

В этом отношении Лекынтальбейский рудотип, хотя и имеет определенную специфику, отмеченную И. Г. Павловой, во многом перекликается с известными рудными районами Казахстана, Восточного Саяна и др. [5, 7].

Выводы

Анализ закономерностей размещения ведущих геолого-промышленных типов оруденения, связанных с вулканизмом, дал возможность разработать региональные и локальные палеовулканологические критерии прогнозной оценки западного склона севера Урала. Последние во многом определяются благоприятным для рудоотложения сочетанием формаций, фаций, морфологий и палеопостроек и состава самих пород. Создание геолого-металлогенической модели территории и изучение ведущих геолого-структурных позиций в геологическом пространстве, с учетом положительных палеовулканических критериев, позволило выявить, в пределах исследуемого региона, ряд перспективных площадей, представленных рудными районами и полями: Енганепейский, Манитанырдынский, Хараматалоуский — для медноколчеданной формации; Прибрежный, Соединенный, Паровский, Оченырдынский, Хадатинский — для колчеданно-полиметаллических и Лекынтальбейский, Кызыгейский, Лонготский, Харбейский, Малопатокский — для порфировой формации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабенко В. В. О способах и принципах моделирования геологических явлений на основе системного подхода // Изв. вузов. Геология и разведка. — 1986, № 12. — С. 3—9.
2. Душин В. А., Григорьев В. В. Металлогения авлакоген-рифтогенных и рифтогенных магматических комплексов западного склона Урала // Эволюция металлогении Урала в процессе формирования земной коры. — Свердловск: УрО АН СССР, 1988. — С. 81—88.
3. Душин В. А. Высокомагнезиальные андезиты и бониниты из инициальных рифеид Полярного Урала // ДАН СССР. — 1989. — Т. 306, № 3. — С. 693—696.
4. Кривцов А. И., Мигачев И. Ф., Попов В. С. Медно-порфировые месторождения мира. — М.: Недра, 1986. — 236 с.
5. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые / Под ред. Д. В. Рундквиста. — Л.: Недра, 1978. — 607 с.
6. Медноколчеданные месторождения Урала / В. А. Прокин и др. — Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. — 288 с.
7. Павлова И. Г. Медно-порфировые месторождения. — Л.: Недра, 1978. — 275 с.
8. Рудницкий В. Ф. О влиянии вмещающих пород на состав и зональность руд Уральских колчеданных месторождениях // ДАН СССР. — 1981. — Т. 206, № 5. — С. 1248—1251.
9. Серавкин И. Б. Вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. — М.: Наука, 1986. — 268 с.

УДК 551.72+552.5(470.0)

Л. В. Анфимов

РИФЕЙСКИЙ ОСАДОЧНО-ПОРОДНЫЙ БАССЕЙН НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

Рифейский осадочно-породный бассейн на Южном Урале выражен крупной геологической структурой — Башкирским мегантиклинорием, сложенным осадочными образованиями верхнего докембрия. Здесь развиты породы стратотипического разреза рифея, которые в западных частях данной структуры не испытали сильного метаморфизма. Все это

делает данный геологический регион уникальным полигоном для исследования древнейшего на Урале рифейского осадочного породообразования. В других местах развития уральского рифея изучение процессов литогенеза затруднено метаморфизмом пород. В данной статье термины литогенез, осадочно-породный бассейн используются в свете представлений П. П. Тимофеева и В. Н. Холодова.

Разрез рифейских отложений в Башкирском мегантиклинории достигает 12 км мощности. Стратиграфическая последовательность этих образований и общий характер седиментогенеза изучены с достаточной полнотой. Однако глубина погружения верхнедокембрийских отложений в рифейском породном бассейне еще не определялась. Открытым оставался вопрос о том, как протекал литогенез рифейских отложений — или в условиях единого мощного разреза (12 км), или же в разрезе, разобленном на блоки, испытавшие дифференциальные вертикальные перемещения. Решение этого вопроса позволило бы установить палеотектонические особенности рифейского осадконакопления — происходило ли оно в едином бассейне для всех стратонов этого геологического времени, или каждому из них были свойственны свои области седиментации, площади которых не проектировались в одно место.

С отложениями рифея на Южном Урале связаны крупные месторождения сидерита, магнезита, барита, рудопроявления полиметаллов и других полезных ископаемых. Существует поляризация представлений о генезисе названных месторождений, которые либо относятся к типичным осадочным (седиментогенным), либо к эндогенным (гидротермальным, метасоматическим). Поскольку полезные ископаемые приурочены к осадочным толщам рифея, вполне очевидно, что решение основных вопросов металлогении последних можно осуществить только путем комплексного литологического исследования. Разработка представлений о стадийном развитии осадочных пород в осадочно-породном бассейне позволяет осуществить более полное изучение рифейских образований и ассоциирующих с ними полезных ископаемых.

