

ПРОБЛЕМЫ ЭНДОГЕННОГО ЗОЛОТОГО РУДОГЕНЕЗА МЕЗОЗОЯ УРАЛА

А. Г. Баранников, А. Н. Угрюмов

Уральская государственная горно-геологическая академия

620014, Екатеринбург, Куйбышева, 30

e-mail: gprmpi.dep@usmga.ru

Поступила в редакцию 13 ноября 2002 г.

Обосновывается концепция функционирования на Урале в мезозойскую эпоху эндогенных золотообразующих систем. Выделены две стадии рудогенных процессов: раннемезозойская – T_1 - J_1 и средне-позднемезозойская – J_2 -К. Приведены радиологические датировки продуктов мезозойского рудогенеза. Показаны примеры формирования золотого оруденения в различных структурно-вещественных комплексах. Намечена пространственная связь минерализации с зонами северо-западной ориентировки. Рассмотрен своеобразный тип золотооруденения – гипогенно-гипергенный.

Ключевые слова: *рудогенез, золото, мезозой, тектоника, магматизм, активизация, гипогенный, гипергенный, Урал.*

PROBLEMS OF ENDOGENOUS GOLD OREFORMING OF URALS MESOZOIC

A.G. Barannikov, A.N. Ugryumov

The Urals States Academy of Mining and Geology

The conception of endogenous gold forming systems having functioned in Urals Mesozoic is being proved. Two stages of ore forming processes are revealed: Early Mesozoic stage - T_1 - J_1 and Middle-Late Mesozoic - J_2 -K. Radiological dating of Mesozoic oreforming products is given. Examples of gold mineralization forming in miscellaneous structural and material complexes are provided. Their spatial orientation mineralization with northwest orientation areas is taken shape. The specific type of gold oreforming – hypogene- hypergene type – is reviewed.

Key words: *oreforming, gold, Mesozoic, tectonics, magmatism, activization, hypogene, hypergene, Ural.*

Введение

За более чем 250-летний период обработки золоторудных месторождений Урала из них добыты многие сотни тонн благородного металла. Несмотря на выработанность большинства объектов, перспективы золотодобычи в регионе существует. Об этом свидетельствует открытие и промышленное освоение в последние годы месторождений так называемого «нетрадиционного» прожилково-вкрапленного типа.

В последней обобщающей работе, посвященной месторождениям золота Урала, сформулированы новые подходы к изучению, прогнозированию золоторудных объектов [Месторождения золота..., 2001]. Обоснована зависимость между рудными объектами различной форма-

ционной природы и структурно-вещественными комплексами ранее существовавших геодинамических обстановок (режимов) – рифтогенно-океанического, островодужного, континентальной окраины. Наиболее крупные золоторудные объекты являются, как правило, полихронными и полигенными образованиями. Нередко они локализованы в пределах долгоживущих шовных зон. В этом случае оказываются совмещенными вещественные комплексы разных геодинамических обстановок, что благоприятно для локализации золотого оруденения. Возрастной интервал формирования золотопродуктивных комплексов ограничивается, в основном, средним и поздним палеозоем. Проблемы эндогенного золотого оруденения в мезозое остались практически незатронутыми.

В то же время накапливающийся в последние годы фактический материал убедительно свидетельствует, что золоторудный потенциал мезозойской эпохи остается на сегодняшний день в регионе далеко не раскрытым. Оказывается, что помимо уже известных типов месторождений золота, связанных с химическими корами выветривания и «древними» (юрско-меловыми) россыпями в пределах эрозионно-структурных депрессий [Сигов, 1969; Золото Урала..., 1993], в мезозое достаточно активно проявили себя и эндогенные флюидно-рудноносные системы. Их мы сопоставляем с процессами раннемезозойской тектоно-магматической активизации. В последние годы за отмеченными процессами закрепились и иные термины: внутриплитный континентальный рифтогенез, рифтогенез областей завершённой складчатости и др. В настоящем обобщении обращено внимание на необходимость обоснования, картирования площадей и пунктов проявления отмеченных золотоконцентрирующих процессов, что имеет как научное, так и прикладное значение при оценке перспектив золотоносности территорий.

Предпосылки формирования эндогенного золотого оруденения в мезозое

Начиная с раннего триаса, а возможно и с конца поздней перми, Уральский покровно-складчатый пояс развивался как молодая эпигерцинская платформа [Сигов, 1969]. В пределах Урала, а также Зауралья, неоднократно усиливались тектонические движения со сменой напряжений сжатия и растяжения. Именно на рубеже палеозоя и мезозоя в регионе, наряду с покровно-надвиговыми дислокациями, возникла система левых сдвигов, сопровождавшихся локальными зонами присдвигового растяжения. К ним впоследствии оказались приурочены угленосные впадины (Челябинская, Буланаш-Елкинская, Волчанская, Веселовско-Богословская и др.). В раннем мезозое, в связи с дроблением суперконтинента Пангеи, континентальным рифтогенезом и траппообразованием, в общее растяжение была вовлечена вся территория Уральского региона. Раннемезозойское растяжение сыграло не последнюю, а возможно даже и определяющую, роль в формировании современной структуры Урала [Рапопорт, Баранников, 1998].

В поздне триасово-раннеюрский период растяжение сменилось сжатием. Дислокации выразились, в частности, в развитии пологих надвигов в бортах раннемезозойских депрессий [Расулов, 1982]. Однако подвижки были непродолжительными, и уже в конце периода сжатие сменилось растяжением. Таким образом, в платформенный этап развития Урала происходила неоднократная смена напряжений растяжения и сжатия, что оказало свое влияние на активизацию внутриплитного магматизма и процессов эндогенного рудообразования.

До недавнего времени абсолютно доминировали представления о полном прекращении процессов эндогенного рудообразования на платформенном этапе развития Урала. Однако накопленные фактические данные свидетельствуют, что с процессами раннемезозойской тектоно-магматической активизации связано формирование достаточно широкого комплекса эндогенных полезных ископаемых, например, месторождений и рудопроявлений золота и серебра, полиметаллов, молибдена, вольфрама, редких металлов и урана, сурьмы, ртути, а также значительной группы нерудных полезных ископаемых – горного хрусталя, флюорита, амethystов, агатов и др. Наконец, в регионе установлены золотоносные джаспероиды, являющиеся прямыми индикаторами процессов мезозойской активизации [Угрюмов, 1985]. На современном уровне обобщения имеющегося материала могут быть выделены две стадии масштабных рудогенных процессов в мезозое: раннемезозойская – T_1 - J_1 и средне-поздне мезозойская – J_2 - K . Первая стадия могла проявлять себя и раньше – в поздней перми, а вторая – иметь в отдельных случаях продолжение даже в палеогене. Раннемезозойская стадия отличалась тем, что ее магматические комплексы имели повышенную щелочность и флюидность. В их ассоциацию входят: гранит-лейкогранитные и гранит-пегматитовые комплексы шовных зон; щелочно-гранитоидные и сиенит-граносиенит-порфиновые комплексы синклинорных зон с сиало-фемическим типом земной коры; слабо дифференцированные породы траппового магматизма. С некоторыми магматитами пространственно связаны полезные ископаемые, включающие минерализацию литофильного, литофильно-халькофильного профиля. Наблюдаемая при этом связь золотого оруденения с магматическими комплексами является, по-видимому, парагенетической; выделяемые тела и

