

УДК 622. 234.42

*С.Б. Татауров*

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

---

**Н**а территории криолитозоны накоплены значительные количества отходов переработки золото-содержащего 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 золото-содержащего 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 (золо-

та, ртути и минеральных примесей), количеством циклов замерзания–оттаивания (ЦЗО) и временем нахождения в отвалах золотодобычи. Полученные результаты свидетельствуют, что в слое годовых колебаний температур переход амальгамы по схеме жидкое → гетерогенно-жидкое → 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 геотехногенных 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

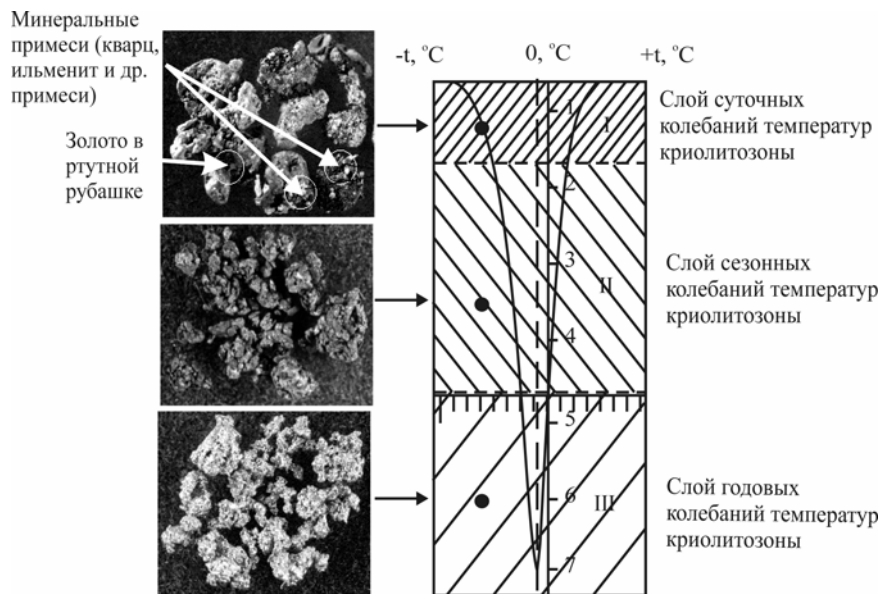


Рис. 1. Схема редуцирования амальгам золота в геотехногенных отвалах криолитозоны ( $\times 150$ )

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, круп-

ность 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

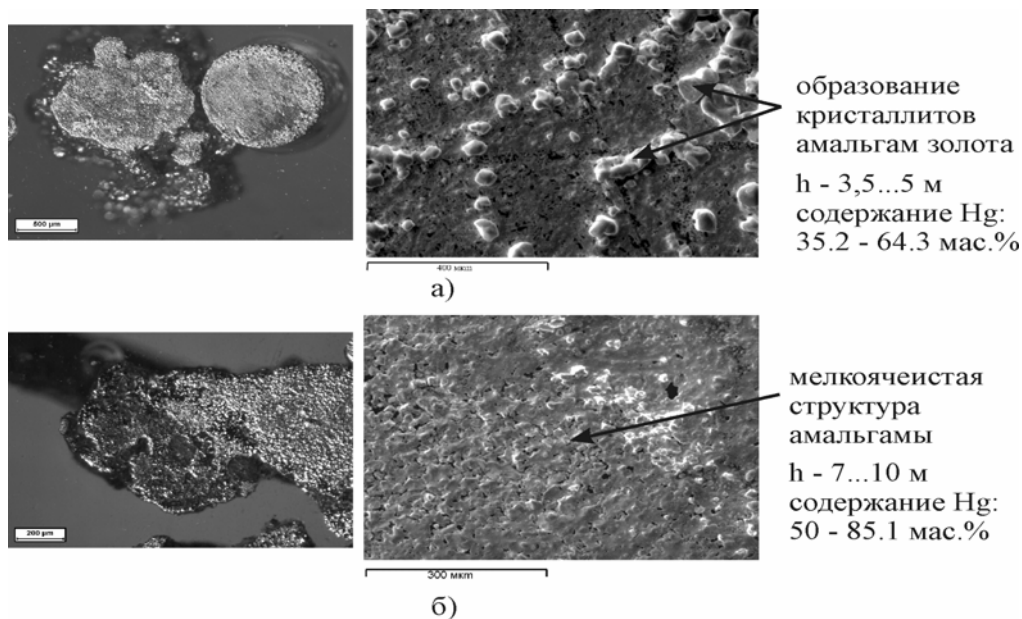


Рис. 2. Структура амальгам золота геотехногенного происхождения в криолитозоне (месторождение Большой Горохон): а – слой сезонных и б – годовых колебаний температур

