]. Особенностью данного отрезка истории развития стратотипа рифея, приуроченного к Башкирскому мегантиклинорию (БМ) на западном склоне Южного Урала, является отсутствие признаков орогенеза [3, 4]. Отложения нижнего и среднего рифея БМ вмещают крупнейшие стратиформные месторождения магнетитов и сидеритов, ряд проявлений и месторождений баритов, свинца и цинка, а также жильные месторождения флюорита. Новые геолого-геохронологические данные, уточняющие условия и время формирования различных типов стратиформного оруденения в регионе, показывают, что образование рудоносных флюидов в среднерифейском осадочном бассейне на востоке Восточно-Европейской платформы было связано с рифтогенной активизацией в интервале времени 1230–1010 млн. лет, примерно совпадающей с гренвильским орогеническим циклом и являющейся его своеобразным отражением.

Башкирский мегантиклинорий представляет собой складчато-блоковое тектоническое сооружение в южной части Центрально-Уральского поднятия. Типовая последовательность рифея с возрастом от 1650 до 600 млн. лет содержит три трансгрессивные серии общей мощностью более 15 км [3], имеющие закономерное строение с преобладанием в нижней части кластических, а в верхней – сланцево-карбонатных отложений. Формирование серий происходило в раннем и среднем рифее в морских и полузамкнутых интракратонных водоемах, в позднем рифее был сформирован крупный перикратонный бассейн. Породы изменены на уровне глубинного катагенеза, в восточной части структуры – мета-

генеза. Магматизм проявлен слабо и выражен несколькими генерациями диабазовых даек, развитых преимущественно в нижнерифейских породах. Формирование в начале среднего рифея вулканогенно-терригенной машакской свиты мощностью до 3000 м, содержащей комплекс субщелочных базальтов и риолитов в узкой меридиональной зоне Машакского грабена с возрастом 1350 млн. лет [4], имело значение для минерации региона. Рифейская последовательность испытала неоднократные тектонические перестройки, в том числе в байкальскую и герцинскую тектонические эпохи.

Стратифицированность и, одновременно, эпигенетичность рудных тел в месторождениях региона определяют дискуссионность их образования. Л.В. Анфимовым [5] показана принципиальная возможность образования стратиформного оруденения в процессе катагенеза карбонатно-сланцевых комплексов, но время и механизм рудоотложения оставались неясными.

Бакальская группа сидеритовых месторождений в карбонатно-сланцевой бакальской свите нижнего рифея в бортовой западной зоне Машакского грабена является крупнейшим в мире скоплением этого типа железных руд. Метасоматический характер оруденения подтверждается секущим положением рудных тел относительно осадочных карбонатных фаций, структурно-литологическим контролем размещения сидеритов вдоль поверхности углового межформационного несогласия карбонатных пород нижнего и кварцитовидных песчаников среднего рифея, присутствием до- и послерудных диабазовых даек [6]. Изучение Rb–Sr-изотопных систем карбонатных пород и руд [7] показало значительное превышение величины отношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ для сидеритов (0.7271–0.7391) и околорудных метасоматических доломитов по сравнению с вмещающими известняками (0.7046). Повышенное содержание радиогенного стронция в метасоматитах предполагает источником железосодержащих гидротермальных флюидов породы, имеющие высокие концентрации рубидия. Поскольку в рудах не выявлено геохимических индикаторов связи флюидов с

плутоническими образованиями, то подтверждается ранее полученный вывод о формировании железорудных растворов во время элизионно-катагенетических процессов в терригенно-глинистых толщах нижнего рифея [5, 6]. Изучение U–Pb–Th-изотопной системы сидеритов позволило получить Pb–Pb-изохрону с возрастом 1010 ± 100 млн. лет [7, 8]. В песчаниках зильмердакской свиты, залегающей в основании позднерифейской серии, присутствуют цирконы с возрастом 1100–1070 млн. лет [9], следовательно, сидеритообразование на Бакале связано с тектоническими событиями в конце среднего рифея.

Проявления жильной флюоритовой минерализации в БМ приурочены к субмеридиональной зоне развития карбонатных пород нижнего рифея в западном борту Машакского грабена. Детальное изучение последовательности образования генераций флюорита на Суранском флюоритовом месторождении, их геохимических особенностей [10] указывает, что фтор был извлечен из кислых магматических пород Машакского грабена в процессе их взаимодействия с катагенетическими рассолами. Генетическая связь взаимодействия рассолов с рифтогенными магматическими породами подтверждается высокими концентрациями РЗЭ и интенсивной отрицательной Eu-аномалией в поздних генерациях флюоритов. Изотопный возраст флюоритов составил около 1220–1230 млн. лет по данным Rb–Sr- и Sm–Nd-методов [8]. Образование флюорита связывается с этапом активизации тектонических движений в середине среднего рифея.

Барит-полиметаллическая минерализация в регионе приурочена к авзянской свите (Кужинское и Верхне-Аршинское месторождения и ряд рудопроявлений). Наличие стратифицированных сульфидных горизонтов и пластообразная форма залежей, реликты седиментогенной слоистости руд, изотопный состав серы сульфидных руд ($\delta^{34}\text{S} = +21\text{--}26\text{‰}$) [8] указывают на первично осадочное рудонакопление в результате циклической сульфатредукции при разгрузке металлонесных термальных эксгалиций во впадинах морского дна. На последующих тектонических этапах, прежде всего в венде, форма рудных тел и другие первичные признаки были преобразованы процессами ремобилизации, что определило отнесение этих месторождений к типу эпигенетических [5].