пучки гранитоидных даек играют роль рудомобилизующего фактора. Таким образом, рудогенные процессы раннего мезозоя по всем своим параметрам отвечают понятию *тектоно-магматическая активизация*. Эти процессы, вслед за А.Д. Щегловым, рассматриваются как определенный тип геодинамического режима, характеризующийся импульсным и относительно кратковременным проявлением тектонической и магматической активности в пределах стабилизированных структур земной коры [Глубинное строение..., 1990]. На развитие золотообразующих процессов в средне-позднемезозойскую стадию уже оказывали влияние не только эндогенные, но и экзогенные факторы. Минерогеническое своеобразие этой рудоносной эпохи заключается в том, что, во-первых, она была «амагматичной» (во всяком случае, достоверно установленных проявлений магматизма юрско-мелового возраста на сегодняшний день не известно) и, во-вторых, по времени была сопряжена с масштабной пенепленизацией складчатых образований региона. Обязательным элементом процессов пенепленизации является формирование площадных кор выветривания. Благодаря этому фактору было «обеспечено» быстрое эрозионное снижение и выравнивание пересеченного рельефа. Рудогенез в условиях масштабной пенепленизации протекал со значительным временным отставанием от пика магматической активности. Формирующиеся рудные скопления золота при этом нередко несут признаки малоглубинной природы. Они отражают собой суммарный результат как восходящих гипогенных ювенильных растворов (или минерализованных термальных вод), так и нисходящих высокорекреационных метеорных вод. Именно этот смысл мы вкладываем в понятие *гипогенно-гипергенный тип* (ГГТ) оруденения, когда эндогенные и экзогенные процессы оказались сближенными как во времени, так и в пространстве [Баранников, 1996, 1998].

Документально установленные и известные на сегодня авторам пункты проявления процессов мезозойского золотого рудогенеза отражены на рис. 1 (в предложенную схему не вошел полярно-уральский сектор). Они представлены практически во всех структурно-формационных зонах Урала и в вещественных комплексах различных палеогеодинамических обстановок. Это свидетельствует в пользу регионального, а не узко локализованного, характера проявления характеризуемых процессов.

Ранее подобное обобщение уже было выполнено В.С. Шубом с выделением зон и районов продуктов мезозойской тектоно-магматической активизации [Золото Урала..., 1993]. Для обоснования контуров зон указанным автором были учтены и косвенные признаки потенциальной рудоносности. В их числе: распространение магматических комплексов мезозоя; геохимические ореолы сурьмы и ртути; шлиховые ореолы киновари; пункты развития глинизированных пород повышенной мощности (потенциальных зон метасоматитов аргиллизитовой формации), а также глубокого и сверхглубокого карста. Следует подчеркнуть, что рудогенные процессы мезозойской активизации проявляют себя как «на новых площадях», так и в пределах уже ранее сформированных золоторудных объектов (что определяет их полихронность, а нередко и полигенность). Перечень известных авторам радиологических датировок (преимущественно К-Аг методом) магматических комплексов и метасоматитов позднего палеозоя-мезозоя приведен на рис. 2. Установлены следующие пункты, на которых проявлена мезозойская золоторудная минерализация:

Полярный Урал: золотосодержащее Софроновское месторождение фосфоритов; рудопроявление Собское (В.С. Козьмин и др.); многочисленные рудопроявления в пределах Харбейской, Ляпинской, Маньхамбовской металлогенических зон (А.М. Марейчев и др.); Хальмерьюзский рудно-россыпной узел.

Северный Урал: район Североуральского бокситового рудника; участок Чернореченский; Воронцовское золоторудное месторождение; участок Белужный; участки в пределах Волчанской и Богословско-Веселовской угленосных депрессий.

Средний Урал: Северо-Аятская площадь; Аятское золото-сурьмяное месторождение; Верхотурский участок в пределах Первомайско-Зверевского рудного поля; Аромашевское золото-сурьмяное месторождение и Варакшинская рудоносная зона; Буланашское золотопроявление; Шамейское золоторудное месторождение; Березовское золоторудное месторождение; Мраморско-Кособродская рудоносная площадь; Гумешевское месторождение золотосодержащих медистых глин; Уфалейское месторождение силикатного никеля и др.

Южный Урал: Непряхинское золоторудное месторождение; южное обрамление Кочкарского рудного поля – Андрее-Юльевский учас-

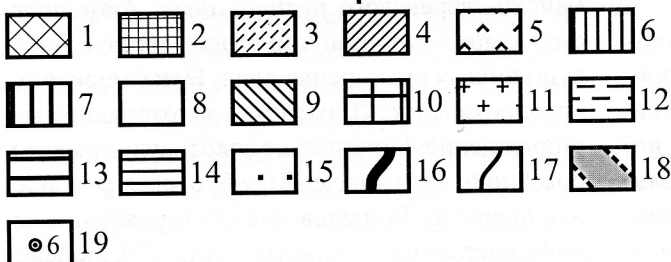
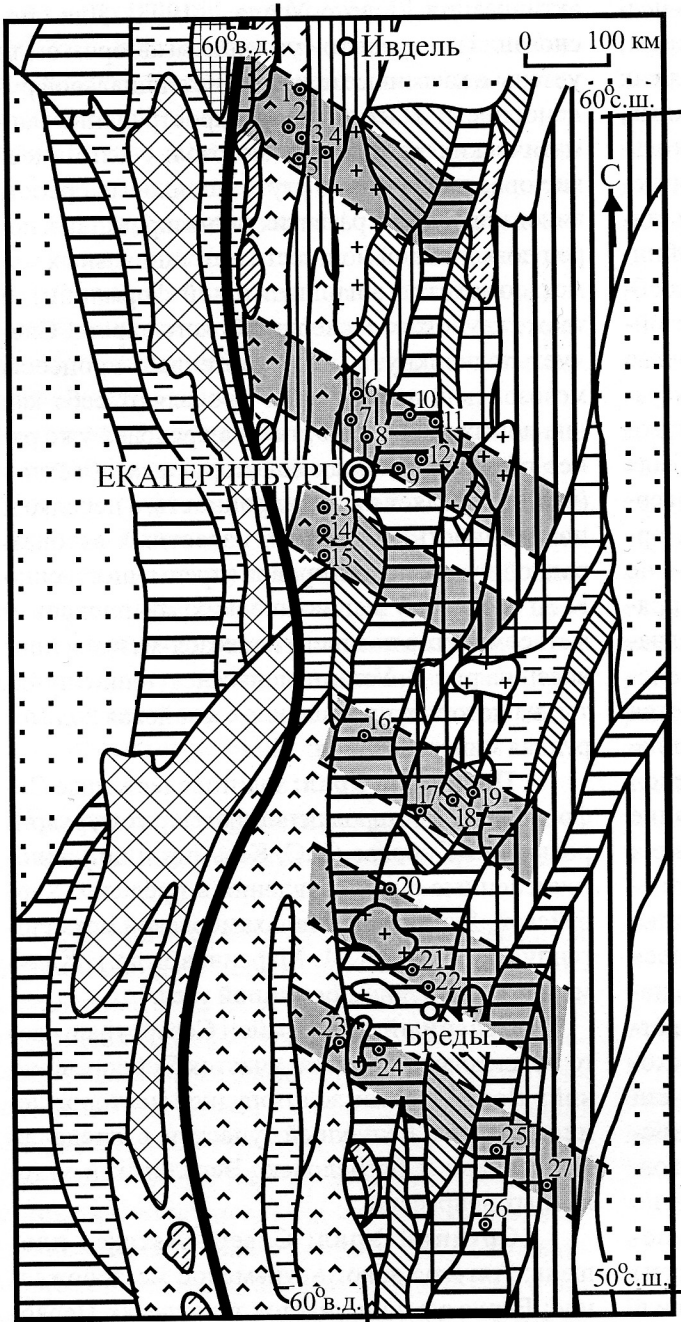


