© С.Б. Татауров, 2008

УДК 622. 234.42

С.Б. Татауров

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ РЕДУЦИРОВАНИЯ И ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ АМАЛЬГАМ ГЕОТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ

На территории криолитозоны накоплены значительные количества отходов переработки золотосодержащего сырья, в том числе и отходы, образованные в результате широкого применения метода амальгамации. В связи, с чем в геотехногенных месторождениях и отвалах золотодобычи накоплены десятки тонн амальгамы золота и металлической ртути, которую следует утилизировать с позиции технологической и экологической целесообразности, что дает возможность получения эффекта «двойной выгоды» [3; 4; 8].

С этой целью был проведен цикл исследований по изучению изменения структуры, агрегатного состояния и технологических свойств амальгам золота геотехногенного происхождения в условиях криолитозоны. Исследования проводились на геотехногенных месторождениях золота криолитозоны Забайкалья и за ее пределами, отбор амальгам золота проводился как из массивов, так и из продуктов переработки геотехногенного золотосодержащего сырья. Общее количество проб амальгам золота составило 35, масса проб амальгам золота геотехногенного происхождения составляла от 3 до 5 г.

В результате исследований установлены взаимосвязи между содержанием компонентов в амальгамах золота (золота, ртути и минеральных примесей), количеством циклов замерзания–оттаивания (ЦЗО) и временем нахождения в отвалах золотодобычи. Полученные результаты свиде-тельствуют, что в слое годовых колебаний температур переход амальгамы по схеме жидкое → гетерогенно-жид-кое → твердое агрегатное состояние происходит в пять раз медленнее, чем в слое сезонных колебаний температур, и на порядок медленнее, чем в суточном слое колебаний температур (рис. 1). Это объясняется тем, что динамические колебания суточных и сезонных температур в техногенных массивах, при прочих равных условиях, играют решающую роль в динамике трансформации их строения и свойств. Из чего следует, что процесс редуцирования амальгам золота геотехногенного происхождения в криолитозоне приводит к переходу одного вещества в другое вследствие колебаний температур среды, заканчивающийся обособлением металла первично растворенного в ртути.

Исследования структуры и состава амальгам золота геотехногенных месторождений выполненные с использованием оптико-микроскопического анализа изображений «Leica Qwin Standart» и электронной сканирующей микроскопии с рентгеновской энергодисперсионной

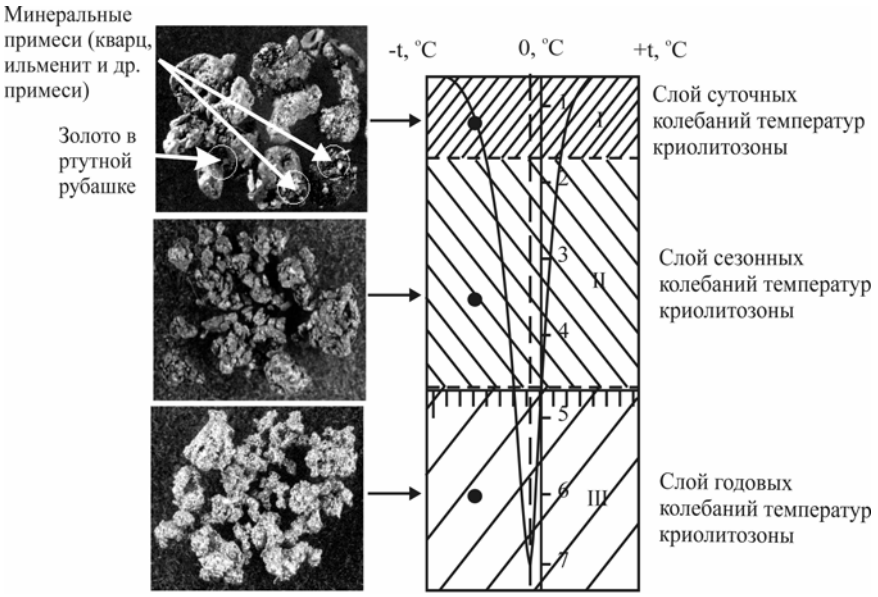


Рис. 1. Схема редуцирования амальгам золота в геотехногенных отвалах криолитозоны (×150)

спектрометрии показали, что в силу активизации кинетики твердотельной диффузии ртути и золота при ЦЗО наблюдается образование зародышей кристаллов, которые переходят затем в более крупные кристаллиты золота в отличие от амальгам золота находящихся в слое годовых колебаний температур в диапазоне их отрицательных значений (рис. 2, *а, б*).