Таким образом, новые геохронологические и геологические характеристики указывают на преимущественное образование различных типов оруденения в рифейских отложениях БМ в интервале 1230–1010 млн. лет. Этот временной отрезок соответствует накоплению отложений авзянской свиты (1220 млн. лет по K–Ar-возрасту глауконита [3]), завершающей разрез среднего рифея, и последующему перерыву в седиментации. В палеогеографическом аспекте указанный период

характеризовался мелководно-морским осадконакоплением в пределах интракратонного бассейна, затем подъемом территории и частичным размывом отложений авзянской свиты. Накопление мощной аллювиально-дельтовой толщи зильмердакской свиты позднего рифея, сложенной аркозовыми песчаниками и алевrolитами, знаменовало образование значительно более крупного бассейна седиментации, занявшего пространства востока и севера Восточно-Европейской платформы и принявшего характер перикратонного [11].

Для времени накопления отложений авзянской свиты и перехода к позднерифейской седиментации в БМ ранее не отмечалось активизации тектонической деятельности [3, 4]; даже существование перерыва между отложениями среднего и верхнего рифея подвергается сомнению [1, 9]. Анализ вероятной длительности формирования отложений в масштабе всего типового рифейского разреза с использованием оценочных величин накопления осадков различного генезиса показал, что расчетная продолжительность раннего и позднего рифея совпадает с наблюдаемыми мощностями отложений. В то же время для среднего рифея мощность отложений является явно недостаточной, что, согласно расчетам, предполагает перерыв в осадконакоплении длительностью до 100 млн. лет [11].

Приведенные новые изотопно-геохимические данные указывают на неоднократное усиление в среднем рифее тектоно-термальной рифтогенной активности и связанной с этим восходящей миграции гидротермальных флюидов, температура которых при рудообразовании достигала 230–280°C [8]. Представляется, что импульсы внедрения флюидов связаны с переходным этапом от режима погружения к инверсионной стадии развития региона и прекращению осадконакопления в конце среднего рифея. Наличие этого этапа косвенно подтверждают данные по K–Ar-возрасту диабазовых даек в интервале 1011–1110 млн. лет [3], пересекающих отложения среднего рифея в БМ, а также в пределах Волго-Уральской области. Подъем территории сопровождался усилением тектонических подвижек и разуплотнением коры, приведших к активной миграции катагенетических элизионных флюидов из высоконагретых глубокопогруженных частей бассейна пороодообразования в зоне Машакского грабена и разгрузке в различных структурно-литологических и палеогеографических ловушках. Пример Бакальских сидеритовых месторождений показывает, что промежуток времени от осадконакопления (1430 ± 30 млн. лет [12]) до проявления динамотермальной активизации и первого перераспределения флюидной системы (1010 ± 100 млн. лет) в рифтогенно-депрессийных бассейнах может составлять до 300–400 млн. лет.

Таким образом, возрастные датировки в интервале 1230–1010 млн. лет, полученные для месторождений сидерита, флюорита, а также времени образования металлоносных эксгалаций в авзянской свите среднего рифея указывают на неоднократное проявление флюидной миграции в рамках единого рифтогенного тектонического этапа в осадочном бассейне на востоке Восточно-Европейской платформы. По времени этот этап совпал с широко распространенным в различных регионах гренвилльским орогенезом [13], являясь его отражением. Возрастание динамотермальной активности в пределах БМ в среднем рифее можно рассматривать в связи с развитием геодинамических событий за пределами современных контуров Восточно-Европейской платформы, возможно, в процессе формирования суперконтинента Родинии, реконструкции образования которой в настоящее время очень неоднозначны [14].

Исследования выполнены при поддержке интеграционного Урало-Сибирского проекта и гранта НШ.85.2003.5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратиграфическая схема рифейских и вендских отложений Волго-Уральской области. Объяснительная записка. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2000. 81 с.
2. Powell C.McA., Li Z.X., Elhinny M.W. et al. // *Geology*. 1993. V. 21. № 10. P. 889–892.
3. Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология. М.: Наука, 1983. 184 с.
4. Коротеев В.А., Краснобаев А.А., Нечехин В.М. В кн.: Рифей Северной Евразии. Геология. Общие проблемы стратиграфии. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С. 28–36.
5. Анфимов Л.В. Литогенез в рифейских осадочных толщах Башкирского мегантиклинория (Ю. Урал). Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 288 с.
6. Крупенин М.Т. Условия формирования сидеритоносной бакальской свиты нижнего рифея (Южный Урал). Екатеринбург: УрО РАН, 1999. 256 с.
7. Кузнецов А.Б., Горохов И.М., Крупенин М.Т., Эльмис Р. В кн.: Осадочные бассейны Урала и прилегающих регионов: закономерности строения и минералогения. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 110–115.
8. Крупенин М.Т., Эльмис Р. В кн.: Осадочные бассейны Урала и прилегающих регионов: закономерности строения и минералогения. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 117–123.
9. Козлов В.И. Верхний рифей и венд Южного Урала. М.: Наука, 1982. 128 с.
10. Крупенин М.Т., Мёллер П., Дульски П. // *Геохимия*. 1999. № 11. С. 1165–1177.
11. Маслов А.В., Крупенин М.Т., Гареев Э.З. Ежегодник-2000/Институт геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого: Информационный сборник научных трудов. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. С. 42–51.
12. Кузнецов А.Б., Овчинникова Г.В., Горохов И.М. и др. // *ДАН*. 2003. Т. 391. № 6. С. 819–822.
13. Семихатов М.А., Кузнецов А.Б., Горохов И.М. и др. // *Стратиграфия. Геол. корреляция*. 2002. Т. 10. № 1. С. 3–46.
14. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Науч. мир, 2001. 608 с.