Рис. 1. Геологическая позиция объектов мезозойской золоторудной минерализации в вещественных комплексах различных палеогеодинамических обстановок [Коротеев и др., 2000, с упрощениями].

1 – фрагменты рифейских депрессий и дорифейского основания Восточно-Европейской платформы; 2 – венд-раннепалеозойские рифтовые структуры и ассоциирующие магматические комплексы; 3 – офиолиты; 4 – ультрабазит-базитовые массивы Платиноносного комплекса; 5 – островодужные ассоциации Тагильской и Магнитогорской зон; 6 – вулcano-плутонические ассоциации Тагильско-Тавдинского пояса; 7 – то же Урало-Тобольского пояса; 8 – осадочные депрессии Тагило-Тавдинского и Урало-Тобольского поясов; 9 – тектонизированные фрагменты континентальной коры; 10 – то же океанической коры; 11 – синорогенные гранитные комплексы; 12 – шельфовые и склоновые образования пассивной окраины; 13 – мелководные фации бассейнов форланда и внутренних бассейнов; 14 – осадочный чехол сочленения Тагильской и Магнитогорской зон; 15 – то же Восточно-Европейской и Западно-Сибирской платформ; 16 – Главный Уральский коллизийный шов; 17 – геологические границы (включающие зоны дробления, расланцевания); 18 – наложенные структуры диагональной ориентировки, вмещающие пункты с эндогенной мезозойской минерализацией; 19 – номера объектов с мезозойской золоторудной минерализацией: 1 – район Североуральского бокситового рудника, 2 – Волчанский участок, 3 – участок Черно-реченский, 4 – участок Белужный, 5 – Воронцовское месторождение, 6 – Северо-Аятская площадь, 7 – Аятское золото-сурьмяное месторождение, 8 – Верхотурский участок, 9 – Березовское месторождение, 10 – Аромашевское золото-сурьмяное месторождение, 11 – Буланашское рудопоявление, 12 – Шамейское месторождение, 13 – Мраморско-Кособродская площадь, 14 – Гумешевское месторождение медистых глин, 15 – Уфалейское месторождение, 16 – Непряхинское месторождение, 17 – Светлинское месторождение, 18 – Покровское золото-полиметаллическое проявление, 19 – Андрее-Юльевский участок, 20 – Астафьевское месторождение, 21 – Казанско-Бессоновский участок, 22 – Месторождения Гогинской группы, 23 – Кировское месторождение, 24 – Колчинский участок, 25 – Джетыгаринское месторождение, 26 – Аккаргинское месторождение, 27 – Коломенское золото-сурьмяное проявление.

ко-Тагильской мезозойской эрозионно-структурной депрессии. Россыпь имеет сложное строение. В разрезе рыхлой толщи (максимальная мощность достигает 60 м) присутствуют горизонты, отвечающие золотоносным аллювиальным, пролювиально-аллювиальным отложениям лангурской $J_{2,3}$, мысовской K_2 , наурзумской N_1^{1-2} свит и четвертичным образованиям. Особенность морфоструктуры месторождения проявляется в том, что древний (мезозойско-неогеновый) аллювий сохранился на участке лишь в тектонически опущенном блоке. Его ширина составляет 900 м, а протяженность в субмеридиональном направлении достигает 1 км. Разведкой установлено, что базальный горизонт юрских отложений полого (под углом $5-8^\circ$) погружается на восток и там ограничивается зоной разлома, по которому на мезозойские отложения полого (под углом 30°) надвинуты палеозойские породы (вулканиты силура-девона, а также протрузии серпентинитов). В зоне разлома породы рассланцованы (их мощность составляет 20–40 м), метасоматически изменены (серицитизация, окварцевание, аргиллизация). На поверхности в пределах этой зоны нами наблюдались обломки джаспероидов (возможно фрагментов будинированных рудоносных тел). На стадии разведки россыпи зона разлома оказалась перебуренной, а поднятый керн глинизированных пород промыт (по схеме обработки россыпных проб). Выявлены промышленные концентрации свободного металла, изменяющиеся по отдельным интервалам от знаковых содержаний до 12 г/м^3 . Помимо золота в шлихах установлено присутствие сульфидов (пирита, халькопирита, киновари), а также самородной меди. Отмеченные факты могут свидетельствовать о проявлении наложенных рудогенных процессов (по-видимому позднемезозойского возраста), скорее всего отвечающих золото-аргиллизитовой формации. Возможно, что метасоматически преобразован и базальный горизонт галечников лангурской свиты, залегающих на выветрелых литокластических туфах порфиритов андезитового состава раннего девона. Так, в забоях гидравлик, где был вскрыт базальный горизонт разреза, можно было наблюдать, что рыхлые континентальные отложения юры не только литифицированы (с образованием песчаников), но и интенсивно сульфидизированы. При этом обильные инфильтрационные обособления пирита (как натечно-почковидного, так и кристалломорфного облика) «пропиты-

вают» золотоносный горизонт юрского разреза с образованием своеобразных конгломератов. Вполне вероятно, что в данном случае проявили себя процессы гидрогенного рудообразования. Причем в стадию рудоотложения имели место как процессы сульфатредукции, так и гидротермально-метасоматические. Установленные содержания золота в пирите достигают 1 г/т , серебра $5,3 \text{ г/т}$; в сферолитах марказита они соответственно равны $0,8$ и $2,9 \text{ г/т}$; концентрация мышьяка превышает кларк в 400 раз.