Дальнейшая трансформация амальгам золота в криолитозоне в результате динамических суточных и сезонных колебаний температур, выщелачивания криогенными концентрированными водными растворами и высокой миграционной подвижности ртути в газообразном и жидком состоянии приводит к увеличению содержания золота в амальгаме. В результате содержание ртути сокращается настолько, что образовавшиеся отдельные кристаллиты амальгам золота и других металлов (Cu, Pb, Ag) объединяются, образуя частицы, крупность которой может превышать фоновые значения крупности природного золота. Причем как установлено натурными и экспериментальными исследованиями образующиеся амальгамы имеют зональное строение, что объясняется различиями в плотности и растворимостью в ртути металлов – золота, серебра, свинца и меди.

Изучение образцов золотосодержащих амальгам находящихся в твердом агрегатном состоянии геотехногенного происхождения показало, что амальгамы представляют собой ядро золота, окруженное оболочками состоящими из амальгам, содержащих – золото (17,67 до 27,16 мас.%), свинец (38,62 до 87,19 % мас.%), ртуть (7,52 до 15 мас.%), ближе к периферии установлены высокие содержания кислорода от 37,86 до 59,41 мас.%. Причем высокие концентрации кислорода в амальгаме установлены в соединениях со свинцом. Кроме мелких и тонких частиц золота

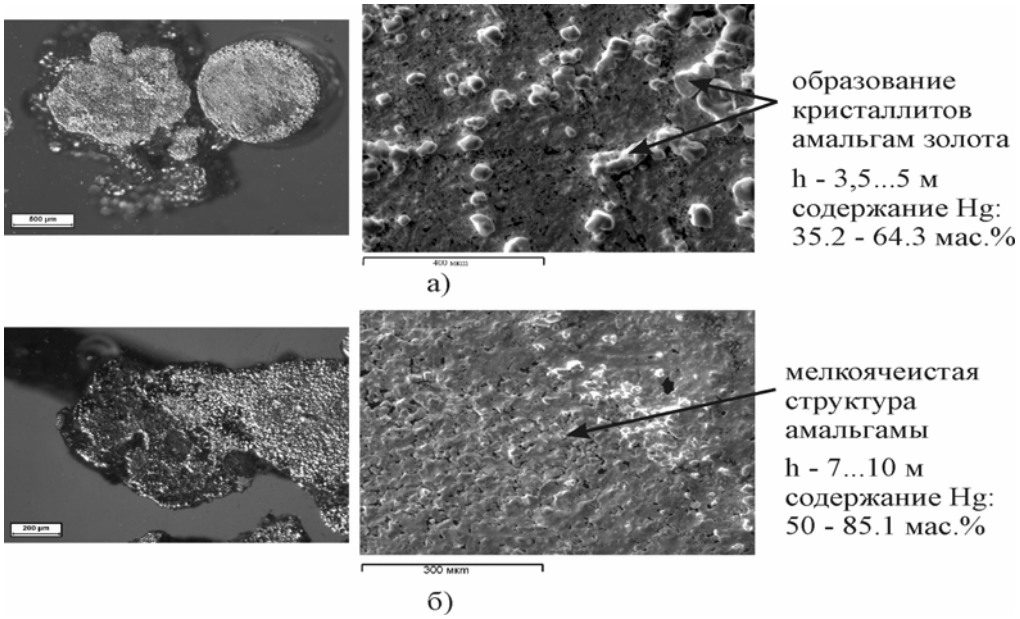


Рис. 2. Структура амальгам золота геотехногенного происхождения в криолитозоне (месторождение Большой Горохон): а – слой сезонных и б – годовых колебаний температур

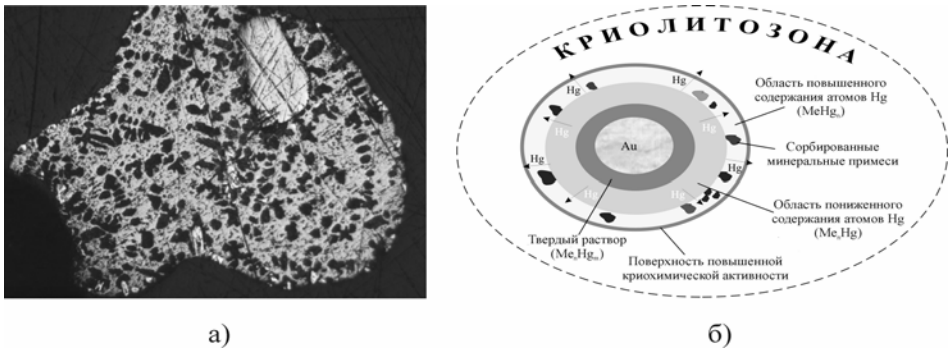


Рис. 3. Микрофотография образца твердого раствора амальгамы золота геотехногенного происхождения в отраженном свете отобранная из слоя суточных колебаний температур (а) (увел.×80, месторождение Большой Горохон) и структура золотосодержащей амальгамы в криолитозоне (б)

амальгама по периферии содержит и другие минеральные примеси (рис. 3, *а*).

