

УДК 552.16 + 549.057

Л.П.ПЛУСНИНА, Г.Г.ЛИХОЙДОВ, Т.В.КУЗЬМИНА

Теория и эксперимент в изучении Au-Pt-рудогенеза

Представлены результаты термодинамического моделирования условий массопереноса золота и платины гидротермальными растворами в процессах рудоотложения различных метасоматических формаций, выполненного путем расчетов и физико-химических экспериментов. Подчеркнуто преимущество расчетного метода в оценке физико-химических параметров среды, экспериментального – при измерении валовой концентрации золота и платины. Показана необходимость сочетания данных методов при моделировании процессов рудогенеза.

Ключевые слова: эксперимент, термодинамическое моделирование, золото, платина, растворимость.

Theory and experiment in the study of Au-Pt ore formation. L.P.PLYUSNINA, G.G.LIKHOIDOV, T.V.KUZ'MINA (Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok).

Results of thermodynamic calculations and physical experiments on modeling of gold transfer by hydrothermal solutions and ore deposition for some metasomatic formations are provided in the paper. It is underlined that theoretical modeling is preferred at evaluation of physicochemical parameters, whereas the bulk gold content is measured more correctly by physical experiments. The necessity to combine the two methods when modeling ore formation processes is shown.

Key words: experiment, thermodynamic modeling, gold, platinum, solubility.

В петрологии используется комплекс методов традиционной геологии и физико-химии⁴; последняя активно развивается с середины прошлого века. Один из методов в рамках этого направления – физико-химическое моделирование эндогенных процессов, объединяющее эксперимент с расчетами и обеспечивающее количественную характеристику параметров геологических процессов, в том числе тех, которые невозможно или весьма затруднительно измерить.

Современные пакеты программ типа «Селектор-С», «Гиббс» и другие позволяют путем минимизации термодинамических потенциалов систем оценить с достаточной точностью такие параметры, как кислотность среды, редокс-потенциал, летучесть газов и активность компонентов в растворе. Их значения определяются матричным составом системы, для которого существует адекватный банк термодинамических данных. Этого нельзя сказать о компонентах-примесях, например благородных металлах, особенно группы платины, поведение которых и определяет сегодня формирование соответствующих месторождений. Эти характеристики традиционно обеспечивает физический эксперимент. С его помощью выполняется прямое моделирование процессов образования минералов, горных пород и руд, изучаются фазовые равновесия, кинетика и динамика преобразований в условиях температур и давлений, наблюдаемых в природе [2]. Экспериментальные исследования в

ПЛУСНИНА Лаура Павловна – доктор геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией, ЛИХОЙДОВ Георгий Георгиевич – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, КУЗЬМИНА Татьяна Вениаминовна – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток). E-mail: makarovo38@mail.ru

Работа выполнена в рамках проектов 09-3-А-08-415 и 09-2-СО-08-002 при финансовой поддержке Президиума ДВО РАН.

целом касаются главных типов эндогенных процессов – магматизма, метаморфизма, метасоматоза и рудообразования.

Сочетание в рамках единой модели термодинамических расчетов и физико-химических экспериментов позволяет количественно оценить параметры систем и направление процессов минералообразования. Этот подход мы используем здесь при решении некоторых задач рудообразования и сопряженного с ним метасоматоза. Взаимодействие водно-солевых растворов с вмещающими породами неоднократно обсуждалось в литературе [4, 16, 17 и др.] в связи с их влиянием на формирование зон околорудных изменений гидротермальных месторождений золота и полиметаллов. Особый интерес у специалистов вызывают ореолы развития эпидотовых пропилитов на медноколчеданных, полиметаллических и золоторудных месторождениях в вулканитах основного и среднего состава. Взаимодействие с ними хлоридных растворов, несущих золото, – одна из причин его осаждения в виде руды. Путем расчетов и физико-химических экспериментов нами оценена растворимость золота в хлоридных растворах, буферируемых ассоциацией эпидот (Ep) + альбит (Ab) + кальцит (Cc) + кварц (Qtz) + гематит (Hem) ± магнетит (Mgt) ± пирит (Py) при 25–400°C и $P_{\text{общ}} = 1$ кбар. Ранее было показано, что поле устойчивости этой ассоциации определяет условия образования эпидотовых пропилитов [12].

