

9. Куликов А.И., Алексеев А.Б., Медведев С.Н. Серебряная минерализация на одном из скарново-магнетитовых месторождений // Геология рудных месторождений. - 1991. - N5. - С.100-110.
10. Литошко Д.Н. Мезозойский вулканизм осевой зоны Полярного Урала и его минералогия // Геология Севера Урала. - Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1992. - С.32-45.
11. Пучков В.Н. Образование Урало-Новоземельского складчатого пояса - результат закономерной косоориентированной коллизии континентов // Геотектоника. - 1996. - N5. - С.66-75.
12. Расулов А.Г. Тектоника раннемезозойских впадин восточного склона Урала: Препринт/УНЦ АН СССР. - Свердловск, 1982. - 41 с.
13. Рундквист Д.В. О книге «Геологическое развитие и металлогения Урала» // Геология рудных месторождений. - 1982. - N6. - С.116-124.
14. Рундквист Д.В. Фактор времени при формировании гидротермальных месторождений: периоды, эпохи, этапы и стадии рудообразования // Геология рудных месторождений. - 1997. - N1. - С.11-24.
15. Сигов А.П. Металлогения мезозоя и кайнозоя Урала. - М.: Недра, 1969. - 296 с.
16. Юдин В.В. Орогенез Севера Урала и Пай-Хоя. - Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. - 285 с.

УДК 553.41:550.8

А.Г.Баранников

ГИПОГЕННО-ГИПЕРГЕННЫЙ ТИП ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА УРАЛЕ

Термин *гипогенно-гипергенный тип оруденения* (эндогенно-экзогенный, глубинно-гипергенный) появился в литературе относительно недавно и имеет достаточно определенный смысл - процессы формирования химических кор выветривания и рудоотложения были сопряженными или сближенными как во времени, так и в пространстве [2,3,7]. Рассматривать данный вопрос следует в рамках обсуждения более широкой проблемы - процессов золотого рудогенеза в связи с проявлением мезозойской тектоно-магматической активизации (ТМА).

Исследованию зон мезозойской ТМА в последнее время уделено значительное внимание (Шуб, Левин, Золоев, Сазонов, Лучинин, Верховцев и др.). Металлогеническая направленность этих процессов достаточно широкая - золото, ртуть, сурьма, молибден, полиметаллы, уран, редкие металлы, барит, пьезокварц и др.

Обобщение уральского материала по размещению продуктов ТМА различных этапов выполнено В.С.Шубом, В.Я.Левиным и др. [5,6]. Подчеркивается, что ТМА проявляет себя в локальных зонах на фоне общей региональной стабилизации региона и характеризуется импульсными узлокализированными и относительно кратковременными проявлениями тектонической и магматической активности в эпохи общей стабилизации. Каждому этапу ТМА соответствуют геологические формации, с которыми оруденение проявляет генетическую или парагенетическую связь. Определены пространственные границы распространения продуктов ТМА, установлены критерии и признаки их диагностики, дана оценка металлогенического потенциала зон и районов на различные типы полезных ископаемых.

Завершение орогенного режима в пределах Уральского подвижного пояса произошло в отдельных районах не одновременно. В наиболее общем виде оно соответствует поздней перми - раннему триасу. Возникшие горные сооружения интенсивно разрушались, чему способствовали начавшиеся процессы денудации. Однако уже в начале триаса они прерываются. Отмечен мощный импульс тектонической и магматической активности. Об этом свидетельствуют приуроченные к рифтогенным структурам породы риолит-базальтовой вулканогенной формации туринской серии (нижняя возрастная граница - поздняя пермь), а также породы молассовой и угленосной осадочной формации (рэт-лейас). Наряду с этим в блоках ранней консолидации, срединных массивах выявлены магматические комплексы, по возрасту коррелируемые с туринской серией. В их числе породы щелочно-гранитной, гранит-лейкогранитной и других формаций.

Рифтогенная стадия развития эпигерцинской платформы завершилась в ранней юре и сменилась эпохой тектонической стабилизации, интенсивного корообразования и денудации.