Литологические комплексы

Формационное исследование рифейских образований на Южном Урале выявило закономерное существование в вертикальном разрезе определенных литологических комплексов: вулканогенно-конгломерато-песчаниковых, песчаниковых, сланцевых, сланцево-карбонатных (рис. 1). Они слагают крупные седиментационные циклы, в нижней части выраженные обломочными породами, которые сменяются вверху сланцево-карбонатными образованиями. Литологические комплексы формировались в условиях крупной платформенной структуры типа авлакогена на восточной окраине Русской плиты [4, 10]. Седиментация здесь зависела от рельефа бортов и дна прогиба. Вулканогенно-конгломерато-песчаниковые и песчаниковые комплексы накапливались в прогибе при максимальном развитии дифференциальных блоковых движений дна и бортов, что обуславливало значительную расчлененность рельефа этих структурных элементов и проявления вулканизма [1, 8]. Осадки сланцевых литологических комплексов формировались при затухающих блоковых движениях и сглаженном рельефе дна и бортов прогиба. Отложения сланцево-карбонатных литологических комплексов накапливались в условиях консолидированного и медленно погружающегося дна прогиба при его пенеппенизированных бортах.

Рудоносность

Литологические комплексы рифейского разреза Башкирского мегантиклинория, помимо различий в петрографическом составе, обладают еще и качественно неодинаковой рудоносностью.

Вулканогенно-конгломерато-песчаниковые литологические комплексы характеризуются медным и полиметаллическим оруденением [9]. Песчаниковые литологические комплексы обладают бедной россыпной циркониево-титановой металлоносностью (айская, зильмердакская свиты). Отложения зигальгинской свиты, относимые к этому литологи-

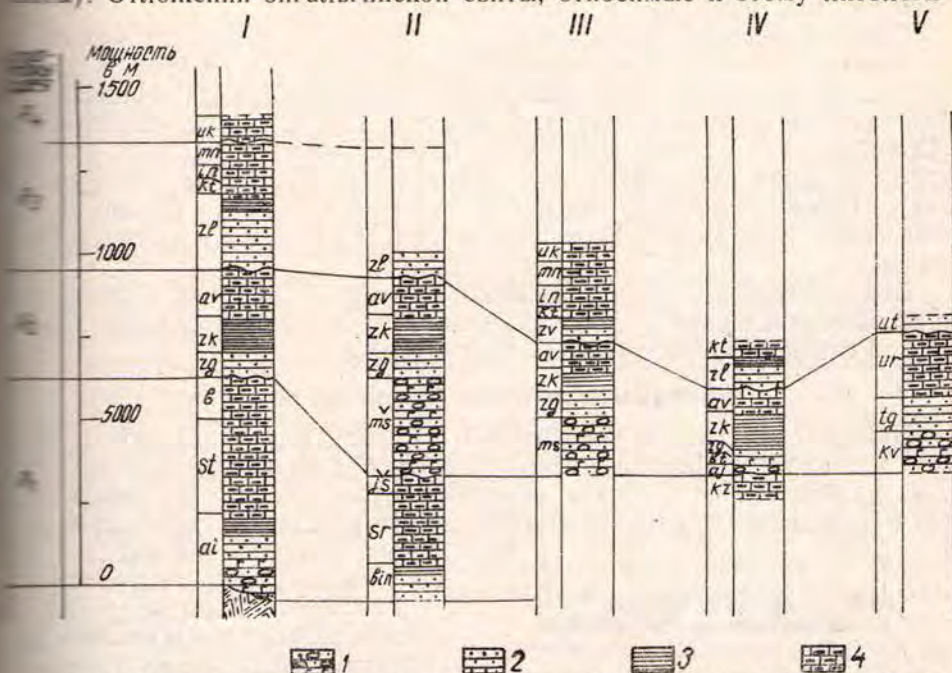


Рис. 1. Литологические комплексы в разрезе рифейских отложений Южного Урала.

Районы: I — Тараташско-Каратауско-Нугушский, II — Ямантауский, III — Иремель-Криволукский, IV — Майрдакский, V — Златоустовский. Свиты: R₁ — ai (айская), st (саткинская), b (бакальская), bin (большеинзерская), sr (суранская), js (юшинская), kz (кзылташская), R₂ — zg (зигальгинская), zk (зигазино-комаровская), av (авзянская), ms (машакская), aj (аюсапканская), bt (белебеевская), kv (кувашская), tg (таганайская), ur (уреньгинская), R₃ — zl (зильмердакская), kt (катавская), in (инзерская), min (миньярская), ut (уйташская), R₄ — uk (укская). Литологические комплексы: 1 — вулканогенно-конгломерато-песчаниковый, 2 — песчаниковый, 3 — сланцевый, 4 — сланцево-карбонатный.