Взаимодействие названных ассоциаций (с пиритом и без него) рассчитано с помощью программного комплекса «Селектор-С» со встроенной базой термодинамических данных SUPCRT98 [3]. Как и в опытах, количество хлоридного раствора переменной кислотности и каждой из твердых фаз составляло 3 мл и 30 мг соответственно. Величину pH исходных и буферируемых пропилитами растворов иллюстрирует рис. 1. Физико-химический эксперимент, со своей стороны, подтвердил эффективность буферных свойств этих ассоциаций. Так, независимо от кислотности исходных растворов и РТ-условий опытов pH закаленных растворов оставалась в пределах 5,6–6,6. В опытах с ассоциацией, содержащей пирит, валовая растворимость золота росла, что подтверждает тенденцию, установленную расчетным путем [13]. Сравнение результатов расчета и эксперимента позволяет заключить, что главные тенденции изменения растворимости золота при вариациях температуры и состава среды однозначно фиксируются в обоих случаях. Однако в первом количественное выражение этих тенденций недостаточно корректно: если в эксперименте величины измеренной растворимости золота разнятся между собой не более чем на 1,3 порядка ($\lg m \text{ Au}$), то в расчетном варианте – на 6. Это связано с упомянутыми недостатками базы термодинамических данных по благородным металлам, существенный недостаток которой – отсутствие сведений о гидрооксокомплексах Au. Кроме того, если валовую растворимость Au, рассчитанную с помощью «Селектора-С», определяет единственный комплекс AuHS^{\ominus} , то при работе с базой данных UNITERM программы «Гиббс» [15] его активность сопоставима с $\text{Au}(\text{HS})_2^-$.

В связи с вышесказанным можно заключить, что физико-химический эксперимент обладает явным преимуществом перед расчетным методом в оценке растворимости золота, несмотря на то что измеря-

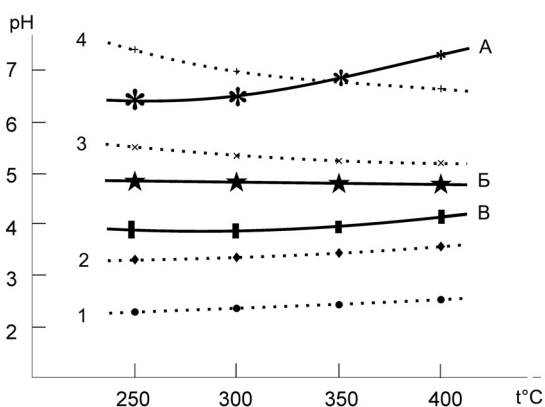


Рис. 1. Изменение pH с температурой при $P_{\text{общ}} = 1$ кбар (расчет). 1–4 – в исходных (небуферируемых) растворах: 1 м NaCl + 0,01 м HCl (1); 1 м NaCl + 0,001 м HCl (2); 1 м NaCl (3); 1 м NaCl + 0,001 м NaOH (4) и буферируемых минеральными ассоциациями: Ep-Qtz-Ab-Cc-Hem±Mgt (A); Ep-Qtz-Ab-Cc-Hem-Mgt-Py (Б); Hem-Py-Mgt (B)

ются лишь валовые ее значения. В то же время расчетами с достаточной точностью определяются параметры среды *in situ*, и прежде всего редокс-потенциал и pH среды. Таким образом, тот и другой подходы дополняют друг друга и позволяют считать, что в местах развития эпидотовых пропилитов создается геохимический барьер, на котором благодаря нейтрализации хлоридных растворов с низким содержанием серы или лишенных ее осаждается золото. Присутствие сульфидов в дорудных ассоциациях способствует мобилизации золота в раствор, обеспечивая устойчивость гидросульфидных его комплексов.