В результате исследования структуры твердой золотосодержащей амальгамы геотехногенных месторождений золота, отобранной на глубине суточных колебаний температур в условиях распространения островной криолитозоны, установлено, что золотосодержащие амальгамы имеют зональное строение из амальгам различного состава и химически чистых металлов (меди, серебра, свинца и т.д.), а также минеральных примесей (рис. 3, *б*).

В результате проведенных исследований структурного, вещественного и

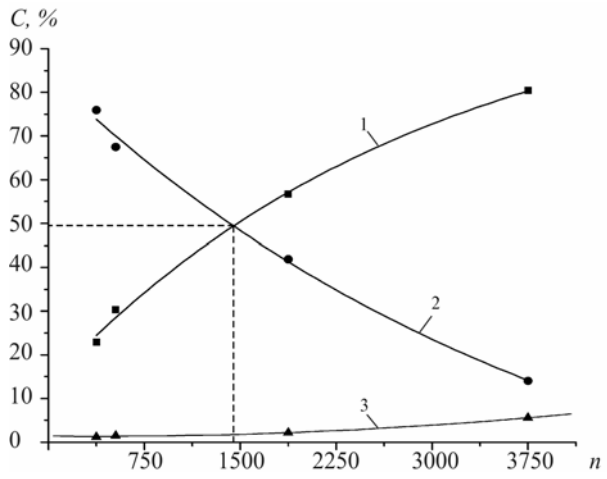


Рис. 4. Взаимосвязь между содержанием компонентов в золотосодержащей амальгаме и количеством ЦЗО в отвалах золотодобычи крио-литозоны: *1, 2, 3* – соответственно Au, Hg, минеральные примеси

фазового состава золотосодер-жащих амальгам геотехногенного происхождения была установлена взаимосвязь между изменением содержания в ней компонентов и воздействия ЦЗО в отвалах золотодобычи криолитозоны (рис. 4). С учетом того, что на территории криолитозоны Забайкалья количество суточных колебаний температур в год составляет 70–75 циклов, можно установить и время редуцирования золотосодержащих амальгам из одного состояния в другое.

Из исследований структурного и фазового состава золотосодержащих амальгам, следует, что при вовлечении в отработку геотехногенных амальгамосодержащих месторождений золота методом кучного выщелачивания, извлечение золота при выщелачивании амальгамы будет низкое вследствие нахождения золота в оболочке из ртути, свинца и минеральных примесей.

Поэтому для извлечения золотосодержащих амальгам и металлической ртути геотехногенного происхождения наиболее приемлемым решением остается использование физических методов обогащения, это потребовало изучения технологических свойств золотосодержащих амальгам геотехногенных месторождений криолитозоны.

На основании полученных результатов динамики преобразования состава и структуры амальгам золота (системы «золото-ртуть-минеральные примеси») геотехногенного проис-хождения криолитозоны были установлены зависимости изменения плот-ности, удельной магнитной восприимчивости, краевого угла смачивания, термоэдс, коэффициента теплопроводности от их состава (рис. 5, *а, б, в*). Их анализ показывает, что в результате «старения» амальгам золота в условиях криолитозоны наблюдается увеличение их плотности, удельной магнитной восприимчивости и исчезновение способности смачивания за счет снижения содержания ртути в амальгаме, что позволяет прогнозировать технологические показатели обогащения и предложить методы, аппараты и технологии для извлечения золотосодержащих амальгам с различным агрегатным состоянием, составом и свойствами.

На основе функциональной зависимости изменения плотности амальгамных систем получена формула ее расчета для системы «металл-ртуть-минеральные примеси»:

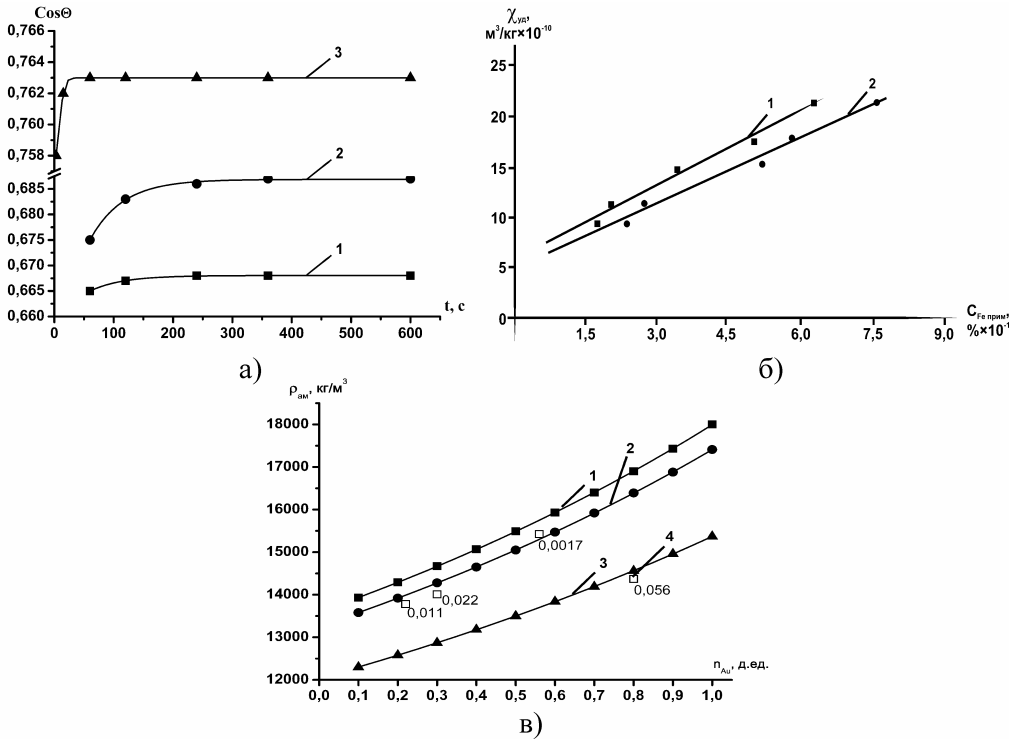


Рис. 5. Экспериментальные и расчетные данные по изменению плотности (а), удельной магнитной восприимчивости (б), краевого угла смачивания (в) золотосодержащих амальгам геотехногенных месторождений золота: а) *1* – на медной подложке; *2* – на медной подложке в дистиллированной воде, *3* - на медной подложке в дистиллированной воде с подведением к амальгаме катода (6 В); б) *1* – золотосодержащие амальгамы техногенного генезиса; 2 – искусственные смеси амальгам; в) *1* – система «золото-ртуть»; *2, 3* – система «золото-ртуть-минеральные примеси» при содержании примесей соответственно 0,011 и 0,056 д.ед. и их средней плотности ρ=4110 кг/м^3; *4* – экспериментальные данные по золотосодержащим амальгамам геотехногенного генезиса; (• 0,056 – весовое содержание минеральных примесей, д.ед.).

$$\rho_{ам} = \frac{\rho_{Au}\rho_{Hg}}{n_{Au}\rho_{Hg} + \rho_{Au}(1-(n_{Au}+n_{мин.пр.}))} + \frac{1}{\sum_{i=0}^{n}\frac{n_i}{\rho_i}}, \quad (1)$$

где n_{Au}, $1-(n_{Au}+n_{м.\ пр.})$, $n_{м.\ пр.}$ – соответственно содержание Au, Hg и минеральных примесей в амальгаме, д.е.; n_i, ρ_i – соответственно весовое содержание и плотность минерала в амальгаме, д.е. и кг/м^3; ρ_{Hg}, ρ_{Au} – соответственно плотность ртути и золота, кг/м^3.

Полученные результаты позволили сделать следующие выводы. Во-первых, установлено, что на территории криолитозоны существуют взаимосвязь между изменением технологических свойств золотосодержащего сырья и условиями распространения (типов) ММП, это объясняется различием в общей энергоемкости физических и физико-химических процессов участвующих в трансформации золотосодержащего сырья на территории распространения криолитозоны и за ее пределами. Во-вторых, установленные закономерности и зависимости изменения

технологических свойств геотехногенных золотосодержащих амальгам позволили выделить основные сепарационные признаки и предложить классификацию методов для повышения степени извлечения золота при переработке природного и геотехногенного сырья криолитозоны с учетом изменчивости его технологических свойств и влияния их на показатели обогащения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гасанов, Ш.Ш.* Криолитологический анализ. / Ш.Ш. Гасанов. – М.: Наука, 1981. – 196 с.
2. *Ершов Э.Д.* Криолитогенез. – М.: Недра. 1982. 211 с.
3. *Обогащение* ртутьсодержащих отходов золотодобывающих предприятий. /Хантургаев Г.И. и др.//Физ. - техн. пробл. разраб. полезн. ископаемых. - 1994. - N5. - С. 113-115.
4. *Оценка* промышленной эмиссии ртути. /Ягольницер М.А. и др., //Химия в интересах устойчивого развития. - Новосибирск, СО РАН. -1995. -т.3. -№ 1 - 2. -с. 23-35.)
5. *Попов А. И., Розенбаум Г.Э., Тумель Н.В.* Криолитология. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 38 с.
6. *Суходровский В.Л.* Экзогенное рельефоообразование в криолитозоне. – М.: Наука, 1979. – 278 с.
7. *Тютюнов И.А.* Процессы изменения и преобразования почв и горных пород при отрицательной температуре (Криогенез). / И.А. Тютюнов. –М.: АН СССР, 1960. –144 с.
8. *Шестернев Д.М, Татауров С.Б.* Криогенез и ртутьсодержащие соединения в горно-промышленных отвалах. Якутск: Издательство Института мерзлотоведения СО РАН, 2003. – 187 с.
9. *Шестернев Д.М.* Криогипергенез и геотехнические свойства пород криолитозоны. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 266 с.