Этому комплексу, бедны аксессуарами и металлоносны лишь на Бакальском рудном поле, где в низах разреза свиты имеется зона развития эпигенетической вкрапленности сульфидов. В силу высокой степени однородности минерального состава кварцитовидные песчаники свиты сами приобретают значение полезного ископаемого и используются в производстве ферросилиция и динаса. С песчаниками зильмердакской свиты связано Кужинское месторождение барита.

Сланцевые литологические комплексы содержат мелкие инфильтрационные месторождения бурых железняков (верхи айской свиты, зигазино-комаровская свита), пластовые залежи диагенетических сидеритов (зигазино-комаровская свита).

Сланцево-карбонатные литологические комплексы характеризуются приуроченными к ним эпигенетическими месторождениями сидерита, магнетита, барита, полиметаллических руд, флюорита и других полезных ископаемых. Связь магнетитовосности и сидеритовосности с определенными осадочными формациями рифея на Южном Урале впервые рассматривалась З. М. Старостиной в 1962 г. Ниже приводится краткая характеристика рудоносности сланцево-карбонатных литологических комплексов всех стратиграфических уровней рифея.

Нижнерифейский. Известны эпигенетические месторождения сидерита, магнетитов, флюорита, полиметаллических руд. Сидеритовые месторождения приурочены к породам саткинской (Ахтенское) и бакальской

(Бакальская группа) свит. Месторождения магнезитов связаны с образованиями саткинской (Саткинская группа), бакальской (Петлинское, Шиханское, Рудничное, Северо-Западный Иркутск), суранской (Юшинское, Исмакаевское), кызылташской (Кызылташское, Сюрюньякское, Белетурское) свит. Проявления полиметаллических руд отмечены в терригенных и карбонатных породах бакальской свиты.

Среднерифейский. Здесь известны метасоматические месторождения магнезитов, баритов и полиметаллических руд. Магнезитовые месторождения приурочены к низам авзянской свиты (Катав-Ивановское, Байгазинское, Егоровы печи, Отнурское и др.), а также уреньгинской (Семибратское, Веселовское) свите. Бариты залегают также в нижних частях разреза авзянской свиты (Бретьякское, Ирлинское месторождения). Полиметаллические руды связаны с отложениями верхов авзянской свиты (Аршинское, Новониколаевское, Кужинское и др. месторождения).

Верхнерифейский. С отложениями катавской и инзерской свит связаны многочисленные рудопроявления меди, а с образованиями миньярской свиты — рудопроявления полиметаллов.

Постдиagenетические изменения пород

Наиболее чутким и универсальным индикатором условий литогенеза в осадочно-породных бассейнах являются глинистые породы. Степень уплотненности и состав тонкодисперсных силикатов, слагающих эти образования, дают возможность ориентироваться в глубинах погружения породных бассейнов и существовавших там температурах.

Глинистые породы рифея в данном регионе представлены аргиллитами, пелитовыми сланцами, минеральный состав которых по данным рентгенографического анализа, ИК-спектроскопии, термографии, электронной и оптической микроскопии выражен парагенезом диоктаэдрических гидрослюдов и хлоритов на всех уровнях рифейского разреза (рис. 2). Местами в рифейских сланцах помимо данного парагенеза отмечается присутствие малых примесей смешанослойных образований (хлорит-вермикулит; монтмориллонит-гидрослюда), палыгорскита, обломочного биотита. Ассоциация хлоритов и гидрослюдов в пелитовых сланцах позволяет рассматривать последние как глины, предельно измененные при литогенезе. Характерно, что глауконит отмечается только в верхнем рифее, иногда в среднем. Смешанослойные образования типа



Рис. 2. Зональность в распределении глинистых минералов в мощных толщах осадочных пород:

1 — Восточное Предкавказье (по В. Н. Холодову), 2 — Вилюйская впадина (по А. Г. Косовской), 3 — Западно-Сибирская плита (по Г. Н. Перозю), 4 — Восточная окраина Русской платформы (по А. В. Кутукову и В. А. Светлову), 5 — Башкирский мегантиклинорий (западное крыло)

монтмориллонит-гидрослюда встречаются в породах верхнего рифея. В нижнем рифее встречается серицит и серицитоподобная диоктаэдрическая гидрослюда.

В 70 образцах пелитовых сланцев, послойно взятых из разреза рифея западного крыла Башкирского мегантиклинория, были определены

пористость, удельный и объемный веса. Средние значения микропористости глинистых пород нижнего рифея — 2,23 %, среднего рифея — 3,4 %, верхнего рифея — 4,36 % свидетельствуют, что в 12 км разрезе обозначается тренд степени уплотненности глинистых пород. Таким образом, в западном крыле Башкирского мегантиклинория глинистые породы низов рифейского разреза характеризуются максимальным уплотнением и существенно отличаются (почти в 2 раза) по этому признаку от таких же пород верхов разреза.