Волчанская угленосная депрессия располагается на Северном Урале в пределах тех же пород островодужной ассоциации. По геофизическим данным протяженность депрессии составляет около 20 км при ширине от 2 до 5 км. Мощность выполняющих эту структуру мезозойских отложений достигает в южной части 1000 м, а в северной уменьшается до 100 м. По литературным данным в разрезе отложений триас-юрского возраста выделяются снизу вверх четыре свиты: пестроцветный горизонт, подволчанская, волчанская и надволчанская свиты. Пестроцветный горизонт с резким угловым несогласием залегает на палеозойских породах эйфельско-живетского возраста и представлен красными и пестрыми глинами, содержащими брекчиевидные горизонты выветрелых пород. С ним связаны залежи бокситов (Ольховское месторождение в пределах соседнего Богословско-Веселовского грабена). Выше по разрезу залегают породы подволчанской свиты T_3-J_1 , представленные также пестроцветной толщей зеленовато-серых, вишнево-красных глинистых галечников и гравелитов. Мощность свиты изменяется от 60 до 250 м. Еще стратиграфически выше располагаются породы волчанской свиты (мощностью до 300 м), содержащие три угленосных горизонта. Надволчанская свита распространена не повсеместно и представлена полимиктовыми песками с галькой.

Интерес к рассматриваемой угленосной депрессии в нашем случае вызван тем, что в северной части этой структуры, в пределах тектонически приподнятого блока, породы подволчанской свиты выведены на поверхность. Они подвержены размыву системой мелких ручьев и речек верховьев бассейна р. Макарьевки. Эти речки повсеместно золотоносны и россыпи в прошлом интенсивно обрабатывались. В 90-х гг. они были переоценены усилиями прииска «Южно-Заозерский». Выполненное нами исследование распределения разведочных парамет-

ров в продольных профилях рек Мостовки, Березовки показало, что золото в россыпи поступало из пород плотика на всем протяжении долин [Баранников и др., 2000]. О заимствовании золота россыпями из подстилающих пород свидетельствуют и результаты сопоставительного изучения металла. По крупности золото отвечает мелкому: средний размер по длинной оси 0,37 мм, средний размер по данным ситового анализа 0,25 мм. По форме – это преимущественно (59 %) уплощенные золотины округлых очертаний прожилково-чешуйчатой, прожилково-пленочной формы. На изометричные зерна комковидно-гнездовой, комковидно-угловатой формы приходится порядка 35 %. В ограниченном количестве присутствуют золотины субрудного облика с кристалломорфными очертаниями. По составу золото средней пробы (от 840 до 868, в среднем 853 ‰); в периферийной части пробность возрастает на 23–100 ‰ и более. При обработке данных поисковых скважин, вскрывших породы подволчанской свиты до глубины 20 м, выполнено исследование распределения золота в вертикальном разрезе. Всего обработаны данные более чем по 200 скважинам 5 разрезов. Во всех опробованных интервалах разреза присутствует свободное золото, содержание которого колеблется от первых до 635 мг/м³. Характер распределения его крайне неравномерный – гнездовый, пластово-гнездовой. Для количественной оценки степени упорядоченности распределения золота в пестроцветной толще обобщены данные опробования по пяти метровым интервалам, а для выделенных условных горизонтов рассчитаны значения относительной энтропии. Установлено, что этот параметр изменяется в разрезе незакономерно. Отмеченное свидетельствует об отсутствии эффективной дифференциации металла по параметру гидравлической крупности в толще пролювиально-делювиального типа. Компьютерная обработка результатов опробования толщи выполнена и в плане (по значению вертикального запаса). Определились локальные зоны повышенных значений параметра, тяготеющие к восточному борту грабена. Последний совпадает с региональным Крутоловско-Коноваловским разломом, имеющим, по-видимому, рудоконтролирующее значение. Здесь ранее был выявлен пологий взброс, по которому породы палеозоя надвинуты (в виде пластины) на нижнемезозойские. Поэтому наибольший практический интерес при продолжении поисковых работ на пло-

щади будут представлять те участки, где выявлено золото двух типов: кластогенное, принесенное с бортов грабена, и наложенное рудное, связанное с гидротермально-метасоматическими процессами. О проявлении наложенных рудогенных процессов средне-позднемеозойского возраста указывает присутствие в нижнемезозойской толще пирита «свежего» облика, кинувари, а также микропримесных концентраций палладия (до 0,01 %), ртути (до 0,14 %) в ряде золотин. Это же подтверждают результаты минералогического изучения проб и в других пунктах грабена. Так, в юго-западном борту действующего угольного разреза Волчанского месторождения в шлиховой пробе, отобранной из разнозернистых песков надугленосной волчанской свиты, встречено золото рудного облика (около 20 знаков) без каких-либо следов механической обработки. Оно мелкое, размер по длине зерен колеблется от 0,05 до 0,25 мм (в среднем 0,162 мм). Представлено как объемными комковидно-гнездовыми, так и более уплощенными разновидностями. Некоторые выделения являются гемиидиоморфными. Проба золота изменяется от 840 до 866 ‰.

Изучение тектоники нижнемезозойских угленосных депрессий района, проводившееся в 60-х гг. [Каретин, 1965], показало, что ведущую роль в формировании разломов играли не надвиговые, а сдвиговые перемещения крупных блоков. Возраст этих дислокаций датируется как верхи лейаса. Разведочными скважинами в восточной части располагающейся южнее Богословской депрессии установлено перекрытие триасовых отложений породами палеозоя (известняками и сланцами эйфельского яруса). Последние образуют плоские пластины разной мощности (50—500 м). Нижнемезозойские толщи под пластинами интенсивно милонитизированы. О наличии наложенной эндогенной минерализации в этих экранированных структурах упоминаний нет. Обобщая изложенное, отметим, что высокие значения мощностей подугленосной пестроцветной глинисто-галечной толщи, при наличии в ней локальных участков повышенных концентраций свободного металла, позволяют в целом оптимистически оценивать их потенциальные прогнозные ресурсы. Первоочередное значение при этом приобретает изучение восточных частей угленосных депрессий Карпинского района, где можно прогнозировать проявление рудогенных процессов позднего мезозоя в структурах экранирования.

Воронцовское золоторудное месторождение является наиболее крупным и хорошо изученным объектом, в котором развито прожилково-вкрапленное золотое оруденение. Размещается месторождение на восточном склоне северного Урала в пределах того же комплекса пород островодужной ассоциации. Пространственно тяготеет к западной экзоконтактовой части Ауэрбаховского массива гранодиоритов (D_2). Вмещающие оруденение вулканогенные и карбонатные породы (D_1 - D_2) залегают монокинально с пологим падением на запад. Главные рудные залежи с прожилково-вкрапленной минерализацией локализованы на контакте карбонатной и перекрывающей ее вулканогенной толщи. Важным элементом структуры рудного поля является мезозойская Ивдельско-Тагильская эрозионно-структурная депрессия. Ее западный фланг охватывает весь рудный район. Депрессия отчетливо «наложена» на древние палеозойские комплексы и в общих чертах наследует меридиональное уральское направление. По природе Воронцовское месторождение полиформационное, полигенное, полихронное. Оно формировалось длительно под воздействием эндогенных и гипергенных процессов. Выделяют [Сазонов и др., 1998] три этапа и три стадии рудоотложения: наиболее ранняя арсенопирит-пиритовая с пропиловыми метасоматитами; пирит-реальгаровые руды, сопровождающиеся кварц-серицитовыми и аргиллизитовыми метасоматитами; сульфосольно-полиметаллическая, ассоциирующая с кварцевыми метасоматитами (джаспероидами) и поздним кальцитом. Промышленное оруденение в этой схеме связывается с отложением пирит-реальгаровых руд. Некоторые исследователи ведущим по золоту типом называют аргиллизитовую формацию.