рии. Данные о магматической активности на данном отрезке геологической истории на сегодняшний день весьма ограничены*. Однако в последнее время накапливается все большее количество фактов, свидетельствующих о широком проявлении *руднометасоматических процессов* в среднем и позднем мезозое. Причем прошли эти процессы со значительным временным отставанием от пика тектоно-магматической активности, что свойственно и многим другим районам МЗ ТМА (Центральный Алдан, Забайкалье и др.). Важнейшей особенностью эон мезозойской активизации на Урале является также и то, что они частично, иногда полностью перекрывают площади проявления более ранних этапов ТМА. Сказанное существенно затрудняет установление признаков структурно-вещественных комплексов как предшествующих, так и наиболее молодых этапов активизации.

Рассмотрим некоторые примеры, раскрывающие особенности формирования оруденения пегматитно-гипергенного типа в связи с процессами средне-позднемезозойской активизации. При этом возьмем за основу предложенную схему районирования Урала [4].

В северной части Ауэрбаховско-Песчанского рудного поля в пределах Ивдельско-Тагильской мезозойской эрозионно-структурной депрессии уже давно известно *Чернореченское месторождение россыпного золота* (Северный Урал). Участок приурочен к северной части протяженной Краснотурьинско-Нязепетровской зоны мезозойской активизации. Россыпь имеет сложное строение. В разрезе рыхлой толщи (максимальная мощность которой превышает 60 м) присутствуют горизонты, отвечающие аллювиальным, аллювиально-озерным образованиям лангурской ($J_{2,3}$), мысовской (K_2), наурзумской (N_1) свит и четвертичным отложениям. Основная золотоносность связана с юрскими и четвертичными образованиями. Особенностью структуры месторождения является то, что древний (мезозойско-неогеновый) аллювий сохранился лишь в тектонически опущенном блоке, ширина которого более 900 м. Разведкой установлено, что базальный горизонт юры полого (под углом $5-8^\circ$) погружается на восток и там ограничивается зоной разлома, по которой на мезозойские (юрско-меловые) отложения полого (под углом 30°) надвинуты вулканогенные породы силура и девона. В зоне разлома, мощностью 20-40 м, вулканы рассланцованы, превращены в метасоматиты кварц-серицит-карбонатного состава, прокварцованы, глинизированы. При промывке керна разведочных скважин (Абрамушкин Т.И., Воронцовская ГРП, 1965) установлено, что глинистые породы в зоне разлома содержат промышленные концентрации свободного золота. В шлиховых пробах отмечено присутствие пирита, халькопирита, а также самородной меди, киновари. Руднометасоматические наложенные процессы проявлены также и в базальном гравийно-галечном горизонте лангурской свиты, залегающем на выветрелых литокластических туфах порфиритов андезитового состава раннего девона. В забоях гидравлик, где был вскрыт юрский базальный горизонт россыпи (в сентябре 1975 г.), можно было наблюдать, что рыхлые песчано-гравийно-галечные отложения не только окислены, но и местами интенсивно сульфидизированы. При этом обильные инфильтрационные выделения пирита (как натечно-почковидного, так и кристалломорфного облика) пропитали золотоносный горизонт россыпи с образованием конгломератов (кварцевые галечники с сидеронитовым цементом). Установлено обрастание окатанных зерен россыпного золота тонкозернистым пиритом**.

Другим объектом, где достаточно отчетливо проявлены золотообразующие процессы мезозойского этапа активизации, может быть назван *Верхотурский участок* (Первомайско-Зверевское рудное поле, Средний Урал), относящийся к Ключевскому району МЗ ТМА. Оруденение золото-полисульфидно-кварцевого типа приурочено здесь к небольшому массиву гранодиоритов, сопоставляемому с тоналит-гранодиоритовой формацией (D_3-C_1). В восточном изоконтакте массива выявлен линейный штокверк, представленный системой разноориентированных маломощных кварцевых прожилков. С ними связана небогатая минерализация. Помимо золота - это пирит, галенит, сфалерит, реже шеелит, блеклые руды. Рудовмещающие гранодиориты, а также породы ближайшего обрамления (дунит-гарцбургитовой формации) претерпели гидротермально-метасоматические изменения, выражающиеся в их пропилитизации, березитизации (лиственитизации), аргиллизации. Пропилиты закартированы в северо-восточной перифе-

* См. ст. М.С.Рапопорта и А.Г.Бараникова в настоящем сборнике.