ГИАБ

Коротко об авторе

Татауров С.Б. – докторант, Московский государственный горный университет.

Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.Ф. Кузин.*

© С.Б. Татауров, 2008

УДК 622. 234.42

С.Б. Татауров

ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ

Более 70 % территории России характеризуются условиями, необходимыми для возникновения и развития криолитозоны, то есть среднегодовыми температурами воздуха ниже 0 °С. В строении криолитозоны могут принимать участие: мерзлые породы, имеющие нулевую или отрицательную температуру, содержащие лед; морозные породы с отрицательной температурой, не содержащие лед; породы с отрицательной температурой, поры и пустоты которых заполнены рассолами (крио-пегами).

По времени существования пород в мерзлом состоянии криолитозона подразделяется на эпизодическую (менее суток), сезонную (в течение сезона), кратковременную (перелетки – до 2–3 лет), многолетнюю (от 3 до 100 лет), вековую (более 100 лет), реликтовую (длительность существования измеряется геологическим временем – тысячи лет). По площади распространения она может быть сплошной, занимающей более 95 % рассматриваемой территории, преимущественно сплошной (80–95), пре-рывистой (50–80), массивно-островной (25–50), островной (10–25) и редкоостровной – менее 10 % [3]. Установленный интервал изменения мощности криолитозоны в Росси изменяется от первых сантиметров (эпизодическая криолитозона) до 1000 и более метров (вековая криолитозона).

Интенсивность и глубина проникновения тепловых возмущений в горных породах криолитозоны, перестройка ее структуры и морфоме-триических параметров, зависят от интегрального воздействия внутренних и внешних энергоисточников Земли и окружающего пространства. Выделение тепла из земных недр в течении длительного времени остается почти постоянным, в то время как на поверхности Земли отмечается изменение климата, имеющее циклический характер. Астрономические законы, физические и геометрические особенности Земли предопределили наличие в верхнем слое литосферы суточных – $T_{сут}$, годовых – $T_{год}$, короткопериодных – $T_{(5-6)}$, $T_{(10-11)}$, $T_{(22)}$, среднепериодных – $T_{(40-44)}$, $T_{(90-94)}$, длиннопериодных – $T_{(300)}$, $T_{(1800)}$ и историко-геологических энергообменных циклов – $T_{(9\ тыс.\ лет.)}$, $T_{(27тыс.\ лет)}$, T_n = n x 100 000 лет [1; 8].

Скорость затухания колебаний температур по глубине криолитозоны зависит преимущественно от коэффициента температуропроводности горных пород (параметр внутреннего воздействия среды) и частоты колебаний температур на их поверхности (параметр воздействия внешней среды). В зависимости от характера изменений этих параметров в

разрезе криолитозоны дифференцируются слои горных пород с различной интенсивностью протекания физико-химических процессов. Их мощность определяется глубиной температурных колебаний [8].

Начиная с середины XX века широкое освоение получили россыпные и коренные месторождения золота, расположенные на северо-востоке и востоке России. Свой вклад в методы изучения золота и золотосодержащего сырья в пределах криолитозоны внесли Ю.А. Билибин [2], Н.А. Шило [12; 13], Ю.В. Шумилов [15; 16], Г.В. Нестеренко [7], Б.Р. Шпунт [14], В.Г. Моисеенко [5] и другие. Ими была изучена динамика, выявлены механизмы и установлены закономерности образования россыпей в криолитозоне, рассмотрена эволюция золотороссыпных узлов и россыпей золота во времени и пространстве, показаны ее особенности, связанные с динамикой энергетического состояния криолитозоны, что позволило авторам подойти к объяснению различий седиментогенеза как в условиях криолитозоны, так и вне ее. Изучена роль криолитогенеза в формировании континентальных россыпей различного генезиса. Среди работ зарубежных ученых, посвященных методам изучения золота и месторождений благородных металлов в условиях распространения многолетнемерзлых горных пород, следует выделить работы A.L. Washburn [19], R.W. Boyle [17], J.R. Watterson [20] и других. Однако в этих и других работах практически отсутствуют исследования взаимосвязи структурного, вещественного и фазового состава золотосодержащего сырья природного происхождения с его технологическими свойствами в изменяющихся термодинамических условиях криолитозоны и фазовых переходах воды.

Для оптимизации выбора и разработки методов и технологий переработки золотосодержащего сырья криолитозоны были проведены исследования по изучению вещественного состава, строения и технологических свойств сырья. Основным направлением проведенных в рамках этой работы исследований было установление закономерностей изменения технологических свойств золотосодержащего сырья по площади распространения криолитозоны и выявление отличий от аналогичных типов сырья за ее пределами.