Проведенные авторами наблюдения показали, что важную роль в балансе запасов золота на Воронцовском месторождении играет джаспероидная ассоциация. Нами уточнен возраст джаспероидной ассоциации. По данным В.Н. Сазонова, джаспероиды Воронцовского объекта сформировались позднее кварц-серицитовых метасоматитов, радиологический возраст которых 300 млн лет (верхний карбон). Однако временной разрыв здесь не определен. Если признать палеозойский возраст джаспероидов, то в эпоху пенепленизации Урала (поздняя юра-верхний мел) при размыве палеозойских образований джаспероиды неизбежно образывали

бы обширные ореолы механического рассеяния валунов, а также характерного «рисовидного» кварца. Однако подобных ореолов за пределами депрессии установить не удалось. Находки этих валунов и обломков не вышли за пределы депрессии. Отмеченное можно объяснить только относительно молодым возрастом джаспероидов, сопоставимым с возрастом самой депрессии, в которой и формировались метасоматиты. Важным признаком мезозойского возраста джаспероидов Воронцовской площади являются первичные ореолы рассеяния, их форма и элементный состав. Анализ геохимических карт и разрезов по профилям показал, что в карстовых полостях ореолы не меняют элементный состав, не приобретают новую форму, а накладываются на уже сформированные карстовые полости, возраст которых датируется заполняющими их осадочными юрскими или, скорее всего, нижнемеловыми отложениями. Таким образом, на Воронцовском месторождении имеется много фактов, подтверждающих длительное развитие здесь рудообразующей системы, в которой вплоть до позднего мезозоя периодически возобновлялись импульсы гидротермальной активности и продуктивного рудоотложения.

Буланашское золотопоявление [Шуб и др., 1985] располагается на Среднем Урале к северу от г. Артемовского вблизи Буланашского угольного месторождения. Золотосульфидная минерализация прожилково-вкрапленного типа здесь проявлена в плоскостях чешуйчатого надвига, по которому терригенно-карбонатные породы нижнего карбона надвинуты на угленосную толщу челябинской серии T_3 - J_1 . Интервалы с установленной золотоносностью (0,5–4,9 г/т) не образуют какого-либо выдержанного горизонта, тяготея к низам терригенно-карбонатной толщи C_1 v. В них проявлены низкотемпературные гидротермально-метасоматические процессы, выраженные в доломитизации, аргиллизации, сульфидизации пород. Наличие свободного золота осталось не изученным. Оруденение слепое, кроме того, с поверхности перекрыто континентальными отложениями нижнего мела, морскими отложениями палеогена. В непосредственной близости от участка встречены дайки риолито-дацитов, имеющих по K-Ar датировке возраст 242 ± 9 млн лет. Поэтому есть основания предполагать, что золоторудная минерализация в нижних частях пластины чешуйчатого надвига может иметь нижнемезозойский или, скорее всего, более поздний возраст.

Шамейское золоторудное месторождение располагается в той же зоне. Приурочено к южной части Шамейского габбрового массива. Массив, по данным В. Я. Левина, представляет собой асимметричную бескорневую будину размером 15х4 км, ограниченную со всех сторон тектоническими нарушениями. На западе – это зона Сусанского глубинного разлома, а на востоке – глубинный Асбестовский (Шамейский) разлом. Вблизи его габброиды неравномерно лиственизированы, содержат многочисленные сульфидно-кварцевые жилы с невысокими содержаниями золота. Само Шамейское месторождение представлено рядом золоторудных объектов: Безымянный лог, Партизанский увал, Самсон, Крутой лог и т.д. Наиболее масштабным объектом является Безымянный лог. Месторождение находится в пределах тектонического блока, ограниченного с севера и юга разломами северо-восточной ориентировки. Породы в этом блоке интенсивно лиственизированы, а в зоне разломов превращены в серицит-кварц-карбонатные метасоматиты с многочисленными прожилками кварца. Развитые здесь охристо-глинисто-щебнистые образования плащеобразной формы параллелизуются с золотоносными корами выветривания. Однако есть основания считать, что в их составе могут присутствовать и продукты относительно низкотемпературного метасоматоза – аргиллизиты. В пользу сказанного свидетельствуют следующие факты. К юго-западной части отмеченного тектонического блока приурочен небольшой (1,5х3,5 км) Малышевский массив, представленный порфиroidными биотитовыми и двуслюдяными гранитами, рассеченными дайками аплитов, гранит-аплитов. Возраст гранитов датирован в интервале 236–211 млн лет по К-Аг и 240–220 млн лет по U-Pb методу. Породы массива претерпели неоднократные гидротермальные изменения, выражающиеся в грейзенизации (с формированием вольфрам-молибденового штокверка) и более поздней аргиллизации (по локальным зонам пострудных разломов). Можно полагать, что процессы аргиллизации и на площади Шамейского золоторудного объекта имели рудообразующее значение. На это указывают некоторые типоморфные особенности самородного золота (изученные из верхних горизонтов III рудоносной зоны, скв. 16/19 и 402). В целом, металл характеризуется пониженной крупностью (65 % приходится на класс +0,10 мм и только 6 % на класс +0,05 мм). На-

ряду с золотом, испытывавшим существенные гипергенные изменения (зерна покрыты гидроксидами железа), в пробах присутствует металл совершенно не измененный – ярко-желтого, латунно-желтого цвета с гладкой блестящей поверхностью. Именно золото подобного облика свойственно ряду объектов гипогенно-гипергенного типа. В пользу относительной малоглубинности протекавших процессов свидетельствует разнообразие морфологического спектра золотинок, преобладание среди них гемиидоморфных выделений, присутствие расщепленных кристаллов, сложных ажурных агрегатов и т.д.