Большинство золоторудных и полиметаллических месторождений вулканогенно-тектонических структур имеют полигенную и полихронную природу, обусловленную разными метасоматическими процессами. На одном и том же рудном поле нередко происходит наложение процессов пропилитизации, скарнирования и гидротермальной сульфидизации (например, это наблюдается на золотосеребряном месторождении Многовершинное в нижнем Приамурье, Чадак в Узбекистане, Тарданское в восточной Туве, комплексном Никель Плейт в Канаде и др.). В экспериментальном моделировании процессов взаимодействия эпидотовых пропилитов с хлоридными растворами при температуре выше 400°C установлено замещение эпидота геденбергитом и альбитом, сопровождаемое ростом щелочности растворов. Таким образом, физико-химический эксперимент позволил воспроизвести наблюдаемый в природе переход эпидотовых пропилитов в геденбергитовые скарны, что расчетным путем не зафиксировано. Этот переход можно описать с помощью реакций гидролиза, контролируемых редокс-потенциал и кислотность среды [12].

Оценка физико-химических параметров среды в условиях наших экспериментов выполнена с помощью программного комплекса «Селектор-С». В качестве исходных для расчетов приняты хлоридные растворы переменной кислотности от 1m NaCl + 0,1m HCl до 1m NaCl + 0,1m NaOH (табл. 1). Сравнение результатов расчета ассоциаций с пиритом и без него говорит о существенном влиянии последнего на кислотность среды и растворимость золота, концентрация которого резко (на 6 порядков) увеличилась в растворах, которые взаимодействуют с ассоциацией, содержащей пирит. По результатам же физико-химических экспериментов (табл. 2) расхождение между величинами валовой растворимости золота для ассоциаций с пиритом и без него оказалось в пределах 1 порядка.

Помимо этого эксперимент позволил определить температурный диапазон устойчивости изучаемых ассоциаций. Так, при 300°C в продуктах опытов с участием пирита наблюдалось замещение геденбергита гипсом. С увеличением длительности кинетических опытов гипс замещался ангидритом. Гипс, таким образом, оказался промежуточной, метастабильной фазой в ходе замещения геденбергита ассоциацией ангидрит + гематит + кварц. Подобный процесс на фоне понижения температуры описан, например, на фумаролах влк. Кудрявый на о-ве Итуруп [5]. Характерно, что в ходе фазовых переходов геденбергит → гипс → ангидрит концентрация золота в сосуществующем с этими фазами растворе меняется (рис. 2). При этом максимум кривой концентрации золота соответствует периоду метастабильной кристаллизации гипса. Следует подчеркнуть, что подобные кинетические кривые могут быть получены лишь путем физико-химического эксперимента.

Поскольку для лиственинов характерна повышенная золотоносность, мы рассмотрели формацию метасоматитов Усть-Депского офиолитового комплекса верхнего Приамурья [10], где лиственинизация гипербазитов обусловлена более поздним внедрением гранитоидов, продуцирующих хлоридно-углекислые флюиды [14]. Повышенное содержание мышьяка и сурьмы в лиственинах подтверждает участие в их формировании гидротермальных флюидов, связанных с гранитоидами [16], а наличие примесей Cr, Ni, Co и Pt говорит об апогипербазитовом составе протолита [9]. В связи с участием в переносе золота сульфидно-углекисло-хлоридных растворов нами путем расчетов и экспериментов изучена модель процесса лиственинизации серпентинитов. Взаимодействие хлоридно-углекислых

Таблица 1

**Величины pH и концентрации золота в хлоридных растворах, взаимодействующих с ассоциациями
Ep-Hd-Ab-Qtz-Hem±Mgt (А) и Ep-Hd-Ab-Qtz-Hem-Mgt-Py (Б)**