Для песчаных и карбонатных пород отмечается аналогичная тенденция постдиагенетических изменений. Песчаные породы айской, бакальской, зигальгинской свит представлены кварцито-песчаниками, кварцевыми песчаниками, обладающими конформными, конформно-регенерационными структурами, проявлениями внутрислоевого растворения, катаклаза, бластеза и т. п. В зильмердакской (R_3), инзерской (R_3), айской (R_3) свитах имеются кварцитовидные песчаники и песчаники с кремнистым, кремнистым цементами. В них выражены структуры внутрислоевого растворения, но отсутствуют катаклаз, бластез. Во всех песчаниках рифея пелитовая фракция выражена минеральной ассоциацией хлорита и диоктаэдрических гидрослюдов. Песчаные породы верхов рифейского разреза содержат обломочный биотит, глауконит. Карбонатные породы низов рифея (R_1 и R_2) представлены перекристаллизованными крупнозернистыми разностями, в то время как в верхах разреза (R_3) они чаще всего пелитоморфные или перекристаллизованные мелкозернистые. Пелитовый терригенный компонент карбонатных пород представлен хлоритами и диоктаэдрическими гидрослюдами. В верхах разреза (R_3) карбонатные породы содержат глауконит. В 12 км разрезе рифейских отложений выделяются зоны, сложенные породами различного уровня литогенетической измененности. Нижняя зона, охватывающая разрез от айской до зигальгинской свит включительно, характеризуется развитием пород, прошедших глубинный катагенез и частично затронутых метакатагенезом. Средняя зона включает зигазиновскую, авзянскую и зильмердакскую свиты, породы которых проходят стадию глубинного катагенеза. Верхняя зона выражена разрезом от инзерской до укской свит включительно и представлена породами, не прошедшими полностью глубинный катагенез и сохранившими реликты пелитового. Изложенное свидетельствует в пользу того, что литогенез рифейских отложений западного крыла Башкирского мегантиклинория протекал в условиях погружения единого и мощного разреза (12 км), т. е. существовал единый седиментационный бассейн, который затем трансформировался в осадочно-породный и погрузился на значительную глубину.

В западном крыле Башкирского мегантиклинория глубокая скважина (5010 м) — Кулгунино-1 вскрыла разрез от R_1 до R_3 . Таким образом, представление о литогенезе пород в условиях единого рифейского разреза в Башкирском мегантиклинории находит прямое подтверждение. В разрезах мощных осадочных толщ различного возраста таких регионов, как Восточно-Предкавказский прогиб, Западное Верхоянье, Восток Русской платформы, Западно-Сибирская плита, по исследованиям В. Н. Холодова, А. Г. Коссовской, А. В. Кутукова, В. А. Светлова, Г. Н. Перозии, установлено, что разнообразные ассоциации неустойчивых тонкодисперсных силикатов (каолинит, монтмориллонит, смешанные слоистые образования и др.) в породах верхних частей разрезов на глубинах 2—4 км сменяются устойчивым и однородным парагенезом гидрослюдов и хлоритов (см. рис. 2). Это позволяет предполагать, что на Южном Урале даже верхняя часть рифейских отложений была пересечена толщей пород не меньшей мощности.

Составленная автором карта постдиагенетических изменений оса-

дочных рифейских пород (рис. 3) демонстрирует неоднородность области развития катагенеза, охватывающей западное крыло Башкирского мегантиклинория. В осевой части Башкирского мегантиклинория породы изменены метагенезом, зона развития которого в северной части структуры имеет границу, секущую стратиграфические контакты айской, саткинской, бакальской, зигальгинской свит, что указывает на метаморфическую природу, не связанную с погружением данных постдиагенетических изменений.

В целом в западном крыле Башкирского мегантиклинория постдиагенетические изменения осадочных пород невысокие и отражают ход литогенеза рифейского погружающегося осадочно-породного бассейна, а в осевой части этой структуры изменения пород значительные и связаны с метаморфизмом Уральского подвижного пояса, расположенного в непосредственной близости на востоке. Особенно сильное воздействие этого метаморфизма испытало восточное крыло Башкирского мегантиклинория (см. рис. 3).

Теперь о температурном режиме, при котором протекали постседиментационные преобразования осадочных пород рифея на Сибирской платформе. В 1967 г. Г. Н. Перозин, Ю. П. Казанский, Н. А. Лизалек показали, что катагенез проходил при температурах порядка 55—135°C, а метагенез — 110—150°C. А. П. Бояркиным в 1982 г. установлено, что вскрытие газовой-жидких включений из кварцевых прожилков и гнезд в породах рифея в Бакало-Саткинском районе Башкирского мегантиклинория происходит в интервале 110—150°C, а в Златоустовском районе — при 185—200°C. Учитывая это, можно считать, что низы разреза в осадочно-породном бассейне Южного Урала прогревались при температуре не более 135—150°C, а верхи — не ниже 50°C. Таким обра-