** Содержание золота в пирите достигает 1 г/т, серебра 5,3 г/т, в сферолитах марказита соответственно 0,8 и 2,9 г/т; кларк концентрации мышьяка превышает 400

рии массива, березиты распространены почти повсеместно, а аргиллизиты, представленные образованиями серицит-гидрослюдистого состава, установлены в достаточно локальных линейных зонах.

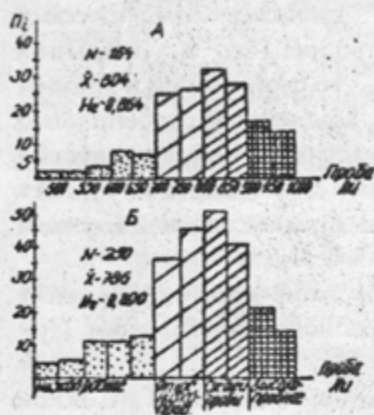


Рис. 1. Гистограммы распределения значений пробы самородного золота в пределах Верхотурского участка (Первомайско-Зверевское рудное поле): N - количество проб; \bar{x} - среднее значение; H_x - относительная энтропия, А - зона элювия, Б - вся совокупность определений

значений пробы золота с глубиной по 10-метровым интервалам разреза свидетельствует о достаточной выдержанности исследуемого параметра (рис. 2). Некоторое возрастание пробности в верхних горизонтах объясняется его гипергенным облагораживанием. При анализе приведенных гистограмм можно отметить, что исследуемое распределение близко к нормальному со слабо проявленной левой асимметрией. Основная часть полученных значений (71,8% - см. рис. 1, А) приходится на интервал от 700 до 900, соответствующий металлу относительно низкой и средней пробы. На высокопробное приходится 18,9%, а низкопробное - чуть более 9%. Есть основания параллелизовать золото средней, отчасти высокой пробы с рудной березит-лиственитовой золото-полисульфидно-кварцевой формацией, а относительно низкопробное и низкопробное - с золото-аргиллизитовой.

При анализе приведенных данных обращает на себя внимание немаловажная деталь. Она заключается в том, что на гистограммах пробности не проявлена отчетливо полимодальность, характерная для ряда объектов полигенерационной и полихронной природы. Не исключено, что отмеченное явление является следствием высокой «сквозности», проницаемости рудовмещающих структур, недостаточной их перестройки в разные этапы рудогенеза, что, в конечном счете, отрицательно сказалось на формировании в пределах участка значительных концентраций золота.

При изучении морфологических особенностей металла особое внимание было уделено относительно низкопробному золоту. Большая часть его локализована в центральной части участка в виде полосы субширотной ориентировки. По крупности металл отвечает классу мелкого (- 0,25 мм), нередко находится в сростании с серовато-белым кварцем. Ряд кристалло-морфологических особенностей золота свидетельствует в пользу относительно малоглубинных условий рудоотложения. В их числе: сложные комбинации мелких кристаллов, присутствие скелетных и расщепленных кристаллов, зерен зонарного строения. При изучении внутреннего строения золотин установлено для некоторых из них неяснозонарное строение, петельчатые субмикроструктуры двухфазного распада системы «золото - серебро». Обращает на себя внимание разный уровень гипергенного преобразования относительно низкопробных и низкопробных золотин: часть их покрыта



Рис. 2. График изменения значений пробы самородного золота с глубиной (Верхотурский участок)

желтовато-охристой пленкой, а другие имеют вполне "свежий" вид. Эти и другие факты свидетельствуют в пользу того, что выделение описанного металла происходило на заключительных этапах развития рудного штокверка и по времени было приближенным к уже начавшимся процессам химического выветривания.