Раствор	Температура, °С				
	300	350	400	450	500
А					
pH					
1 m NaCl	7,71	7,35	7,11	7,03	7,18
1 m NaCl + 0,001 NaOH	7,71	7,34	7,11	7,03	7,18
1 m NaCl + 10 ⁻³ m HCl	7,70	7,34	7,11	7,03	7,17
1 m NaCl + 10 ⁻² m HCl	7,69	7,33	7,09	7,02	7,02
1 m NaCl + 0,1 m HCl	5,20	4,98	4,92	5,14	5,96
lg m Au _{aq}					
1 m NaCl	-11,81	-10,40	-9,15	-8,13	-7,48
1 m NaCl + 0,001 m NaOH	-11,81	-10,40	-9,15	-8,13	-7,48
1 m NaCl + 10 ⁻³ m HCl	-11,81	-10,40	-9,15	-8,13	-7,48
1 m NaCl + 10 ⁻² m HCl	-11,66	-10,29	-9,08	-8,09	-7,33
1 m NaCl + 0,1 m HCl	-9,49	-8,25	-7,19	-6,49	-7,12
Б					
pH					
1 m NaCl	4,69	4,74	4,71	4,46	4,03
1 m NaCl + 0,1 m NaOH	4,69	4,73	4,71	4,46	4,03
1 m NaCl + 10 ⁻³ m HCl	4,69	4,73	4,71	4,46	4,02
1 m NaCl + 10 ⁻² m HCl	4,49	4,54	4,51	4,26	4,02
1 m NaCl + 0,1 m HCl	3,25	3,31	3,48	3,70	3,98
lg m Au _{aq}					
1 m NaCl	-4,20	-3,66	-3,23	-2,89	-2,53
1 m NaCl + 0,1 m NaOH	-4,20	-3,66	-3,23	-3,89	-2,53
1 m NaCl + 10 ⁻³ m HCl	-4,20	-3,66	-3,23	-2,89	-2,53
1 m NaCl + 10 ⁻² m HCl	-4,17	-3,63	-3,21	-2,88	-2,45
1 m NaCl + 0,1 m HCl	-4,04	-3,51	-3,10	-2,85	-2,49

Таблица 2

Валовая концентрация золота (lg m Au) в растворах, закаленных после опытов

Исходный раствор	Буферная ассоциация		
	I	II	III
300°С			
1 m NaCl + 0,001 m HCl	-7,12	-5,81*	-7,05
1 m NaCl	-6,89	-6,11*	-6,62
1 m NaCl + 0,001 m NaOH	-6,83	-6,31*	-
400°С			
1 m NaCl + 0,001 m HCl	-6,53	-5,76	-
1 m NaCl	-6,61	-5,91	-6,64
1 m NaCl + 0,001 m NaOH	-6,39	-5,83	-

* Появление гипса в продуктах опытов.

Примечание. I – Ep-Hd-Ab-Qtz-Hem-Mgt; II – Ep-Hd-Ab-Qtz-Hem-Mgt-Py-; III – Ep-Hd-Ab-Qtz-Py-Po-Mgt. Про- черк – не определялось.

растворов с серпентинитами и лиственитами, отобранными на Усть-Депском массиве, исследовали на изотермах 300 и 400°С при $P_{\text{общ}} = 1$ кбар, поскольку температурный интервал образования лиственитов составляет 290–340°С [7, 14].

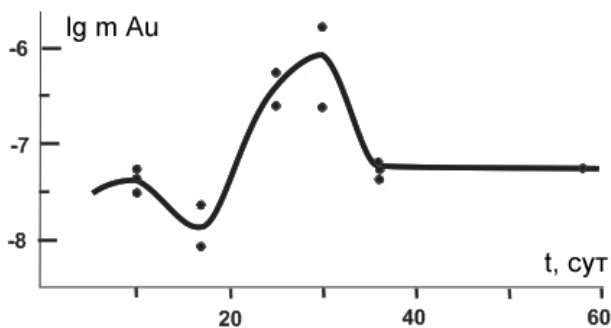


Рис. 2. Кинетическая кривая изменения валовой концентрации золота в растворе 1 м NaCl + 0,001 м NaOH (300°С / 1 кбар)

титит или лиственит) варьирует от $-8,33 < \lg m \text{ Au} < -7,05$ до $-6,61 < \lg m \text{ Au} < -5,87$ при 300 и 400°С соответственно. Рост валовой растворимости золота при 400°С наблюдается уже за пределами поля устойчивости лиственитов [7].