В результате проведения экспериментальных исследований были получены закономерности изменения технологических свойств золотосодер-жащих руд – коэффициента крепости, водонасыщения и гранулометрического состава руды от амплитуды температур, количества циклов промерзания–оттаивания и условий криогенеза (аэральных (в воздушной среде), аквальных (в водной среде), а также в нивальных условиях (моделированием теплового удара с промерзанием-оттаиванием в водной среде). Установлено, что для крепких золотокварцевых сульфидных руд с незначительное содержание глинистых минералов – 6,0 % и низкой площадью трещинной пустотности от 2 до 7,5 % за один цикл промерзания-оттаивания наблюдается снижение крепости золотосодержащей руды до 25 %. Для золотокварцевых малосульфидных руд с содержанием глинисто-слюдистых минералов – 30 % и высокой площадью трещинной пустотности от 11,16 до 50,65 % в зависимости от изменения амплитуды температур в области положительных и отрицательных их значений изменялось от 12 до 35 %. В результате было установлено, что с увеличением количества глинистых минералов, золотосодержащие руды крио-

литозоны характеризуются более высокой гидрофильностью и низкой структурной прочностью, а снижение коэффициента крепости при воздействии криогенеза более ощутимо [11; 18].

На основе полученных рядов экспериментальных данных по воздействию криогенеза на изменение коэффициента крепости получено регресс-сионное уравнение:

$$f = y_0 + ae^{T/b} \text{ при } b = \frac{1}{\lambda}$$

$$\text{или } f = f_0 + ae^{\lambda T} \qquad (2)$$

$T_0 \le T \le 0$, тогда

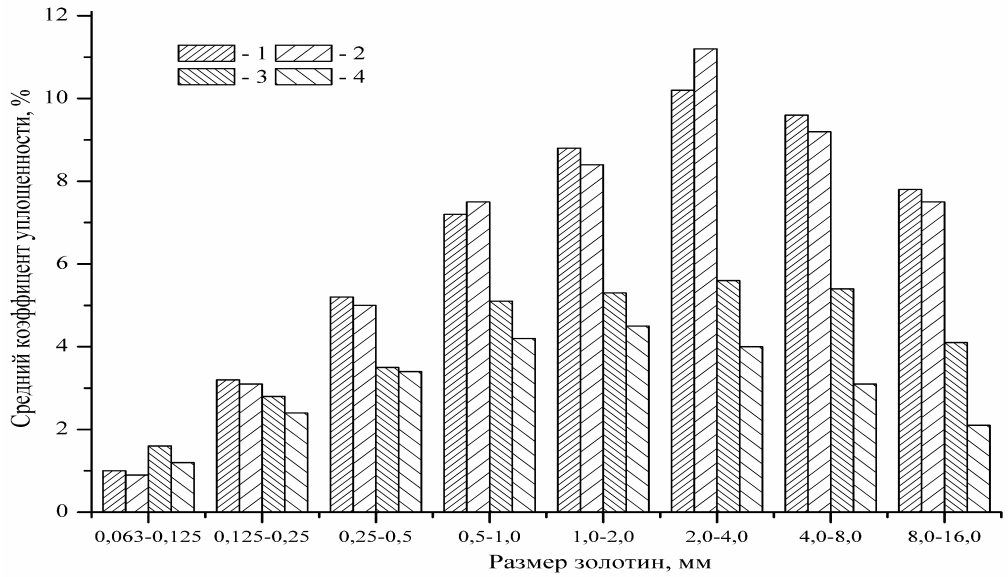
$$f(0) = f_0 = y_0 + a \to a = \\ = f_0 - y_0 \to f(T) = y_0 + (f_0 - y_0)e^{\lambda T} \qquad (3)$$

где f – коэффициент крепости руды после воздействии криогенеза, f_0 – коэффициент крепости исходной руды; T – температура, °С; a, b, y_0 – коэффициенты уравнения, определяемые экспериментальным путем

Кроме снижения крепости в рудах в ходе криогенеза частично разрушаются внутренние структурные связи, что приводит к увеличению в рудах содержания открытых пор. Из экспериментальных данных следует, что на изменение влагонасыщения руд в процессе криогенеза оказывают влия-ния его условия и минералогический состав руд. Так, в аэральных условиях криогенеза (цикле промерзания-оттаивания) при изменении ветви отрицательных температур от -1 до -25 ºС, влагонасыщение золото-кварц- малосульфидных руд Дельмачика изменилось на 6,25 %, золото-кварц-сульфидных руд Дарасуна – на 5,9 %, в аэральных – соответственно 13,8 и 9,1 %, в нивальных условиях соответственно 30,7 и 16,4 %. Также были получены экспериментальные данные свидетельствующие об интенсификации выщелачивания золотосодержащих руд подверженных воздействию криогенеза.

Одними из важнейших параметрических характеристик частиц россыпного золота влияющих на показатели гравитационного обогащения является размер, пробность и их форма. В частности, оценка пробности (с пересчетом на плотность), крупности, коэффициента уплощенности россыпного золота позволяет более точно оценивать уровень его извлечения в расчетных формулах, что имеет весомое значение при выборе технологий пере-работки золотосодержащего сырья.