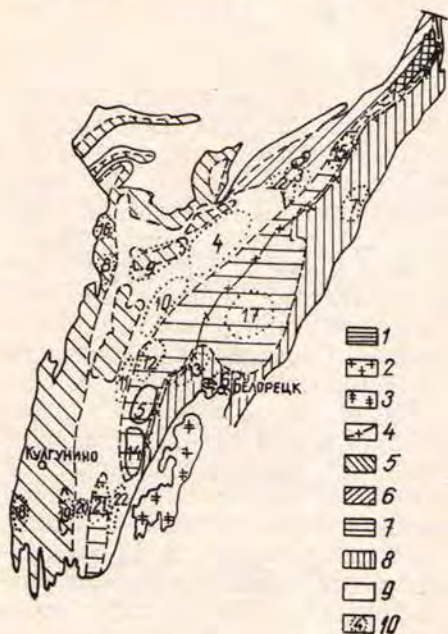


Рис. 3. Схематическая карта постдиагенетических изменений рифейских осадочных пород Башкирского мегантиклинория.

Породы: 1 — тараташский метаморфический комплекс, 2 — граниты, 3 — гипербазиты, 4 — Зюраткульский разлом. Зоны: 5 — глубинного катагенеза с реликтами начального, 6 — глубинного катагенеза, 7 — глубинного катагенеза с элементами метагенеза, 8 — метагенеза, 9 — метаморфизма, 10 — рудные районы: 1 — Ахтенский (сидерит), 2 — Бакальский (сидерит, магнетит), 3 — Саткинский (магнетит), 4 — Верхнекатов-Верхнеюльковский (магнетит), 5 — Исмакаевско-Юшинский (магнетит), 6 — Белорецкий (магнетит), 7 — Златоустовский (магнетит), 8 — Архангельский (бурый железняк), 9 — Лемезинский (бурый железняк), 10 — Инзерский (бурый железняк), 11 — Зигазино-Комаровский (бурый железняк), 12 — Лапыштинский (бурый железняк), 13 — Белорецкий железорудный, 14 — Авзянский (бурый железняк, благородные металлы), 15 — Кувашино-Медведевский (барит, полиметаллы), 16 — Среднекурганский (барит, полиметаллы), 17 — Тирлянский (бурый железняк, полиметаллы), 18 — Балтауровско-Беркутовский (барит-полиметаллы), 19 — Кужинский баритовый, 20 — Кужинский полиметаллический, 21 — Алакуяновский (барит, полиметаллы), 22 — Ирлинско-Бретьянский (барит, полиметаллы).

зом, весь 12 км разрез рифея в осадочно-породном бассейне находился в области низкого геотермического градиента порядка 0,8°C на 100 м погружения. Такие низкие градиенты отмечены в тектонических прогибах на стабилизированных основаниях с большой мощностью осадков (Прикаспийский — 1°C; Предкавказский — 1,5°C; Днепровско-Донецкий — 2,3°C и т. п.).

Экспериментальные исследования уплотнения глин (Ломтадзе, 1953) показали, что при давлении 5000 кг/см^2 , которое соответствует погружению на 15 км, пористость составляет 3—4 %. С повышением температуры пористость уменьшается до 0,4—0,6 %. В низах рифейского разреза на Южном Урале пористость глинистых пород колеблется от 1,5—2,5 %, что позволяет принимать глубину предельного погружения рифейского осадочно-породного бассейна не менее 15 км.

Соотношение литогенеза и эпигенетического рудообразования

Для этих целей хорошие исследовательские полигоны представляют собой рудные поля Сатки и Бакала, где длительное время производится разработка открытым способом полезных ископаемых, следствием чего является возможность широкого обзора объектов геологического изучения. А. Н. Заварицким [6, 7] было показано, что залежи сидеритов и магнезитов имеют секущие контакты с вмещающими карбонатными породами, т. е. по сути являются дискордантными телами. По его наблюдениям руды имеют метасоматическое происхождение. На Бакале А. Н. Заварицкий [7] установил, что возраст диабазовых даек, контактирующих с залежами сидерита, является дорудным. Этим самым эпигенетическая природа сидеритового и магнезитового оруденения в рифейских осадочных толщах установлена однозначно. То же самое отмечается и для полиметаллического, баритового и флюоритового оруденения. Однако на какой стадии литогенеза находились породы, когда происходило эпигенетическое рудообразование, предшествующие исследователи не дали ответа. Исследование показало, что эпигенетические месторождения полезных ископаемых в осадочных толщах рифея приурочены к тем зонам, которые сложены породами, прошедшими полностью глубинный катагенез. Следует отметить, что в зонах Башкирского мегантиклинория, затронутых метагенезом, проявления последнего в виде прожилково-гнездовых текстур распространены как в рудах, так и во вмещающих породах [3]. При этом метагенетические прожилки и гнезда в рудах крупнее, а во вмещающих породах значительно меньше, что свидетельствует о их синхроничности и пострудном возникновении. Таким образом, вполне определенно устанавливается, что эпигенетическое оруденение в рифейских толщах возникло на завершающих стадиях глубинного катагенеза, а в метагенезе происходила одновременная трансформация руд и вмещающих пород.