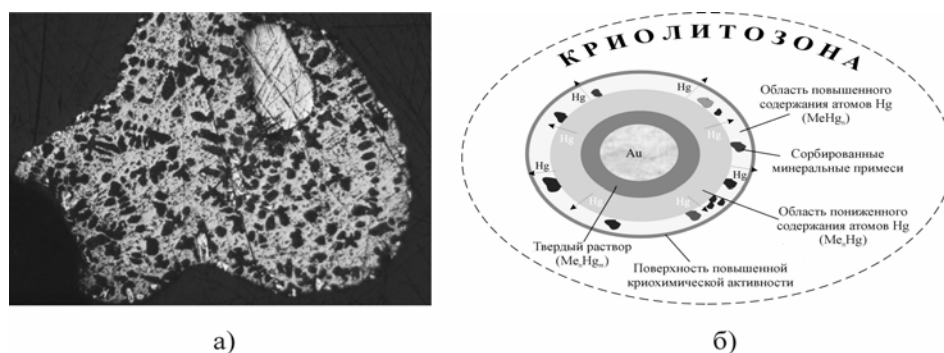


Рис. 3. Микрофотография образца твердого раствора амальгамы золота геотехногенного происхождения в отраженном свете отобранная из слоя суточных колебаний температур (а) (увел.  $\times 80$ , месторождение Большой Горохон) и структура золотосодержащей амальгамы в криолитозоне (б)

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

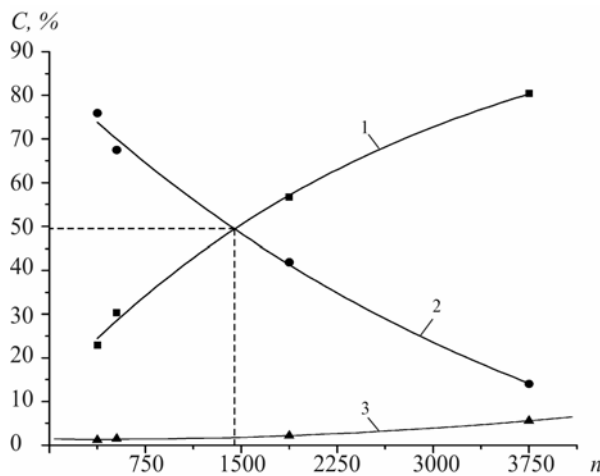


Рис. 4. Взаимосвязь между содержанием компонентов в золотосодержащей амальгаме и количеством ЦЗО в отвалах золотодобычи криолитозоны: 1, 2, 3 – соответственно Au, Hg, минеральные примеси

фазового состава золотосодержащих 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 низким 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 происхождения криолитозоны были установлены зависимости изменения плотности, 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»:

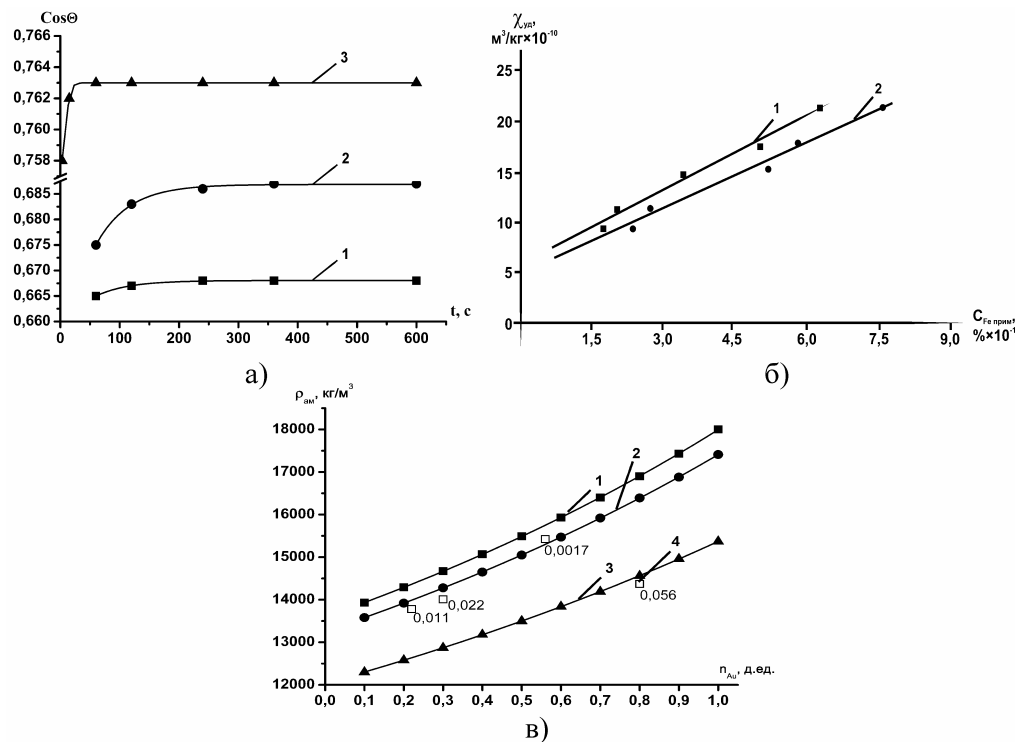


Рис. 5. Экспериментальные и расчетные данные по изменению плотности (а), удельной магнитной восприимчивости (б), краевого угла смачивания (в) золотосодержащих амальгам геотехногенных месторождений золота: а) 1 – на медной подложке; 2 – на медной подложке в дистиллированной воде, 3 – на медной подложке 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  $\rho=4110 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; 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.;  $n_i$ ,  $\rho_i$  – соответственно весовое содержание и плотность минерала в амальгаме, д.е. и  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\rho_{Hg}$ ,  $\rho_{Au}$  – соответственно плотность ртути и золота,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Полученные результаты позволили сделать следующие выводы. Во-первых, установлено, что на территории криолитозоны существует взаимосвязь между изменением технологических свойств золотосодержащего сырья и условиями распространения (типов) ММП, это объясняется различием в общей энергоёмкости 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 золота, геотехногенных золотосодержащих амальгам и руд 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 факторов 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. *Суходоровский В.Л.* Экзогенное рельефообразование 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.*



УДК 622. 234.42

*С.Б. Татауров***ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
СВОЙСТВ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ  
В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ**

**Б**олее 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), прерывистой (50–80), массивно-островной (25–50), островной (10–25) и редкоостровной – менее 10 % [3]. Установленный интервал изменения мощности криолитозоны в России 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 морфометрических параметров, зависят от интегрального воздействия внутренних и внешних энергоисточников Земли и окружающего пространства. Выделение тепла из земных недр в течение 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 –  $T_{(5-6)}$ ,  $T_{(10-11)}$ ,  $T_{(22)}$ , среднeperиодных –  $T_{(40-44)}$ ,  $T_{(90-94)}$ , длиннопериодных –  $T_{(300)}$ ,  $T_{(1800)}$  и историко-геологических энергообменных циклов –  $T_{(9 \text{ тыс. лет.})}$ ,  $T_{(27 \text{ тыс. лет.})}$ ,  $T_n = n \times 100 \text{ 000}$  лет [1; 8].

Скорость затухания колебаний температур по глубине криолитозоны зависит преимущественно от коэффициента теплопроводности 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 золотосодержащих руд – коэффициента крепости, водонасыщения и гранулометрического состава руды от амплитуды температур, количества циклов промерзания–оттаивания и условий криогенеза (азральных (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 криолитозоны 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 регрессионное уравнение:

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

или  $f = f_0 + ae^{\lambda T}$  (2)