Кировское золоторудное месторождение расположено на Южном Урале в Оренбургской области в 6 км к северо-северо-западу от п. Белозерский. Рудовмещающими являются породы островодужной ассоциации Магнитогорской зоны. Открыто месторождение геологами Восточной ГРЭ (г. Орск) при проведении глубинных литохимических поисков, последующей заверке выявленных аномалий, разведке рудных тел. К настоящему времени месторождение уже отработано открытым способом (карьером глубиной до 30 м) Южноуральской золотодобывающей компанией. Однако, как на стадии поисковых и разведочных работ, так даже и при промышленном освоении объекта, у геологов не сформировались отчетливые представления о типе, генезисе этого нетрадиционного для региона месторождения, возрастном диапазоне его формирования. Ранее генезис месторождения увязывали всецело с процессом образования химических кор выветривания (за счет окисления убогой золото-сульфидной минерализации в первичных породах). Последние исследования [Михайлов, 1999] позволили подойти к проблеме формирования золотооруденения с новых позиций и рассматривать его как объект золото-аргиллизитовой формации. Наши наблюдения, основывающиеся на исследовании относительно небольшой группы проб (отобранных из стенки карьера), всецело подтверждают эту концепцию и позволяют рассматривать Кировское месторождение как «базовый» объект, где проявили себя золотообразующие процессы позднемезозойского возраста гипогенно-гипергенного типа. В геолого-структурном отношении месторождение располагается на границе Восточно-Уральского поднятия и Магнитогорского прогиба. Структурой более высокого порядка является так называемый Кировский грабен, где сохранились породы терриген-

но-карбонатной толщи нижнего карбона. Именно к западному борту грабена, вблизи его границы с Солончанским горстом (сложенным углеродисто-кремнистыми сланцами среднего ордовика), и приурочено месторождение. Рудные тела пластово-линзовидной формы подчинены элементам слоистости углеродисто-терригенно-карбонатной толщи нижнего карбона $C_{1V_{2,3}}$. Рудная залежь линзовидной формы зафиксирована на уровне палеоповерхности (мезозойской поверхности выравнивания) и перекрыта сверху континентальными глинами неоген-четвертичного возраста (мощностью 5–8 м). Мощность рудного тела колеблется от 1,9 до 40 м (в среднем 16,4 м). Оно прослеживается до глубины 82 м. В плане имеет серповидную форму, как бы облекая залегающую глубже рифогенную постройку карбонатных пород. Сама рудная залежь представлена слаболитифицированными метасоматитами, развитыми преимущественно по терригенно-осадочным породам (углистым сланцам, алевролитам, песчаникам, известнякам). В ее строении выявлена рудно-метасоматическая зональность. В основании вскрытого разреза располагаются метасоматически измененные нацело маршаллитизированные известняки ранее сформированной рифогенной постройки. В маршаллитах встречены мелкие друзы и желваки метасоматического кварца, температура формирования которого составляет первые сотни градусов [Михайлов, 1999]. Выше по разрезу зафиксирована наклонно (угол 10–50°) залегающая толща терригенных измененных пород, мощностью до 30 м. Породы ее слабо рудоносны. Отмечены обильные выделения лимонита. Здесь же присутствуют вторичный идиоморфный кварц, а также серицит, каолинит и ряд других минералов (хромовые слюды, галлуазит, гиббсит, ярозит и др.). Выше расположенная рудоносная зона имеет кварц-серицитовый состав. Породы дислоцированы, подвержены кварцевому метасоматозу (парагенезис кварц-серицит-мусковит-парагонит). С внешней стороны рудоносная залежь сменяется горизонтом углисто-кремнистых сланцев, менее метасоматически преобразованных и не несущих промышленного оруденения. Самородное золото мелкое и тонкодисперсное. По форме это чешуйки, пластинки, иногда выделения изометричных кристалломорфных очертаний. Пробность исключительно высокая (990–999); среди примесей установлены серебро и медь. Золото в рудных телах коррелируется с Fe, Co, As,

а также K_2O и Ba. Содержание K_2O в рудах достигает 4 %, N_2O около 1 %. Все отмеченное не дает оснований увязывать формирование золотоносности лишь только с образованием кор выветривания. Основной вклад в возникновение золотооруденения имела термальность. В пределах «термальных окон» (субвертикальных локальных полостей) рудоносные растворы поднимались к палеоповерхности, при этом используя пористые, эффективно проницаемые рифогенные постройки. Перенос золота осуществлялся преимущественно в хлоридной форме. В зоне гипергенеза при взаимодействии эндогенных и экзогенных факторов имел место резкий спад давления, температуры и возникали условия, благоприятные для интенсивного гидролиза, дифференциации вещества и рудоотложения [Михайлов, 1999]. Все изложенное позволяет сопоставлять Кировское месторождение золото-аргиллизитовой формации с гипогенно-гипергенным типом поздне-мезозойской стадии.

Рудно-метасоматические процессы мезозоя могли проявлять себя достаточно масштабно и на ранее сформированных золоторудных объектах. Роль их при этом могла быть значительной и, в том числе, проявляться: в усложнении строения минеральных и геохимических полей (ореолов); в появлении характерных (типоморфных) особенностей минеральных ассоциаций (в частности, самородного золота); перераспределении концентраций золота (вплоть до возникновения особо богатых рудных гнезд и столбов) и т.д. Именно отмеченные процессы нередко определяют полигенный характер, полихронность оруденения. Геологически задокументированы факты проявления рассматриваемых процессов в пределах ряда рудных полей и месторождений. Среди них – на Воронцовском, Березовском, Кочкарском (Семеновская зона, Андрее-Юльевский участок), Джетыгаринском (жила Белая) и других месторождениях. Рассмотрим лишь один из отмеченных примеров.

Березовское золоторудное месторождение на Среднем Урале приурочено к западной границе развития пород мелководных фаций бассейна форланда. Разрабатывается уже более 250 лет. Однако многие вопросы, касающиеся условий формирования, минералого-геохимических особенностей строения рудоносных зон этого уникального месторождения, по-прежнему привлекают внимание исследовате-

лей. В основу наших обобщений положены данные опробования разведочно-эксплуатационных штреков (с шагом опробования в 1 м) двух горизонтов (314 и 512 м) дайки Второ-Павловской, располагающейся в центральной части рудного поля. Целью исследований являлось изучение пространственного распределения золота и серебра в минерализованной жильной зоне. Обобщение материала по горизонту 314 м выполнено в пределах блоков 121–100 и 92–89 (по простиранию –1690 м) и по горизонту 512 м по блокам 118–105 (по простиранию – 1330 м). За основу взяты данные эксплуатационного опробования, а также иные материалы (геологическая документация, погоризонтные планы и т.д.).

Опробование на руднике производится в зависимости от степени «насыщенности» даек кварцево-прожилковой минерализацией. Задириковым способом опробуются кварцевые жилы мощностью от 2 до 10 см; бороздовым – при мощности жил более 10 см; точечным – вкрапленные руды (березиты с заключенными в них кварцевыми прожилками, мощностью менее 2 см). Для обобщения материала нами привлечены только те интервалы штреков, где оказались пространственно совмещенными результаты опробования богатых руд с кварцево-жильной минерализацией (содержанием золота от 0,2 до нескольких десятков г/т) и бедных вкрапленных руд (обычно содержащих золото в пределах 0,3–1,3 г/т). Для достижения однородной и непрерывной информации анализируемые параметры (средние значения золота и серебра) рассчитывались как средневзвешенные на мощность кварцево-прожилковой минерализации. Помимо этого, для устранения резких колебаний полученных значений они были усреднены по 10-метровым интервалам штреков. Для этих же интервалов рассчитана суммарная мощность кварцевых жил (м), а также дана оценка «удельной прокварцованности» (см/1 пог. м) дайки. На основе компьютерной обработки полученных данных с использованием программ «Статистика», «Аппроксимация» отстроены графики распределения содержаний золота, серебра, серебряно-золотого отношения, а также значений суммарной прокварцованности дайки. Их анализ позволяет отметить, что выявленные пики значений «удельной прокварцованности» далеко не во всех случаях коррелируются с максимумами содержаний благородных металлов. Также не всегда отмечается конкордантное распределение максимумов значений золо-

та и серебра. Причем отмеченная закономерность характерна как при сопоставлении единичных проб, так и усредненных значений по 10-метровым интервалам опробования, а также для блоков в целом. Причина отмеченного, по-видимому, кроется в особенностях пространственного распределения продуктивных минеральных ассоциаций, а также структурной подготовленности для рудоотложения дайкового тела.