Высокой продуктивностью отличается россыпная золотоносность в пределах *Мраморско-Кособродской площади* на Среднем Урале (Черемшанский район мезозойской активизации). Поисковой линией 5 на участке Мокрая Елань (Ярославцев Г.В. и др., 1995) вскрыт разрез рыхлых отложений, мощностью до 30 м, залегающих на закарстованных породах терригенно-карбонатной толщи нижнего силура. Россыпная золотоносность связана как с отложениями четвертичного возраста, так и более древними - позднемиоценовыми (светлинская свита), верхнемеловыми (мысовская свита), делювиально-карстовыми образованиями мезозоя (перемещенными корами выветривания). Самородное золото из делювиально-карстовых кор выветривания обладает рядом кристалломорфных и иных особенностей, позволяющих говорить о проявлении на участке золотообразующих процессов мезозойской активизации. В целом изученное золото характеризуется невысокой крупностью (средний размер 0,35 мм), большим разнообразием морфологических разновидностей. В пользу относительно малоглубинной природы оруденения свидетельствует широкое присутствие гемиидиоморфных выделений, наличие расщепленных, проволоковидных кристаллов. При исследовании золотин на микрозонде (Камека MS-46) на сканограммах в характеристическом рентгеновском излучении установлено их весьма неоднородное строение. Проба варьирует от 760 до 860 и в среднем составляет 810. О сближенности во времени эндогенного и экзогенного рудообразования свидетельствует присутствие в корах выветривания как светло-желтых, ярко-желтых «свежих» золотин, так и побуревших гипергенно-преобразованных.

В 1965 г. скважинами Кочкарской ГРП в западном борту Кочкарской П мезозойской эрозионно-структурной депрессии у пос. Ленинский (Южный Урал) в глубоком карсте поисковой линией 6 вскрыты аллювиально-озерные отложения верхнемелового возраста (сенон, возрастная датировка по спорово-пыльцевым комплексам Цыгановой Л.И.). Они представлены темно-серыми слюдястыми глинами с прослоями песка, щебня и перекрыты неоген-четвертичными отложениями. Своеобразие изученного разреза заключается в том, что в тяжелой фракции шиха помимо знаков золота встречены сульфиды «свежего» облика. Среди них: пирит (до 70%), сфалерит (5%), галенит (5%), в единичных зернах отмечены халькопирит, борнит, блеклые руды. Литолого-минералогическое, химическое, спектральное изучение рыхлой породы показало, что концентрации цинка и свинца в отложениях в 9-10 раз превышают кларковые содержания. Спектральный и химический анализы позволили установить, что полиметаллы в основном накапливались в глинистых породах, а с тяжелой фракцией связано 25%. Характерно, что в перекрывающих карстовые накопления неогеновых и четвертичных отложениях обогащения металлами не наблюдается. Ранее [1] отмеченные накопления рассматривались в ранге погребенного ореола, сохранившемся в карсте благодаря восстановительной среде. Современная интерпретация данных по этому участку не вызывает сомнения в том, что мы имеем дело с мезозойской активизацией. Данный участок, названный *Покровским* (в мраморизованных известняках цоколя еще ранее было известно рудопроявление галенита), относится к Аргаяшско-Светлинской зоне мезозойской активизации.

Во многом близкие проявления рудообразующих процессов наблюдались в восточном борту той же депрессии в плотике отработывавшейся *Андреевской россыпи* золота (1970-1973 гг.). Здесь в глубоком карсте на глубинах около 30 м был вскрыт минерализованный тектонический контакт темно-серых известняков (рифей - венда) и гранитизированных пород, представленный милонитами кварц-графитового состава. Эти породы претерпели метасоматические изменения - карбонатизация, аргиллизация, сульфидизация (пирит, марказит, галенит), золотоносны - содержание золота достигает 11 г/т, серебра 32,2 г/т. Продуктами разрушения милонитов являются пепельно-серые, участками черные, желтые пластичные глины с прослоями песка, линзами лигнита. По данным спорово-пыльцевых комплексов возраст рыхлых образований датируется как сеноман-турон. Отложения насыщены сульфидами (пирит, марказит, галенит и вторичные минералы - церуссит, крокоит, пироморфит). Эти существенно глинистые пестрой цветной окраски породы (называвшиеся старателями «синюгой») содержат свободное золото и успешно отработывались при зачистке плотика. Горизонт милонитов пластообразной формы,

полого погружающийся на запад, остался не оцененным на рудное золото.