$T_0 \leq T \leq 0$ , тогда

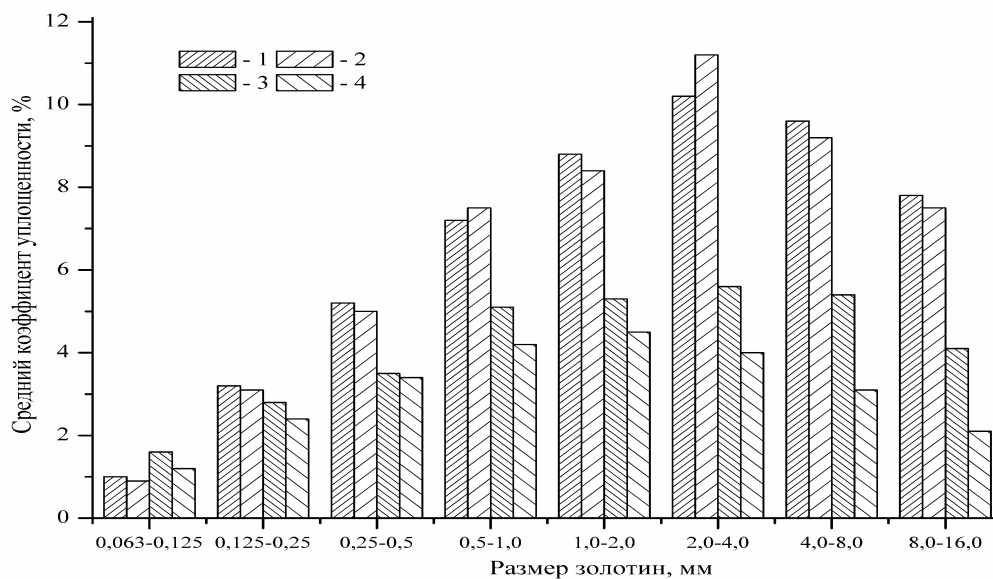
$$f(0) = f_0 = y_0 + a \rightarrow a = f_0 - y_0 \rightarrow f(T) = y_0 + (f_0 - y_0)e^{\lambda T}$$
 (3)

где  $f$  – коэффициент крепости руды после воздействия 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 влияния его условия и минералогический состав руд. Так, в аэральных условиях криогенеза (цикле промерзания-оттаивания) при изменении ветви отрицательных температур от -1 до -25 °С, 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 переработки золотосодержащего сырья.

Используя геологические и справочные данные [4; 6; 9], а также кадастры месторождений россыпного золота и результаты полевых исследований (всего по 55 объектам) на территории криолитозоны Забайкалья и Северо-Востока установлено, что в пределах развития криолитозоны сплошного типа самородное золото россыпных месторождений классифицируется как крупное (тип Г), причем средние показатели содержания крупного и среднего золота (+ 0,5 мм) составляют более 70 %. Пробность золота в среднем составляет 940. В пределах островной криолитозоны крупность самородного золота в россыпных месторождениях соответствует средней крупности (тип В) и пробности – 840. На территории, где отсутствует криолитозона, 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 сплавов для разных типов криолитозоны для островного



**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]

(редкоостровного) типа  $\sim 17100$ , для сплошного –  $\sim 18750$  кг/м<sup>3</sup>, за пределами криолитозоны плотность в среднем составляет 15500 кг/м<sup>3</sup>.

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 технологико-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	
	Сплошной и прерывистый	Островной и редкостровной	Отсутствует	Все типы криолитозоны	Отсутствует
Тип криолитозоны	Сплошной и прерывистый	Островной и редкостровной	Отсутствует	Все типы криолитозоны	Отсутствует
Минеральный состав наиболее часто встречаемых тяжелых фракций	Пирит, ильменит, магнетит	Магнетит, гранат, циркон, пирит, ильменит, монацит	Ильменит, магнетит, циркон	Магнетит, гранат, циркон, ильменит, пирит, монацит, амальгама	Магнетит, циркон, ильменит, амальгама
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

По всей видимости, определяющими факторами изменения технологических свойств золотосодержащего сырья является общая энергоёмкость физических и физико-химических процессов участвующих в трансформации золотосодержащего сырья на территории развития криолитозоны различных типов и за ее пределами. К таким факторам относятся: глубина сезонного промерзания-оттаивания, температурные условия развития криолитозоны, тип морфоклиматических зон (аридный, гумидный, нивальный, семиаридный), русловые процессы участвовавшие при формировании россыпей и т.д. Таким образом, можно составить ряд по изменчивости золота россыпных месторождений Се-

веро-Востока и Забайкалья в зависимости от типов криолитозоны: островной → прерывистый → сплошной → за пределами криолитозоны.

Установленные закономерности в изменении параметрических характеристик золотосодержащего сырья криолитозоны и за ее пределами позволяют с более высокой достоверностью решать задачи по оптимизации методов и созданию комбинированных технологий на стадии решения предпроектных и проектных задач, а также использовать при проведении технологических исследований золотосодержащего сырья.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астраханцев В.И. О периодичности климатических и геологических процессов // Известия геогр. 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 золотороссыпных узлов и россыпей золота / Мин-во геологии СССР, Вост.-Сиб. Научн.-исслед. Инсти-

- тут 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. Предприятия 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 золото кварцевых руд для интенсификации процесса кучного выщелачивания 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 // Кольма. – 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. **ТАБ**

### **Коротко об авторе**

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

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

