

ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА В ЛИНЗАХ ЛЬДА

С. Л. ШВАРЦЕВ

(Представлена профессором П. А. Удодовым)

В литературе описаны случаи обнаружения самородного золота в тонких ледяных линзах, пользующихся широким распространением в районах с развитием многолетнемерзлых пород. В частности, самородное золото обнаружено Р. У. Бойлем [7] в ледяных жилах месторождения Джайент-Йеллоунайф (Канада). Лед, содержащий золото, встречен на глубине 25 м, ширина ледяных жил в среднем составляет 7,5 см, а длина — 1 м. Золото в этих ледяных прожилках встречается 2 типов: 1) губчатое золото, содержащееся в кальците и пирите, которые образуют включения мелких кристалликов во льду, и 2) листоватое золото, образующее тонкие пленки на поверхности ледяных линз размером до десяти см².

Детальное изучение, проведенное Р. У. Бойлем, позволило ему сделать вывод, что золото образовано путем осаждения из растворов в геологически недавнее, наиболее вероятно постплейстоценовое время, т. е. связано со временем образования многолетнемерзлых пород. Однако причины концентрации золота в линзах льда остаются неизвестными и требуют дальнейшего изучения, особенно это касается механизма образования тонких пленок золота. В связи с этим, автор счел возможным высказать свою точку зрения по этому вопросу, который представляет не только теоретический, но и практический интерес.

В основу предполагаемого механизма образования тонких пленок золота в линзах льда в рассматриваемой нами гипотезе положено два экспериментально установленных факта: 1) способность золота мигрировать в подземных водах в виде истинных растворов, в том числе в форме комплексных соединений и 2) возникновение электрического потенциала в момент замерзания раствора, т. е. на границе раздела раствор — твердая фаза (лед). Рассмотрим сначала второй вопрос.

В ряде работ [1, 2, 5, 8] экспериментально показано, что в момент замерзания воды между льдом и жидкой фазой возникает разность потенциалов значительных величин. При этом в момент замерзания дистиллированной воды или воды, содержащей соли NH_4Cl , лед по отношению к воде заряжается положительно [2, 8], а при наличии в растворе солей NaCl , CaCl_2 и др. лед всегда заряжается отрицательно [5].

Более поздние работы В. П. Боровицкого [3] подтвердили наличие электрического потенциала и в природной обстановке, в частности, в деятельном слое районов с развитием многолетнемерзлых пород в момент его промерзания и протаивания. При этом лед, как и замерзший

грунт, всегда имел отрицательный заряд по отношению к незамерзшей воде и грунту.

Следовательно, возникновение электрических потенциалов в процессе замерзания воды не вызывает сомнений. Знак возникающего при этом заряда зависит от ряда факторов, но для подземных вод, представляющих собой сложные природные растворы, наиболее характерным, видимо, является случай, при котором лед по отношению к воде заряжается отрицательно. В этом случае перед фронтом промерзания образуется потенциальный барьер от избытка положительных зарядов. Отрицательно же заряженные ионы будут отталкиваться от фронта промерзания и накапливаться в растворе.

Золото в природных водах благодаря его хорошей способности к образованию координационных соединений мигрирует в виде различных комплексных соединений. Так, по данным Б. Н. Пещевицкого и др. [6], в морской воде основной формой нахождения золота является AuCl_2^- и менее AuClBr^- . В пресных подземных водах, по данным Г. А. Голевой и др. [4], золото мигрирует в виде незаряженного иона Au^0 , но в кислых водах и в водах с повышенным содержанием хлора преобладающей формой миграции также является AuCl_2^- .

Следовательно, в процессе промерзания подземных вод в силу расмотренных выше причин золото будет как бы отталкиваться от фронта промерзания и накапливаться в растворе до тех пор, пока позволяют геологические и гидрогеологические условия, в частности, размер замерзающей системы. Так как в природных условиях размеры последней ограничены, то каждый раз как только фронт промерзания достигает последних порций раствора, на катоде, которым в данном случае является лед, будут происходить реакции типа:



Так, в результате катодных реакций происходит разрушение комплексных соединений золота и его осаждение на образовавшейся поверхности льда. При изменении размера трещины, хотя бы в результате действия расширяющейся в объеме при замерзании воды, этот процесс может повторяться несколько раз. В конечном итоге это должно привести к чередованию пленок золота и льда, что и наблюдается в ледяных жилах месторождения Джайент-Йеллоунайф [7].

В случае миграции золота в растворе в виде тонких коллоидов или комплексных соединений с органическим веществом, несущим на поверхности отрицательный заряд, условия образования тонких пленок золота на поверхности льда сохраняются.

Таким образом, механизм образования самородного золота в ледяных линзах, по нашему мнению, обусловлен электрохимическими процессами, возникающими на границе лед — раствор в процессе промерзания последнего. В связи с тем, что процессы промерзания воды в деятельном слое толщи многолетнемерзлых пород происходят и в настоящее время, в линзах льда районов золоторудных месторождений возможно обнаружение тонких пленок золота современного генезиса.

В заключение автор выражает искреннюю благодарность кандидатам химических наук А. А. Каплину и Н. А. Колпаковой за обсуждение затронутых здесь вопросов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арабаджи В. И. О контактной разности потенциалов между водой и льдом. ДАН СССР, т. 60, № 5, 1948.

2. Баяндина Ф. И. О разности потенциалов, возникающей между твердой и жидкой фазой при замерзании воды. Изв. АН СССР, сер. геофизич. № 2, 1960.
 3. Боровицкий В. П. О влиянии естественных электрических потенциалов на миграцию влаги и содержащихся в ней компонентов в деятельном слое. Вопросы гидрогеологии и гидрогеохимии. Иркутск, 1969.
 4. Голева Г. А., Кривенков В. А., Гудзь З. Г. Геохимические закономерности распространения и формы миграции золота в природных водах. «Геохимия», 1970, № 6.
 5. Коркина Р. И. Электрические потенциалы в замерзающих растворах и их влияние на миграцию. Процессы тепло- и массообмена в мерзлых горных породах. «Наука», 1965.
 6. Пещевский Б. Н., Аношин Г. Н., Еренбург А. М. О химических формах золота в морской воде. ДАН СССР, т. 162, № 4, 1965.
 7. Boyle R. W. An occurrence of native gold in an ice lens-Giant-Yelloknife Gold mines, Yellow Knife, Northwest Territories. Econ. geol., № 2, 1951.
 8. Workman E. Y. and Reynolds S. E. Electrical phenomena occurring during the freezing of dilute aqueous solution and their possible relationship to thunderstorm electricity. Phys. Rev., N 3, 1950.
-