Природа рудного вещества

При изучении эпигенетического оруденения неизбежно встает вопрос о природе рудного вещества — глубинное (мантийное) оно или заимствованное из вмещающих пород. Результаты исследования изотопии углерода и кислорода из доломитов и руд Бакальских и Саткинских месторождений (табл. 1), изложенные в [6], свидетельствуют о первично-осадочном происхождении вещества данных образований.

Исследование изотопии серы в пиритах из вмещающих доломитов Бакальских месторождений показывает малые содержания ($-12,8 + 9,1 \text{ ‰}$) тяжелого изотопа (табл. 2), хотя имеются и случаи обогащения им ($+26,2 + 31,1 \text{ ‰}$). Т. И. Широковой исследовалась изотопия серы в сульфидах свинца, цинка, железа из баритовых и полиметаллических месторождений рифея. Она отмечает, что в этих сульфидах имеются значения $\delta^{34}\text{S}$, колеблющиеся в диапазоне от $-4,1$ до $18,1 \text{ ‰}$. Изотопный состав серы вмещающих пород аналогичный. Т. И. Широкова подчеркивает, что вариации носят изменчивый, неупорядоченный характер, обусловленный формированием сульфидов за счет биогенного сероводорода. Повышенное содержание тяжелого

изотопа $\delta^{34}\text{S}$ (+26,7%) связывается с формированием сульфидов в стадию позднего диагенеза пород.

Изучением рудных свинцов из полиметаллических месторождений Башкирского мегантиклинория [11] установлено, что широкие вариации

Таблица 1

Изотопный состав углерода и кислорода [5] в породах и рудах
Бакальского и Саткинского рудных полей

Породы	$\delta^{13}\text{C}$, ‰			$\delta^{18}\text{O}$, ‰		
	Экстремальные значения		Среднее	Экстремальные значения		Среднее
Доломиты	-4,4	+2,6	-0,4	+21,3	+22,9	+22,0
Сидериты	-3,8	-2,2	-2,8	+20,5	+22,0	+21,3
Магнетиты	+0,5	+4,2	+1,7	+13,6	+18,9	+15,8

Таблица 2

Изотопный состав серы в пиритах

Место взятия пробы	Геологическое тело	$\delta^{34}\text{S}$, ‰
Бакальское рудное поле	Прожилок	+9,1
»	»	+26,2
»	Стяжение	-4,0
»	»	-2,2
»	»	-12,8
»	»	+31,1
Саткинское рудное поле	»	-11,1
»	»	-6,0
»	»	-9,3
»	»	-7,3

Таблица 3

Изотопный состав свинца из рудных галенитов [11]

Проба	Возраст	Месторождение	$\frac{\text{Pb}^{206}}{\text{Pb}^{204}}$	$\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{Pb}^{204}}$	$\frac{\text{Pb}^{208}}{\text{Pb}^{204}}$
116	R ₂	Кужинское	16,38	15,21	35,62
127/29	»	»	17,79	15,83	38,05
108/5—6	»	»	18,86	15,30	39,16
140/47	»	»	17,34	15,01	36,02
552/1—2	»	В. Аршинское	16,77	14,92	35,43
552/1	»	»	16,88	14,99	35,62
7	»	»	17,36	15,45	36,45
366/5—1	R ₃	Балтауртовское	19,23	15,49	39,46
366/5—2	»	»	19,08	15,43	39,68
10	»	Зилимское	19,34	15,55	38,80

изотопного состава этого элемента (табл. 3) могут интерпретироваться как результат заимствования его из вмещающих пород. Авторы предполагают, что незначительная интенсивность процессов рудообразования и катагенеза не обеспечила гомогенизацию выносимого из пород свин-

Вместе с тем они допускают мысль о многоэтапном формировании руд за счет поступления свинца из различных источников.

Таким образом, имеющиеся геохимические данные по рудам и вмещающим породам рифея в Башкирском мегантиклинории указывают на участие глубинных (мантийных) источников рудного вещества в эпигенетических месторождениях и свидетельствуют о литогенной природе руд.

Формирование эпигенетических месторождений

Основные геологические признаки эпигенетических месторождений в осадочных отложениях Башкирского мегантиклинория имеют двойственный генетическое толкование, так как указывают, с одной стороны, на оруденение с седиментогенезом (стратиграфический и литологический виды контроля), а с другой — свидетельствуют о наличии на определенном характере оруденения (контакты рудных тел, секущие литогенные и фациальные границы; рудный метасоматоз; рудообразование в зонах тектонического дробления и т. п.). Поскольку магматизм и метаморфизм в рифейских толщах проявились весьма ограниченно, то существование генетической связи оруденения с этими процессами судить уверенно. Напротив, геохимическое исследование эпигенетических руд, а также вмещающих осадочных пород показывают наличие генетических связей с магматическими и вулканическими образованиями.

