

**ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
КОНСТАНТИНОВСКОГО И МЕДВЕЖЬЕГО ЗОЛОТОРУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОЛЬХОВСКО-ЧИБИЖЕКСКОГО РАЙОНА
(ВОСТОЧНЫЕ САЯНЫ)**

В. К. БЕРНАТОНИС, В. К. ПОПОВ

(ПРЕДСТАВЛЕНА ПРОФЕССОРОМ П. А. УДОДОВЫМ)

Геологическое строение названных месторождений неоднократно освещалось в литературе [3, 5 и др.]. Однако почти не обсуждались вопросы химизма подземных вод и их геохимические особенности, без знания которых нельзя сделать правильных выводов об условиях формирования зон окисления, миграции и накопления золота в их пределах, а также о применимости гидрогеохимического метода поисков в данном районе.

За период с 1971 по 1972 год в подземных горных выработках Медвежьего и Константиновского месторождений отобрано 39 проб на сокращенный химический анализ, 39 проб на определение микрокомпонентов по методу ТПИ [4], 75 проб на полярографическое определение золота, 18 проб на определение природных органических веществ, 29 проб на микробиологический анализ и ряд других проб. Кроме того, методом диализа и посредством фильтрования через тигли с пористым дном в 18 пробах определены формы нахождения золота.

Химический состав подземных вод любого района обусловлен физико-географическими, гидрогеологическими и геолого-структурными факторами.

Физико-географические условия Ольховско-Чибихежского района определяются положением его в юго-западной части Восточного Саяна. Район представляет собой среднегорную расчлененную местность с довольно густой гидрографической сетью. Речная сеть относится к системе р. Джеби, правого притока р. Кизира. Основным источником питания рек являются атмосферные осадки, среднегодовое количество которых составляет 600—980 мм. Абсолютные отметки высот достигают 100—1200 м; превышения водоразделов над дном долин 200—400 м.

В гидрогеологическом отношении район представляет собой открытую, хорошо промытую структуру. Однако по условиям обводненности и скорости инфильтрации подземных вод площади описываемых месторождений в той или иной мере отличаются друг от друга.

Гидрогеологические условия Константиновского месторождения определяются тем, что значительная часть его площади сложена карбонатными карстующимися породами, к которым приурочена долина реки Чибихеж, левого притока р. Джеби. Площадь Медвежьего месторождения, расположенного в верховьях одноименного ручья, сложена породами с относительно затрудненным водообменом. Все это наложило отпечаток на гидрогеохимическую обстановку изученных месторождений.

Медвежье и Константиновское месторождения приурочены к экзо- и эндоконтактам выступов гранитоидных пород Ольховского массива в тектонически нарушенные вмещающие породы, представленные карбонатными отложениями балахтисонской и эффузивно-осадочными образованиями осиновской свит.

Рудные тела представлены жилами, линзами, залежами, штокверками и сложены в основном: пирротинном, пиритом, кварцем, карбонатами, марказитом, халькопиритом, арсенопиритом, сфалеритом, хлоритом и серицитом.

Окисленные руды в среднем прослеживаются до глубины 50—70 м от дневной поверхности и сложены в основном лимонито-глинистым материалом с примесью продуктов дезинтеграции боковых пород. Учет изменения содержаний металла по вертикали позволил установить наличие одного-двух горизонтов вторичного золотого обогащения.

Химический состав подземных вод Медвежьего и Константиновского месторождений оказался существенно различным. На Медвежьем месторождении, характеризующимся исключительно высоким содержанием сульфидов и преобладанием силикатных вмещающих пород над карбонатными, наибольшее развитие имеют слабоминерализованные (до 1 г/л) подземные воды в основном гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевые, сульфатно-гидрокарбонатно-натриево-кальциевого и гидрокарбонатно-кальциево-магниевые составов со щелочной, слабощелочной, нейтральной и слабокислой реакциями. Высокое содержание в этих водах последовательно принадлежит: HCO_3' , SO_4'' , $\text{Ca}\cdot\cdot$, $\text{Na}\cdot$, $\text{Mg}\cdot\cdot$ и Cl' . В незначительных количествах установлены: Si , $\text{Fe}\cdot\cdot$, $\text{Fe}\cdot\cdot$, NH_4 , NO_3' , NO_2 , $\text{S}_2\text{O}_3''$ и SO_3'' .

Реже встречаются кислые и очень кислые воды высокой минерализации до 10 г/л, с повышенными содержаниями хлорид- и сульфат-ионов, а также железа до 200 мг/л. На нижних горизонтах месторождения встречены сероводородные воды. Наличие сероводорода только в тех пробах, где выявлены сульфатредуцирующие бактерии, позволяет говорить о биогенном его происхождении.

Подземные воды Медвежьего месторождения содержат от 10,8 до 26,0 мг/л органического вещества, которое представлено главным образом фульвокислотами. Содержание гуминовых кислот невелико для большинства исследуемых вод и только в нескольких пробах достигает 4,3 мг/л. Незначительная часть органических веществ представлена низкомолекулярными органическими кислотами, являющимися, видимо, продуктами микробного синтеза, так как микробиологическими анализами установлено почти повсеместное развитие тионовых бактерий.

С подземными водами описываемого месторождения связан широкий комплекс металлов, отражающий рудную минерализацию. Спектральными анализами водных концентратов обнаружены следующие микроэлементы (мкг/л): Pb — 0,0—190,0; Cu — 0,37—67,9; Zn — 3,7—11,4; Ag — 0,0—2,68; Ni — 0,0—19,0; Co — 0,0—11,5; As — 3,7—6787,0; Sb — 0,0—7,97; Hg — 0,0—17,5; Sn — 0,0—1,2; Sr — 0,0—418,0; Ti — сл — 6,1; Cr — 0,0—5,7; Ba — 1,5—740,0; Mn — 1,6—1430,0.