Руды Березовского месторождения являются малосульфидными (3–5 %). Золото представлено как в самородном виде, так и в тонкодисперсной форме (входя в состав сульфидов). В кварцево-жильных телах проявили себя четыре основные минеральные ассоциации: анкерит-кварцевая, кварц-пиритовая, полиметаллическая (включающая выделения более позднего пирита, халькопирита, блеклых руд, айкинита, самородного золота и др.) и карбонатная [Самарцев и др., 1973]. Продуктивными на золото являются вторая и третья ассоциации. Однако все отмеченные минеральные ассоциации рассматриваются сегодня как отдельные стадии в рамках единого гидротермального этапа. В то же время несогласованное (дискордантное) пространственное распределение охарактеризованных выше параметров дает основания утверждать, что оруденение на месторождении является полихронным, отвечающим разным этапам формирования. В пользу сказанного свидетельствует характер изменчивости в объеме рудоносной дайки такого показателя как серебряно-золотое отношение. Установлено, что «серебристость руд» изменяется в минерализованной дайковой зоне периодически (с шагом между точками экстремумов в среднем 20 м) и направленно. Так уровень концентрации серебра в пробах возрастает по дайке в южном направлении по мере приближения к выходам Шарташского плутона, а также с глубиной. На присутствие в рудных жилах двух типов золота (желтого и белого) обратил внимание еще в 1975 г. Б. В. Чесноков. Белое золото, более позднее, нередко образует каймы на раннем. С глубиной количество серебрястых фаз увеличивается, а общая пробность золота понижается. Наличие серебрястых кайм на поверхности самородков, встреченных в лестничных кварцевых жилах горизонта 520 м, описано В.В. Мурзиным (1987). Следует подчеркнуть, что «тренд серебряности» проявляет себя наиболее контрастно на глубине (горизонт 512 м). На поверхности рудного поля присутствие серебрястого золота также

многочисленно отмечалось при разведке и разработке россыпей (Ю.М. Степанов, А.И. Александров). Благодаря своеобразному латунному облику оно получило название «шпейсового». Однако пространственно это золото распространено ограничено. Можно предполагать, что завершающие (мезозойские) рудообразующие процессы проявили себя на месторождении уже после охлаждения гранитоидного плутона. Этот рудогенный этап, скорее всего, представлен на месторождении самой поздней наложенной золото-полиметаллической ассоциацией. Помимо серебристого золота в ее составе возможно присутствие галенита второй генерации (с повышенным количеством серебра), а также самостоятельных серебросодержащих минералов, например, матильдита – AgBiS_2 [Викентьева, 1999]. Похоже, что «серебристая волна» наиболее интенсивно проявила себя на южном и восточном флангах рудного поля. Так, в восточной части месторождения среди стратифицированных вулканогенно-осадочных толщ выявлены (И.А. Субботин и др.) горизонтально располагающиеся геохимические ореолы золота и серебра в ассоциации с Cu , Zn , Pb , As , Co . Дальнейшей поисковой оценки на благородные металлы эти аномалии не получили. О мезозойском возрасте «молодых» рудообразующих процессов можно судить и на основе некоторых косвенных данных. Так, выполненные нами палеогеоморфологические построения позволили выделить на площади рудного поля Березовского месторождения фрагменты мезозойского (юрско-мелового) пенеппена [Баранников и др., 2001]. Они тяготеют к периферии рудного поля и отвечают субгоризонтальным площадкам с абсолютными отметками 270–280 м при сохранившемся полном профиле кор выветривания. Не исключено, что отмеченный гипсометрический уровень был близок к позиции палеоповерхности рудогенной эпохи позднемезозойского возраста. Последующий эрозионный срез пород в кайнозой (по руслу рек Березовка, Пышма он превысил 50 м) вскрыл рудно-метасоматические колонны. При этом в сферу россышеобразования было вовлечено и серебристое золото.

Обсуждение результатов

Изложенные выше примеры свидетельствуют, что золотоцентрирующие процессы, проявленные на Урале в мезозое, существенно различаются по характеру геотекто-

нического режима. Они приурочены к вещественным комплексам различных палеогеодинамических обстановок.

Раннемезозойский этап характеризовался неоднократной сменой напряжений сжатия и растяжения, что привело к значительной тектонической активности ранее существовавших и вновь заложившихся разломов, формированию разнообразных типов складчатости. Отмеченное оказало свое влияние на активизацию внутриплитного магматизма и парагенетически связанного с ним эндогенного оруденения. Рудогенные процессы геотектонического режима раннемезозойской тектоно-магматической активизации по своему характеру во многом близки к тем, что проявили себя в позднем палеозое.

Средне-позднемезозойский этап уже протекал в обстановке малых амплитуд и слабой дифференциации колебательных движений без сколько-нибудь отчетливой связи с магматизмом. Резко возросла роль экзогенных факторов рудогенеза. Это привело к глубокому выветриванию пород и, как следствие, быстрому денудационному снижению региона, формированию равновесных поверхностей выравнивания пенеппена (форм рельефа, когда имеет место компенсация эндогенных структур наложенными экзогенными преобразованиями). На процессы рудогенеза в подобных условиях оказывали свое влияние не только эндогенные факторы (восходящие термальные минерализованные воды и растворы), но и экзогенные (просачивающиеся с пенеппенизированной поверхности высокоракционные метеорные воды). Формирующееся при этом золотое оруденение гипогенно-гипергенного типа проявляет признаки малоглубинности. Благодаря высокой «степени раскрытости» трещинных структур его продукты нередко приобретают объемную форму залежей. Уместно в этой связи обратить внимание на высокую степень тектонической мобильности Земли в целом в позднем мезозое [Филатова, 1996]. Наибольшая активность приходится на конец неокома-раннего альба (120–110 млн лет). Отмеченная орогения, вызванная интенсивным сжатием периферических частей океанов и прилегающих к ним площадей континентов, могла получить свое отражение и в пределах структур Уральской складчатой системы.