Совокупность геологических и геохимических данных по изучению эпигенетических месторождений в рифейских толщах приводит к выводу о формировании рудных растворов за счет выноса компонентов из вмещающих пород. Такие взгляды в последнее время развивает ряд исследователей, связывая рудообразование в Башкирском мегантиклинории с тектонической активностью [9] или региональным метаморфизмом. Ориентировочные расчеты баланса магния и железа в породах Башкирского и Бакальского рудных полей показали, что извлечение одного компонента из вмещающих пород является вполне вероятным процессом. При оценке количеств выносимых компонентов, необходимых для формирования полиметаллических руд, баритов и флюоритов, представляется интересным сопоставление (табл. 4) концентраций руд-

Таблица 4
Кларки некоторых элементов (мас. %) в осадках и породах [14]

Элементы	Zn	Cu	Pb	Ag	Ba	F
Осадочные сланцы	$9,5 \times 10^{-3}$	$4,5 \times 10^{-3}$	2×10^{-3}	7×10^{-6}	$5,8 \times 10^{-2}$	$7,4 \times 10^{-2}$
Осадочные илы	$1,6 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-2}$	8×10^{-3}	$1,1 \times 10^{-3}$	$2,3 \times 10^{-1}$	$1,3 \times 10^{-1}$

элементов в современных океанических илах и глинистых породах земной коры. Таблица показывает, что объективной стороной литогенного происхождения осадочных илов в земной коре является вынос существенной части находящихся в них цинка, меди, свинца, серебра, бария при диагенезе. Процессы высвобождения различных химических элементов, соединений и воды при катагенезе, а также кинетику формирования рудных растворов в осадочно-породных бассейнах с максимальной детальностью рассмотрел В. Н. Холодов [12, 13]. Им установлено, что формирование этих растворов является следствием лито-

генеза слагающих бассейны седиментационных образований. Башкирский мегантиклинорий рассматривается как осадочно-породный бассейн и в табл. 5 приведены концентрации рассмотренных выше элементов в рифейских породах.

Сравнение табл. 4 и 5 показывает, что в рифейских глинистых сланцах Башкирского мегантиклинория порядок концентраций цинка, меди, свинца, серебра, бария, фтора близок кларкам этих элементов в аналогичных породах стратисферы. Исходя из табл. 4, по разности кларков гли-

Таблица 5

Концентрации некоторых элементов в рифейских породах
Башкирского мегантиклинория, $n \cdot 10^{-3}$, мас. %

Породы	Кол-во анализов	Zn	Cu	Pb	Ag	Ba	P
Песчаники	207	1—4	1—4	0,3—2	0—0,05	0—10000	—
Алевриты	92	2—5	1—3	0,3—1	0—0,001	5—30	—
Глинистые сланцы	197	3—7	1—3	0,5—2	0—0,05	5—40	50—200
Известняки	280	—	0,8—1	0,1—0,5	0,5—0,00X	0—500	45—85
Доломиты	207	—	0,8—1	0,1—0,3	0—0,05	0—1000	24—80

нистых илов и глинистых сланцев можно вычислить, что каждая тонна твердого вещества ила при литификации теоретически должна высвободить следующие количества (кг) исследуемых элементов: цинка — 0,07, меди — 0,2, свинца — 0,06, серебра — 0,00004, бария — 1,72, фтора — 0,56. Учитывая, что площадь рифейского Южно-Уральского осадочно-породного бассейна составляет многие тысячи квадратных километров, а мощность всех слоев рифейских глинистых пород — несколько тысяч метров, можно с высокой вероятностью предполагать о состоявшемся выносе с элизионными водами больших количеств перечисленных элементов при начальных стадиях литогенеза глинистых осадков. Расчеты баланса органического вещества и карбонатов, а также воды, участвующей в литогенезе песчано-глинистых образований предгорного прогиба Восточного Предкавказья, выполненные В. Н. Холодовым [13], показывают грандиозные масштабы процесса формирования газоводных растворов. С учетом объективного процесса выноса химических элементов из глинистых илов при литогенезе автором предлагается следующая модель формирования эпигенетических месторождений в рифейских осадочных толщах Башкирского мегантиклинория. Их образование определяется рядом факторов: наличием рудопродуцирующих осадочных толщ, водоотдающих толщ, коллекторских горизонтов со структурными или литологическими ловушками с благоприятными геохимическими барьерами для осаждения полезных компонентов [2].