Выполненный анализ по геологическим и справочным данным [4; 6; 9], а также кадастрам месторождений россыпного золота (всего по 55 объектам) свидетельствует, что в пределах развития криолитозоны преимущественно сплошного и прерывистого типа Лено-Енисейской золотоносной провинции самородное золото россыпных месторождений классифицируется как крупное (тип Г), причем средние показатели содержания круп-ного и среднего золота (+ 0,5 мм) составляют более 70 %. Пробность золота в среднем составляет 940. В пределах развития криолитозоны основного и редкоостровного типов (Забайкальская золотоносная провинция) крупность самородного золота в россыпных месторождениях соответствует средней крупности (тип В) и пробности – 840. На территории, где отсутствует криолитозона (Восточно-Приморская золотоносная провинция), по своему составу оно классифицируется как мелкое (тип Б) и его пробность в среднем составляет 750. В геотехногенных месторождениях криолитозоны золото в основном представлено двумя типами – средним и мелким (тип В и Б), за пределами – мельчайшим (тип А). Полученные данные пробности частиц золота позволили рассчитать изменение плотности частиц золотосодержащих спла-



Изменчивость уплощенности золота в криолитозоне и за ее пределами: криолитозона сплошного типа: *1* – Ленский (5 объектов), *2* – Ципиканский (3 объекта); за пределами криолитозоны: *3* – Кербинский (5); *4* – Белогорский (5); *1, 3, 4* – по данным [4])

вов для разных типов криолитозоны для островного (редкоостровного) типа ~17100, для сплошного – ~18750 кг/м^3, за пределами криолитозоны плотность в среднем составляет 15500 кг/м^3.

Кроме этого вскрыты отличия в форме частиц золота по площади распространения криолитозоны и за ее пределами. Установлено, что для территории криолитозоны сплошного типа характерны более уплощенные частицы золота, чем за ее пределами. Как показали результаты исследований, заметное увеличение коэффициента уплощенности золотин характерно для частиц крупностью +0,25 мм, а своего максимума они достигают при крупности -4+2 мм. Максимальная разница между коэффициентом уплощенности золотин класса -0,5+0,25 мм, отобранных в криолитозоне и за ее пределами, составила 65 %. С уменьшением размера частиц крупностью -0,25 мм наблюдается увеличение комковатости золота (рисунок).

На основе установленных отличий в составе и технологических свойствах россыпного золотосодержащего сырья в зависимости от типов криолитозоны (сплошного и островного), ее термодинамических условий была составлена классификация технолого-минералогических свойств россыпного золота характерных для территории криолитозоны (Северо-Востока, Забайкалья) и за ее пределами (таблица).

Результаты исследований свидетельствуют, что в районах распространения криолитозоны золото в россыпях характеризуется более высокой крупностью, пробностью и коэффициентом уплощенности, а получаемые при промывке шлиховые продукты – значительным присутствием сульфидных минералов, по сравнению с объектами находящимися за пределами территории распространения многолетнемерзлых горных пород.

Таблица 1

Изменения технологических свойств золота россыпных месторождений по горизонтальной зональности криолитозоны (Северо-Востока, Забайкалья) и за ее пределами

Показатели	**Коры выветривания и россыпные месторождения**			**Геотехногенные месторождения**	
Тип криолитозоны (преимущественно)	Сплошной и прерывистый	Островной и редкостровной	Отсутствует	Все типы криолитозоны	Отсутствует
Возраст коренных источников (по Е.И. Тищенко)	Рифейский	Мезозойский	Кайнозойский	Рифейский Мезозойский	Кайнозойский
Тип золота	Крупное – тип Г	Среднее – тип В	Мелкое – тип Б	Среднее – тип В мелкое – тип Б	Мельчайшее – тип А
Уплощенность формы	Высокая	Высокая	Низкая	Высокая	Низкая
Пробность золота	~950	~860	~750	~860 – 950	~750
Золотоносные провинции (по Г.П. Воларовичу и др.)	Лено-Енисейская	Забайкальская	Восточно-Приморская	Лено-Енисейская, Забайкальская	Восточно-Приморская
Тип месторождений	I	II	–	III	–

По всей видимости, определяющими факторами технологических свойств россыпного золота кроме первичных признаков и возрастом коренных источников, является и общая энергоемкость физических и физико-химических процессов участвующих в трансформации золотосодержащего сырья на территории развития криолитозоны различных типов и за ее пределами.

$$E_e = E_{экз} + E_{энд} \quad (3)$$

$$E_m = E_{ф.} + E_{ф.-х.} + E_{экз} + E_{энд} \quad (4)$$

где E_e, E_m – соответственно полная энергия, участвующая в образовании месторождений естественного и техногенного происхождения; $E_{ф.}$, $E_{ф.-х.}$ – энергия, затрачиваемая на физические и физико-химические процессы вскрытия и извлечения минеральных комплексов при разработке россыпных и коренных месторождений, соответственно; $E_{экз}$, $E_{энд}$ – энергия экзогенных и эндогенных процессов.