Геолого-генетические модели формирования оруденения ГГТ остаются на сегодняшний день не раскрытыми. Возможно, что за ос-

нову при этом могут быть взяты теоретические разработки, полученные при изучении гидrogenных месторождений урановых руд [Кисляков и др., 2000]. Гидrogenное рудообразование рассматривается как разновидность процессов, обусловленных деятельностью региональных коровых и трещинно-жильных вод различных гидрогеохимических типов. Подземные воды, наполняющие рудообразующие системы, подразделены на две группы.

Первая представлена гидросульфидными термами, отчасти углекислыми водами, с широким интервалом температур. Они отличаются приуроченностью к зонам разломов и в определенной степени могут рассматриваться в качестве аналогов гидротермальных растворов, способных участвовать в миграции халькофильных элементов. С ними связано в ряде случаев формирование медно-полиметаллической, сурьмяно-ртутной и мышьяковой (с золотом) минерализации. Основными формами переноса являются сульфидные и гидросульфидные комплексы, устойчивые при высокой активности сульфидной серы и повышенной щелочности среды.

Вторая группа представлена термальными кислыми углеводородно-хлоридными, отчасти близнезтральными («глебовыми») подземными водами. В определенных условиях они могут транспортировать значительное количество таких металлов, как уран, медь, свинец, цинк, железо, марганец и т.д. Воды характеризуются региональным распространением, приуроченностью к амагматическим бассейнам. В этой связи уместно обратить внимание на то, что вопросы мезозойской палеогидрогеологии на Урале применительно к проблемам рудогенеза отражены в публикациях крайне ограниченно [Буданов, 1968; Разумова, 1977]. Необходимость их целенаправленного рассмотрения на современном этапе очевидна.

Заключение

Накапливающиеся фактические материалы свидетельствуют в пользу того, что на этапе платформенного развития Урала в мезозое проявили себя не только грандиозные экзогенные золотоконцентрирующие процессы, но и эндогенные. На раннемезозойской стадии (T_1-I_1) рудно-метасоматические процессы были обусловлены проявлением тектоно-магматической

активизации. На развитие рудогенных золотоконцентрирующих процессов в среднем-позднем мезозое (I_2-K) уже оказывали совокупное влияние не только эндогенные, но и экзогенные факторы. Формирующиеся при этом золоторудные объекты рассматриваются нами в ранге гипогенно-гипергенных. Сложность «вычленения» объектов ГТГ из совокупности «глинизированных» пород приводит к тому, что их просто не узнают и относят к корам выветривания химического профиля. В то же время высокая потенциальная геолого-экономическая значимость этих нетрадиционных объектов обусловлена такими их особенностями, как объемная форма залежей, малоглубинное залегание (объекты под открытую разработку), вещественный состав руд (пригодный для переработки сырья с использованием современных технологий выщелачивания).

Список литературы

- Баранников А.Г. О золотооруденении в связи с процессами мезозойской тектоно-магматической активизации // Моделирование геологических систем и процессов. Пермь: Перм. ун-т, 1996. С. 99–102.
- Баранников А.Г. Гипогенно-гипергенный тип золотого оруденения на Урале // Изв. УГГГА. Сер. Геология и геофизика. 1998. Вып. 8. С. 94–99.
- Баранников А.Г., Узрюмов А.Н., Дворник Г.П. и др. О золотоносности отложений раннемезозойских рифтогенных структур (на примере Волчанской и Веселовско-Богословской депрессий) // Постколлизийная эволюция подвижных поясов: Тез. докл. Междунар. науч. конф. (VI чтения А. Н. Заварицкого). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2000. С. 24–27.
- Баранников А.Г., Абакумов И.В., Узрюмов А.Н. и др. О золотоносности Субровского бокситоносного комплекса // Изв. УГГГА. Сер. Геология и геофизика. 2000. Вып. 10. С. 116–119.
- Баранников А.Г., Баталин А.С., Узрюмов А.Н. и др. О перспективах повторного промышленного освоения зоны гипергенеза Березовского золоторудного месторождения // Изв. УГГГА. Сер. Геология и геофизика. 2001. Вып. 13. С. 153–163.
- Буданов Н.Д. Глубинные воды, особенности их состава и генезис // Сов. геология. 1968. № 5. С. 82–89.
- Золото Урала. Россыпные месторождения / Шуб В.С., Баранников А.Г., Шуб И.З. и др. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. 135 с.
- Каретин Ю.С. О роли сдвиговых дислокаций в формировании нижнемезозойских депрессий и структуры восточного склона Урала // Изв. АН СССР. Сер. геол. № 10. 1965. С. 45–62.

Кисляков Я.М., Щеточкин В.Н. Гидрогенное рудообразование. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000. 608 с.

Месторождения золота Урала: Научное издание (второе, исправленное и дополненное) // Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А., Поленов Ю.А. Екатеринбург: УГГГА, 2001. 622 с.

Михайлов Б.М. Термальный гипергенез на Кировском месторождении золота (Южный Урал) // Проблемы геологии и разведки месторождений золота, извлечения благородных металлов из руд и отходов производства: Матер. Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург: УГГГА, 1999. С. 20–22.

Глубинное строение и металлогения подвижных поясов // Золоев К.К., Попов Б.А., Рапопорт М.С. и др. М.: Недра, 1990. 191 с.

Разумова В.Н. Древние коры выветривания и гидротермальный процесс. М.: Наука, 1977. 156 с.

Рапопорт М.С., Баранников А.Г. Мезозойская минерализация Урала (некоторые особенности и проблемы) // Изв. УГГГА. Сер. Геология и геофизика. 1998. Вып. 8. С. 89–94.

Расулов А.Г. Тектоника раннемезозойских впадин восточного склона Урала // Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982. 41 с.

Сазонов В.Н., Мурзин В.В., Григорьев Н.А. Воронцовское золоторудное месторождение – пример минерализации карлинского типа на Урале, Россия // Геология рудных месторождений. 1998. Том 40. № 2. С. 157–170.

Самарцев И.Т., Захваткин В.А., Казимирский В.Ф. О зональности Березовского золоторудного месторождения // Геология рудных месторождений. 1973. № 1. С. 110–117.

Сигов А.П. Металлогения мезозоя и кайнозоя Урала. М.: Недра. 1969. 296 с.

Угрюмов А.Н. Золоторудные месторождения джаспероидного типа как индикаторы процессов тектоно-магматической активизации // Тектоника Сибири. Т. 12. Новосибирск: Наука. 1985. С. 144–149.

Угрюмов Ар.Н., Угрюмов А.Н. Сравнительный анализ рудоносных областей тектоно-магматической активизации // Сов. геология. 1990. № 7. С. 30–37.

Филатова Н.И. Особенности эволюции активных континентальных окраин Земли в интервале 129–85 млн лет // Докл. АН. 1996. Т. 351. С. 667–669.

Шуб В.С., Савельева К.П., Матвейчук П.А. Новый тип золотой минерализации на восточном склоне Среднего Урала // Рудоносные рудные и нерудные формации Среднего Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. С. 148–149.

Рецензент доктор г.-м. наук Е.С. Контарь