Рудопродуцирующие осадочные толщи железа, полиметаллов, фтора литологически выражены глинистыми осадками, бария — аркозовыми псаммитами и частично глинистыми образованиями, магния — карбонатными породами. Водоотдающие толщи в рифейском разрезе представлены пачками и горизонтами глинистых образований. Коллекторские горизонты, где формируются залежи магнезита, сидерита, полиметаллов, флюорита, выражены карбонатными породами, барита — песчаниками и т. д. Ловушками, в которых формируются залежи названных полезных ископаемых, являются такие структурные элементы, как крылья складок, моноклинали, зоны перекрытия коллекторских горизонтов экранами, зоны трещиноватости, брекчирования.

Особенностью предлагаемой модели эпигенетического рудообразования является то, что она рассматривает литологические комплексы

как квазизакрытые системы, в которых при литогенезе отложения возникают растворы, обеспечивающие перераспределение внутриочных толщ субкларковых концентраций ряда элементов в рудные. Согласно этой модели рудное вещество по природе является первично-осадочным. Эндеогенным фактором, способствовавшим перемещению этого вещества, явилась тепловая энергия Земли. Эпигенетические образования в осадочных толщах Башкирского мегантиклинория возникают в процессе саморазвития пород и являются катагенными, гидротермальными.

Закключение

Исследование в рифейском разрезе на Южном Урале постдиагенетических изменений осадочных пород, особенностей развития в них эпигенетического рудообразования позволяет вполне определенно установить, что расположенный здесь рифейский осадочно-породный бассейн представлял собой крупную и единую область устойчивого компенсированного прогибания на глубину не менее 15 км и с невысоким термическим градиентом около $0,8^{\circ}\text{C}$ на 100 м мощности. Образование эпигенетических залежей таких полезных ископаемых, как сидериты, железиты, полиметаллы, бариты и др. связано с катагенезом рифейских пород. Таким образом, эпигенетическое рудообразование в осадочных толщах представляет собой частный случай литогенеза в рифейском осадочно-породном бассейне на Южном Урале.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анфимов Л. В. Карбонатный литогенез и связанное с ним рудообразование в рифее Бакало-Саткинского района на Южном Урале // Стратиграфия и литология докембрийских и раннепалеозойских отложений Урала.— Свердловск, 1982.— С. 77—86.
2. Анфимов Л. В. Рудообразование в рифейских осадочных толщах Башкирского мегантиклинория // Геология зоны сочленения Урала и Восточно-Европейской платформ.— Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984.— С. 109—112.
3. Анфимов Л. В., Сульман А. М., Шур А. С. О метаморфизме сидеритов Бакальских месторождений на Ю. Урале // Ежегодник Института геологии и геохимии УНЦ АН СССР.— Свердловск, 1977.— С. 101—103.
4. Иванов С. Н. О доордовикской истории Урала и предгеосинклинальном развитии земной коры вообще // Доордовикская история Урала. 1. Общие вопросы.— Свердловск, 1980.— С. 3—27. (Препринт / УНЦ АН СССР).
5. Изотопный состав углерода и кислорода карбонатов Бакальского и Саткинского месторождений / Борщевский Ю. А., Борисова С. Л., Лазур О. Г., Медведевская Н. И., Заварицкий А. Н. К. // Карбонатное осадконакопление и проблема эвапоритов в докембрии: Докл. Всесоюз. семинара.— Ростов-на-Дону, 1978.— С. 98—100.
6. Заварицкий А. Н. Результаты исследования магнетитовых месторождений в Бакальском районе в 1918 г. // Горное дело.— 1920.— № 2—3.— С. 37—39.
7. Заварицкий А. Н. К вопросу о происхождении железных руд Бакала.— М., 1920.— 40 с.
8. Парначев В. П. Вулканизм и рифтогенез в поздне-докембрийской истории восточной части Русской платформы // Глобальные палеовулканические реконструкции и модели их образования: Тез. докл. IV Всесоюз. палеовулкан. симпозиума.— Хабаровск, 1979.— С. 88—90.
9. Прокин В. А. Металлогения Центрально-Уральского поднятия на Южном Урале // Доордовикская история Урала. 4. Тектоника, металлогения.— Свердловск, 1980.— С. 29—36. (Препринт / УНЦ АН СССР).
10. Пучков В. Н. Тектоническая природа западного склона Урала // Метаморфизм и тектоника западных зон Урала.— Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984.— С. 3—9.
11. Феоктистов В. П., Миркина С. Л., Ляхницкий Ю. С. Изотопный состав рудных полиметаллических месторождений западного склона Южного Урала // ДАН СССР.— 1978.— Т. 238. № 5.— С. 1214—1217.
12. Холодов В. Н. Формирование газоводных растворов в песчано-глинистых толщах элизионных бассейнов // Осадочные бассейны и их нефтегазоносность.— М.: Наука, 1983.— С. 28—44.
13. Холодов В. Н. Постседиментационные преобразования в элизионных бассейнах.— М.: Наука, 1983.— 152 с.
14. Turekian K. K., Wedepol K. H. Distribution of the elements in some major basins of the earth's crust, Geol. Soc. Amer. Bul., 1961, v. 72, p. 175—191.