В базе термодинамических данных программного пакета «Селектор-С» отсутствуют сведения о гидрооксокомплексах и гидрооксохлорокомплексах Au, хотя в подобной обстановке они не исключаются [1]. Кроме того, расчетами не учитывается взаимодействие между главными комплексообразующими золота – хлором и гидросульфидами, возможность которого показана в работе [8]. Все это говорит в пользу большей достоверности величин валовой растворимости золота, полученных в физических экспериментах. В этой связи были выполнены опыты на изотермах 300 и 400°С при $P_{\text{общ}} = 1$ кбар в присутствии тех же буферных ассоциаций [11]. Концентрация золота в растворах без углекислоты и с $X_{\text{CO}_2} = 0,05$ составила $-7,59 > \lg m \text{ Au} > -8,13$ и $-7,55 < \lg m \text{ Au} < -7,10$ при 300 и 400°С соответственно, что фиксирует уменьшение растворимости золота с появлением в системе CO_2 . Это подтверждает выводы, сделанные ранее при термодинамическом моделировании [4]. Таким образом, отрицательное влияние углекислоты на растворимость золота нашло свое подтверждение как в хлоридных, так и в хлоридно-сульфидных флюидах. Рост активности CO_2 в нейтральных и кислых рудоносных растворах способствует осаждению золота, а листвениты, существующие или формирующиеся в момент поступления рудоносных растворов, представляют эффективный барьер, на котором оно осаждается. Этим объясняется золотоносность почти всех известных формаций лиственитов, которым свойственно повышенное содержание карбонатов.

В связи с открытием в черносланцевых толщах месторождений благородных металлов резко вырос интерес к поведению углеродистого вещества (УВ) в ходе рудогенеза. Для выяснения роли углерода как концентратора, осадителя и транспортного агента металлов в виде металлорганических комплексов полезным оказалось экспериментальное моделирование хемосорбции золота и платины на УВ. В качестве модельного УВ использовали асфальтены, экстрагированные из бурых углей Павловского месторождения в Приморье [11, 18]. Расчетное моделирование при 200–700°С и $P_{\text{общ}} = 1$ кбар выполнено для выяснения особенностей взаимодействия асфальтены–вода, и в этом случае элементный состав УВ был следующим (% масс.): С – 75,13; О – 18,10; Н – 6,54. В частности, обнаружено, что именно УВ, даже в присутствии буферных смесей гематит–магнетит (НМ) или пирит–пирротин–магнетит (РРМ), контролирует редокс-потенциал системы. Сближение кривых буферной ассоциации УВ + РРМ (НМ) и буферной реакции $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ (рис. 3) позволяет считать, что присутст_вие в породах УВ (в изученной пропорции) способствует осаждению из рудоносных растворов металлов, растворимость которых в восстановительных условиях уменьшается.

Расчет параметров хемосорбции золота и других металлов на УВ в настоящее время затруднен в связи с отсутствием в базах соответствующих термодинамических

Для расчетов с помощью программного комплекса «Селектор-С» в качестве исходных растворов приняты: H_2O , 1 м KCl, 1 м KCl + 0,1 м HCl, 1 м KCl + 1 м KOH с мольной долей CO_2 во флюиде, равной 0,005 и 0,05. Исходя из ограниченных возможностей базы данных в расчетах использовали $\text{Au}(\text{HS})_2^-$, AuCl_3^{2-} , AuCl^- , Au^+ Au^{3+} . Концентрация золота в растворах с рудно-силикатным буфером (РНМ + серпентинит)

характеристик, и лишь физико-химические эксперименты позволили получить первые количественные характеристики по сорбции золота и платины на УВ при 20–500°C и $P_{\text{общ}} = 1$ кбар. Относительно низкая концентрация этих металлов в водном растворе по сравнению с фракциями УВ (рис. 4) иллюстрирует высокую сорбционную активность последнего даже в условиях его метаморфизма. Следует отметить более высокую сорбционную емкость керогена, которая определяет то количество благородных металлов, которое может консервироваться в породах (и рудах) при формировании месторождений. Содержание Au и Pt в растворимой спиртобензольной фракции УВ определяет их количество, способное транспортироваться в составе олеофильных флюидов при метаморфизме УВ-содержащих пород. Принципиальную возможность такого транспорта подтверждает повышенное содержание платины и золота в нефтях Сирии и Польши соответственно [6]. Это обстоятельство особенно важно при изучении черносланцевых толщ, в составе которых УВ служит транспортирующим агентом рудного вещества, осуществляет его предрудное накопление и способствует осаждению.