В пределах Тогузакско-Брединской зоны мезозойской активизации на Южном Урале известна группа богатых древних (дочетвертичных) россыпей золота - Казанская, Бессоновская, Колчинская, Михайловская, Назаровская и др. Объектом изучения явилась *Колчинская россыпь* приуроченная к одноименной мезозойской эрозионно-структурной депрессии. В днище депрессии развиты интенсивно тектонически нарушенные терригенно-осадочные и карбонатные породы нижнего карбона. Известняки претерпели окремнение (скорее всего - позднепермское-раннемезозойское), за счет их последующего выветривания образовались маршаллиты. Кора выветривания имеют широкое площадное распространение. В линейных зонах мощности глинизированных пород достигает 100 м и более. Золотоносность связана с аллювиальными отложениями сеномана (мысовская свита) и раннего миоцена (наурзумская свита), делювиально-пролювиальными образованиями позднего миоцена (светлинская свита), отчасти с четвертичным аллювием. Наиболее продуктивен аллювий мысовской свиты. Горизонтальное залегание отложений здесь было нарушено вследствие многократных провалов карстовых полостей с образованием своеобразных «косых пластов», имеющих угол падения от 40-50 до 90°.

Данные детальной разведки россыпи (12 профилей по сети 200 x 20 - 10 м) были обработаны с использованием компьютерных технологий. Установлено, что максимумы продуктивности приурочены к областям развития карста (85%) и тяготеют к участкам с маршаллитовым типом коры выветривания. При отстройке карты вертикальных запасов определились две линейно-вытянутые обогащенные металлом зоны, имеющие, скорее всего, гидротермально-карстовую природу и рудоконтролирующее значение. Так, в гидравлическом карьере на глубине 30 м встречены в глинисто-маршаллитовых образованиях аргиллизиты, обогащенные сурьмой ($K_x=150$), бериллием ($K_x=13,3$), скандием ($K_x=12,5$), оловом ($K_x=10,5$) и другими элементами (K_x - кларк концентрации). Есть основания считать, что структуры, которые «разрабатывали» древние речные потоки, являлись зонами, где проявилось полихронное и полигенное золотооруденение. Выделение большей части свободного золота следует, скорее всего, сопоставлять с проявлением рудоносной березит-лиственитовой формации (золото достаточно крупное - средний размер 0,97 мм; пробность колеблется в незначительных пределах и в среднем составляет 966). Более поздние процессы аргиллизации выполняли не столько рудообразующую роль, сколько способствовали формированию термокарстовых полостей, вызвавших обвал (как постепенный, так и катастрофический) золотоносных пластов мезозойского аллювия и надежно их «упрятавших» от последующего размыва.

Итак, приведенные выше и многочисленные иные имеющиеся примеры убедительно свидетельствуют, что рудообразующие процессы, отмеченные на этапе посторогенного развития региона и имеющие нередко гипогенно-гипергенную природу, проявили себя достаточно широко. Их учет необходим для повышения надежности прогноза и особенно на новые, нетрадиционные типы золотооруденения. Известные объекты мезозойской активизации занимают различную геологическую и палеогеоморфологическую позицию. Можно выделить следующие « типовые » геологические обстановки их проявления:

1. Площади с полихронным магматизмом и метасоматозом, отвечающие фрагментам сохранившихся мезозойских поверхностей выравнивания.

2. Линейные зоны смятия, в пределах которых проявили себя рудно-метасоматические процессы и корообразование.

3. Бортовые и корневые зоны глубокого карста в пределах мезозойских депрессий, заполненные продуктами разрушения «рудно-метасоматических колонн», испытавших впоследствии аллювиальный перемыв.

Особый интерес представляют протяженные мезозойские эрозионно-структурные депрессии. Они явились зонами гидродинамической разгрузки термальных вод и растворов, приводивших к формированию термокарста. Борты и днища многих россыпневмещающих депрессий, находящиеся нередко в погребении и поэтому выпавшие из поля зрения геологов-поисковиков, заслуживают оценки на рудное золото.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства общего и профессионального образования РФ (грант МГГА, N Г-67).