Золото, по данным полярнографических анализов, установлено в 65% исследованных проб в количествах до 157,6 мкг/л. Диализом и изучением количества золота в тонкой механической взвеси, отделенной с помощью тиглей с пористым дном, установлено, что основное количество золота мигрирует в суспензионной и коллоидной формах. В ионной форме золото установлено только в двух пробах в количествах 1,97 и 39,4 мкг/л.

На значительную роль суспензионной формы миграции золота указывал М. Н. Альбов [1], который допускал возможность переноса вод-

ным потоком частиц золота крупностью от 0,01 до 100 мк. Кроме того, электронномикроскопическими исследованиями осадков рудничных вод им же установлено наличие коллоидных частиц золота на различных глинистых минералах. Проведенные расчеты показывают, что в виде тонких механических взвесей золото может мигрировать на значительные расстояния только при крупности его частиц менее 0,1 мк. Видимо, основное количество золота во взвесах рудничных вод находится не в свободном виде, а в сорбированном состоянии частицами глинистых минералов.

Количество взвешенных веществ в подземных водах Медвежьего месторождения достигает 1,2 г/л, поэтому они сорбируют на своей поверхности практически все ионное и часть коллоидного золота. Во взвесах электронномикроскопическими исследованиями установлено наличие гидрослюды, каолинита, галлуазита и водных скислов железа. Органическое вещество во взвесах содержится от 0,17 до 0,68%. Спектральными анализами, кроме золота, в составе взвесей определены следующие элементы (%): Mn—0,01—1,0; Al—0,03—0,05; Ba—0,001—0,007; Ti—0,001; Sr—0,07; As—0,01—0,5; Ni—0,001—0,002; Cu—0,0007—0,003; Ag—сл.

Частицы золота крупностью от 0,01 до 0,001 мк способны образовывать коллоидные системы, миграционная способность которых повышается при наличии защитных коллоидов. Роль защитных коллоидов играют кремнезем и водная окись железа. Размеры коллоидных частиц будут иметь и комплексные соединения золота с гуминовыми и фульвовыми кислотами. Кроме того, ионное золото может транспортироваться мицеллами глинистых и других минералов.

Что касается ионного золота, обнаруженного полярографическими анализами в диализате проб, то наиболее вероятными формами его миграции являются комплексные соединения с тиосульфатами и низкомолекулярными органическими кислотами.

Наличие значительного количества известняков на Константиновском месторождении определяет химический состав циркулирующих вод, которые в основном являются гидрокарбонатно-кальциево-магниевыми с несколько повышенным содержанием хлорид- и сульфат-ионов. Для них характерна низкая минерализация (до 0,4 г/л) и щелочная, слабощелочная, нейтральная и реже слабокислая реакции. Эти воды, по сравнению с подземными водами Медвежьего месторождения, содержат пониженные количества взвесей и органических веществ. Ограниченным распространением пользуются и тионовые бактерии.

Несмотря на сульфидный характер минерализации, микрокомпоненты в подземных водах Константиновского месторождения установлены также в пониженных количествах (мкг/л): Pb—36,6—109,6; Cu—0,6—17,8; Zn—5,5—24,4; Ag—0,0—0,54; Ni—0,0—1,2; As—3,7—51,2; Sb—0,0—16,3; Sn—0,0—0,34; Sr—0,0—77,6; Ti—0,5—3,1; Cr—0,0—1,5; Ba—3,3—388,0; Mn—4,1—512,0.

Золото обнаружено в 75% всех проанализированных проб в количествах до 492,4 мкг/л. Вследствие пониженного содержания взвешенных веществ, золото в подземных водах Константиновского месторождения мигрирует в основном в коллоидной и ионной формах. Коллоидное золото обнаружено в 37,5%, а ионное в 50% исследованных проб.

Из вышеизложенного видно, что химический состав подземных вод и формы миграции в них золота в значительной мере определяются составом вмещающих пород и руд. Следовательно, данные гидрогеохимических исследований указывают на возможность использования этого метода в данном районе для выявления слепых рудных тел. Признаками оруденения при этом следует считать [2, 4]: на-

личие сложных по химическому составу вод (несколько типов на одном участке), повышенное содержание сульфат-иона, кислую реакцию вод, повышенное содержание в водах ионов тяжелых металлов и присутствие тионовых бактерий.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Н. Альбов. Вторичная зональность золоторудных месторождений Урала. М., Госгеолтехиздат, 1970.
2. И. П. Онуфриенок. К вопросу о пределах насыщения природных вод ионами металлов. Сб. «Опыт разработки гидрогеологических методов поисков рудных месторождений». М., Госгеолтехиздат, 1959.
3. Д. А. Тимофеевский. Золоторудные месторождения Восточных Саян (Ольховское и Константиновское). Труды института НИГРИ-золото, т. 1, Отраслевое бюро техн. инф. Главспеццветмета, М., 1950.
4. П. А. Удодов, И. П. Онуфриенок. Опыт гидрохимических исследований на территории годных массивов Западной Сибири. Труды первого Всесоюзного совещания по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М., Госгеолтехиздат, 1957.
5. И. И. Щенников. Константиновское золоторудное месторождение. «Разведка недр», 1934, № 2.