Краткий обзор результатов, полученных нами при моделировании массопереноса золота рудоносными растворами и выяснении условий его осаждения, на конкретных примерах демонстрирует достоинства и недостатки теоретического расчета и эксперимента. Полагаем, что эти методы удачно дополняют друг друга, позволяя получить более адекватную характеристику природных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акинфиев Н.Н., Зотов А.В. Термодинамическое описание хлоридных, гидросульфидных и гидроксокомплексов Ag(I), Cu(I) и Au(I) в диапазоне температур 25–500°C и давлений 1–2000 бар // *Геохимия*. 2001. № 10. С. 1083-1099.
2. Граменицкий Е.Н., Котельников А.Р., Баталова А.М., Щекина Т.И. Экспериментальная и техническая петрология. М.: Научный мир, 2000. 415 с.
3. Карпов И.К., Чудненко К.В., Бычинский В.А. Минимизация свободной энергии Гиббса при расчете гетерогенных равновесий // *Геология и геофизика*. 1995. Т. 36. С. 3-21.
4. Колонин Г.Р., Пальянова Г.А., Широносова Г.П. Влияние углекислоты на внутренние равновесия во флюиде при формировании золоторудных месторождений // *Геохимия*. 1997. № 1. С. 46-57.

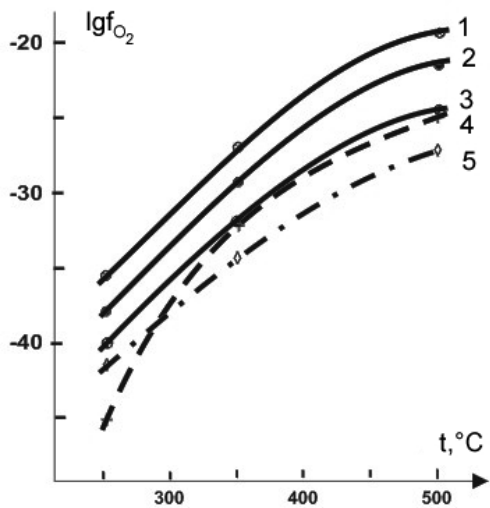


Рис. 3. Фугитивность кислорода различных буферных смесей как функция температуры. 1 – НМ; 2 – PPM; 3 – УВ + PPM (НМ); 4 – $C + O_2 = CO_2$; 5 – $CH_4 + O_2 = C + 2H_2O$

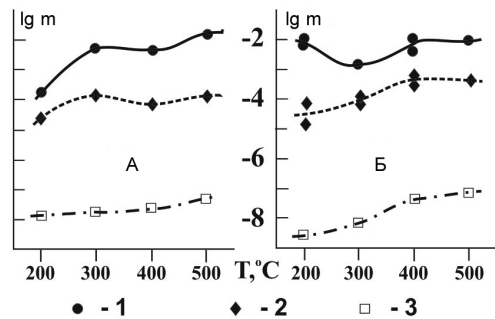


Рис. 4. Зависимость концентрации золота (А) и платины (Б) в сосуществующих фракциях УВ и водного раствора от температуры. 1 – нерастворимый остаток (кероген), 2 – растворимая в спиртобензольной смеси фракция УВ, 3 – сосуществующий водный раствор