1. Баранников А.Г., Гузовский А.А. Об аккумуляции Pb и Zn в мезозойских и палеогеновых осадках на восточном склоне Южного Урала // Докл. АН БССР. - 1967. - т. XI, N3. - С. 246-249.
2. Баранников А.Г., Букрин Г.А., Кузнецов В.Н., Шуб В.С. Модель концентрирования свободного золота в мезозойском аллювии // Геология рудных месторождений. - 1992. - N3. - С. 99-104.
3. Баранников А.Г. О золотооруденении в связи с процессами мезозойской тектоно-магматической активизации // Моделирование геол. систем и процессов: Материалы регион. конф. / Пермский ун-т. - Пермь, 1996. - С. 99-102.
4. Золото Урала. Россыпные месторождения (К 250-летию золотой промышленности Урала) / Шуб В.С., Баранников А.Г., Шуб И.З. и др. - Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. - 135 с.
5. Левин В.Я., Шуб В.С., Золоев К.К. и др. Металлогения зон тектоно-магматической активизации на Урале // Геодинамика и металлогения Урала: Материалы ко Второму Уральскому металлоген. сов. / УрО АН СССР. - Свердловск, 1991. - С. 45-47.
6. Шуб В.С., Левин В.Я., Золоев К.К. Временные и пространственные аспекты проявления тектоно-магматической активизации в развитии Уральской складчатой системы // Металлогения склад. обл. с позиций тектоники плит. Тез. докл. I Всерос. металлоген. сов. - Екатеринбург, 1994. - С. 150-152.
7. Харлашкин А.П. Гипергенная золото-гематит-кальцитовая формация в Зеравшано-Гиссарской области (Южный Тянь-Шань) // Рудоносные формации зоны гипергенеза: Тез. докл. Всес. сов. - А.: ИГЕМ, 1990. - С. 44-45.

УДК 553.22.551.76 (571.56)

А.Н. Угрюмов, Г.П. Дворник, В.С. Балахонов

ПОЗДНЕМЕЗОЗОЙСКИЕ МЕТАСОМАТИТЫ И ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ НИМГЕРКАНСКОГО РУДНОГО УЗЛА (АДДАНСКИЙ ЩИТ)

Нимгерканский рудный узел расположен в центральной части щита на юго-западе Центрально-Алданского рудного района (58°20 с.ш. и 125°08 в.д.). Первые сведения о проявлении здесь золоторудной минерализации были получены А.В. Сорокиным (1941 г.). Позднее площадь исследовалась неоднократно (А.М. Реутов, В.А. Луконина, А.Н. Угрюмов, Е.П. Максимов, А.И. Бурнайкин, В.В. Карелин, В.И. Укутов, С.М. Кравченко, Г.М. Азанов, В.Г. Ветлужский, Ар.Н. Угрюмов, А.И. Тюшняков, В.Н. Сучков, В.И. Лядин, Г.Ю. Боярко, В.Н. Гусев, В.А. Кискин, П.А. Куций и др.). В 1992-93 гг. в рудном узле авторами статьи было проведено изучение метасоматитов, их геологическое и минералогическое картирование и опробование.

Картирование метасоматитов выполнено по методике [3], изменение минерального состава, содержания петрогенных элементов, кислотно-основных свойств, текстурно-структурных и энергетических параметров пород в процессе метасоматоза оценивалось согласно [5,7]. Для контурирования шлиховых ореолов золота и исследования этого металла применялся разработанный нами метод мелкообъемного шлихового опробования элювиально-делювиальных отложений [9]. Морфометрический анализ самородного золота осуществлялся по [2].

Геологическое строение рудного узла

В геологическом строении Нимгерканского рудного узла принимают участие архейские метаморфические и магматические породы кристаллического фундамента, вендские карбонатные отложения платформенного чехла, мезозойские щелочные и субщелочные эффузивы, их интрузивные аналоги и продукты постмагматической деятельности - разнообразные позднемезозойские рудоносные метасоматиты (рис. 1).

Почти все щелочные и основная масса субщелочных пород сосредоточены в крупном Томмотском вулканоплутоне (6 x 5 км), занимающем северную часть рудного узла. Эффузивная толща вулканоплутона залегает в кальдере проседания. Она имеет двухчленное строение /6/. Нижняя часть ее сложена щелочными трахитами, ортоклазовыми базальтами, псевдолейцитовыми фonoлитами, верхняя - трахитами, ортоклазсодержащими трахиандезитами и базальтами. Мощность нижней толщи 220 м, верхней - 200 м. Возраст эффузивной толщи среднеюрский.

В верхнеюрско-меловой этап внедрились сначала щелочные и нефелиновые сиениты, затем