Полученные результаты позволили сделать следующие выводы.

Во-первых, установлено, что на территории криолитозоны существует взаимосвязь между изменением технологических свойств россыпного золота и условиями распространения (типов) ММП, что объясняется не только первичными признаками и возрастом коренных источников, но и, по всей видимости, различием в общей энергоемкости физических и физико-химических процессов участвующих в трансформации золотосодержащего сырья на территории распространения криолитозоны и за ее пределами. Во-вторых, установленные закономерности и зависимости изменения технологических свойств, золотосодержащих руд и россыпного золота позволяют предложить методы и разработать технологии повышения степени извлечения золота при переработке природного и геотехногенного сырья криолитозоны с учетом изменчивости его технологических фак-

торов и влияния их на показатели обогащения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Астраханцев В.И.* О периодичности климатических и геологических процессов // Известия гегр. об-ва. – Т.6. – Вып. 5. – М, 1974. – С. 420–423.
2. *Билибин, Ю.А.* Основы геологии россыпей/Ю.А. Билибин. – М.: АН СССР. – 1956. – 464 с.
3. *Геокриология* СССР. Горные страны юга СССР / под ред. Э.Д. Ершова. – М.: Недра, 1989. – С. 139-143.
4. *Закономерности* развития золоторосыпных узлов и россыпей золота / Мин-во геологии СССР, Вост.-Сиб. Научн.-исслед. Институт геологии, геофизики и минер. Сырья. – М: Недра. 1985. – 136 с.
5. *Моисеенко В.Г.* Минералогия и геохимия золота Дальнего Востока. М: Наука, 1977. – 304 с.
6. *Москвитин С.Г. и др.* Самородное золото Якутии (Куларский район)./ С.Г. Москвитин, Ю.Я. Жданов и др. – Новосибирск: Наука. Сиб. Предприятий РАН, 1997. – 198 с.
7. *Нестеренко Г.В.* Происхождение россыпных месторождений. – Новосибирск: Наука, 1977. - 312 с.
8. *Общее* мерзлотоведение (геокриология). /Изд.-во 2. переработанное и дополненное. Учебник. Под. Ред. В.А. Кудрявцева. // – М.: МГУ, 1978. – 464 с.
9. *Справочник* по разработке россыпей. //Магадан: ОТИ. 1961.-231 с.
10. *Шестернев Д.М, Татауров С.Б.* Криогенез и ртутьсодержащие соединения в горно-промышленных отвалах. Якутск: Издательство Института мерзлотоведения СО РАН, 2003. – 187 с.
11. *Шестернев Д.М., Мязин В.П., Татауров С.Б.* Исследование криогенной дезинтеграции золотокварцевых руд для интенсификации процесса кучного выщела-чивания золота//Физико-технические проблемы разработки месторождений полезных ископаемых. №1–2, – Новосибирск: СО РАН, 2006, – С. 108-116.
12. *Шило Н.А.* Роль субполярного климата в образовании и размещении россыпей //Закономерности размещения полезных ископаемых. – М., 1960. – Т4. – С. 47–65.
13. *Шило Н.А.* Основы учения о россыпях. - М.: Наука, 1981, 389 с.
14. *Шпунт Б.Р.* Типоморфные особенности и генезис россыпного золота н Севере Сибирской платформы //Геология и геофизика. –1974. – №9. – С. 77-78.
15. *Шумилов Ю.В.* О выделении элювиально-аллювиального типа россыпей/ Ю.В. Шумилов // Колыма. – 1970. – №11. – С. 40-41.
16. *Шумилов Ю.В.* Физико-химические и литологогенетические факторы россыпеобразования. / Ю.В. Шумилов. – М.: Наука, 1981. – 270 с.
17. *Boyle R.W.* The geochemistry of gold and its deposits //Canada Geol. Survey Bull. - 1979. – P. 280-584.
18. *Tataurov S.B., Petrikey A.L.* Cryogenic physical and chemical technologies of ore dressing and processing of minerals of natural and technogenic deposits of gold // Asian Conference On Permafrost Lanzhou, China, August 7-9, 2006. – Стр. 51.
19. *Washburn A.L.* Periglacial processes and environmental. – New York: St. Martin's Press. 1973. - 320 p.
20. *Watterson J.R.* Crystalline gold in soil and the problem of supergene nugget formation: freezing and exclusion as genetic mechanisms // Precambrian Research. - 1985. – Vol. 30. – P. 321-335. ГИАБ

Коротко об авторе

Татауров С.Б. – докторант, Московский государственный горный университет.

Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.Ф. Кузин.*