5. Коржинский М.А., Ткаченко С.И., Бочарников Р.Е., Шмулович К.И. Магматическая дегазация и минералообразование на вулкане Кудрявый // Экспериментальное и теоретическое моделирование процессов минералообразования. М.: Наука, 1998. С. 143-168.
6. Лазаренков В.Г., Ганей Аль-Хабиб, Колосов Л.П. и др. Распределение элементов платиновой группы и золота в нефтях месторождений Джбисса и Омар, Сирия // Докл. АН. 1998. Т. 360, № 1. С. 93-95.
7. Лихойдов Г.Г., Плюснина Л.П., Щека Ж.А. Поведение золота в процессе лиственитизации (экспериментальное и теоретическое моделирование) // Докл. АН. 2007. Т. 414, № 5. С. 672-676.
8. Лихойдов Г.Г., Некрасов И.Я. Растворимость золота в комплексной водной сульфидно-хлоридной среде // Геохимия. 2001. № 4. С. 394-403.
9. Молчанов В.П., Плюснина Л.П., Ханчук А.И., Зимин С.С. Платина- и золотосодержащие родингиты Усть-Депского офиолитового блока // Докл. АН. 2006. Т. 406, № 5. С. 678-682.
10. Плюснина Л.П., Лихойдов Г.Г., Молчанов В.П., Щека Ж.А. Моделирование массопереноса золота при лиственитизации на примере Усть-Депского офиолитового комплекса // Тихоокеан. геология. 2007. Т. 26, № 5. С. 67-76.
11. Плюснина Л.П., Кузьмина Т.В., Авченко О.В. Моделирование сорбции золота на углеродистое вещество // Геохимия. 2004. № 3. С. 14-21.
12. Плюснина Л.П., Лихойдов Г.Г., Ханчук А.И. Растворимость золота в хлоридных гидротермальных растворах, взаимодействующих с эпидот-пироксеновыми скарнами // Докл. АН. 2005. Т. 401, № 1. С. 67-71.
13. Плюснина Л.П., Лихойдов Г.Г., Ханчук А.И. Растворимость золота в хлоридных растворах, взаимодействующих с эпидотовыми пропилитами // Докл. АН. 2003. Т. 389, № 3. С. 394-397.
14. Сазонов В.Н., Мурзин В.В., Огородников В.Н. Золотое оруденение, сопряженное с альпинотипными ультрабазитами // Литосфера. 2002. № 4. С. 63-77.
15. Шваров Ю.В. Алгоритмизация численного равновесного моделирования динамических геохимических процессов // Геохимия. 1999. № 6. С. 646-652.
16. Auclair M., Gauthier M., Trottier J. Mineralogy, geochemistry and petrogenesis of the serpentinite associated Ni-Cu-Zn deposit, Quebec, Appalachians // Econ. Geol. 1993. Vol. 88, N 1. P. 123-138.
17. Hemley J.G., Hunt J.P. Hydrothermal ore-forming processes in the light of studies in rock-buffered systems // Econ. Geol. 1992. Vol. 87, N 2. P. 23-43.
18. Plyusnina L.P., Kuz'mina T.V., Likhoidov G.G., Narnov G.A. Experimental modeling of platinum sorption on organic matter // Appl. Geochem. 2000. Vol. 15. P. 777-784.

Новые книги

Золото северного обрамления Пацифика / Международный горно-геологический форум: тез. докл. Всеколымской горно-геологической конф., посвященной 80-летию Первой Колымской экспедиции Ю.А.Билибина (Магадан, 10–14 сентября).

Gold of the North Pacific Rim / International Mining and Geology Forum. Abstracts of the All-Kolyma mining and geology conference dedicated to the 1st Kolyma Expedition headed by Yuri Bilibin, which discovered gold in the Kolyma River basin, Northeast Russia (Magadan, September, 10–14).

Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2008. – 316 с. + 8 п. л. цв. вкл.

*Северо-Восточный комплексный
научно-исследовательский институт ДВО РАН
685000, Магадан, ул. Портовая, 16
Fax: (4132) 63-00-51. E-mail: uchsecr@neisri.ru*

Рассмотрены вопросы геологии, поисков и освоения эпitherмальных и мезотермальных месторождений золота Северо-Востока Азии, Сибири, Аляски, а также проблемы геологии и освоения россыпей золота. Освещены проблемы минералогии и металлогении золота. Затрагиваются вопросы экономики минеральных ресурсов и экологии горно-геологической отрасли.

The problems of geology, exploration and mining of epithermal and mesothermal gold lode and placer deposits in Northeast Asia, Siberia and Alaska are discussed as well as issues in gold mineralogy and metallogeny, and questions of gold resource economics and ecology.