



ISSN 2074-1146

ТЕХНИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ,
издается с 2007 года

№ **3** (25), 2013

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Т.Н. Александрова¹, А.Б. Коновалов², А.В. Александров³

¹Национальный минерально-сырьевой университет "Горный" (СПГГИ)
199106, г. Санкт-Петербург, 21-я линия, д. 2

²Санкт-Петербургский государственный университет сервиса и экономики (СПбГУСЭ),
191015, Санкт-Петербург, ул. Кавалергардская, 7, лит. А

³Институт горного дела Дальневосточного округа Российской Академии наук (ИГД) ДВО
РАН, 680000, г. Хабаровск, ул. Тургенева, 51

В статье рассмотрены особенности технологического развития россыпной золотодобычи на Дальнем Востоке России и основные факторы, влияющие на эффективность процесса извлечения золота. Разработаны методы интенсификации процессов извлечения тонкодисперсного золота из песков россыпей минерального сырья путем интенсификации гравитационных процессов, ионной флотации коллоидного золота.

Ключевые слова: золото, диаграммы управления качеством, методы интенсификации, ионная флотация

WORKING OUT AND SUBSTANTIATION OF METHODS OF INCREASE OF COMPLETENESS OF EXTRACTION OF GOLD FROM SAND OF SCATTERINGS

T.N. Aleksandrova, A.B. Konovalov, A.V. Aleksandrov
*National mineral University "Gorny", 199106, St. Petersburg, 21th line, 2
St.-Petersburg state university of service and economy (SPbSUSE),
191015, St.-Petersburg, street Kavalergardsky, 7 A.*

*Institute of Mining of the Far Eastern Federal District of the Russian Academy of Sciences (IGD),
FEB RAS, 680000, Khabarovsk, street Turgenev, 51*

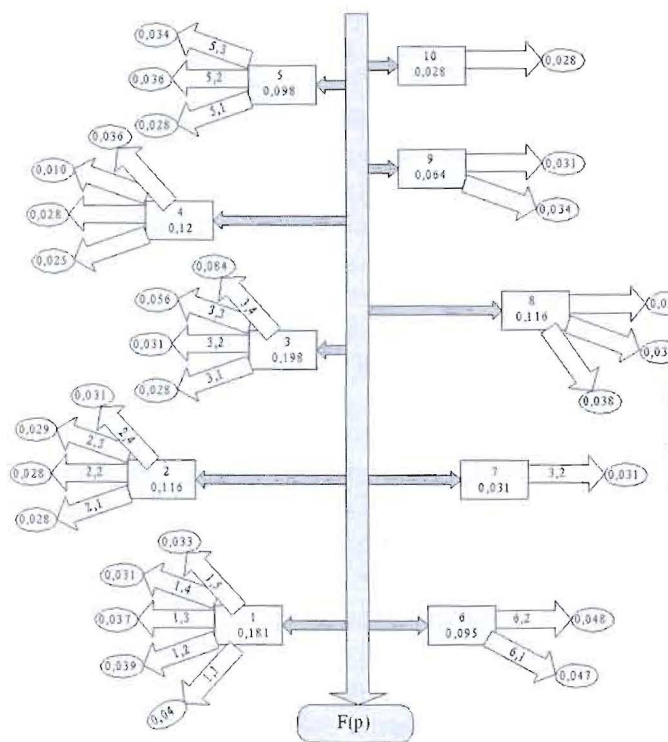
In article features of technological development of placer gold mining in the Far East Russia and the major factors influencing efficiency of process of extraction of gold are considered. Methods of an intensification of processes of extraction are developed is thin disperse gold from sand of scatterings of mineral raw materials by an intensification of gravitational processes, ionic flotation of colloidal gold.

Keywords: Gold, quality management diagrams, intensification methods, ionic flotation.

По современным оценкам и многочисленным литературным данным, старательские артели, использующие традиционные промысловые приборы, теряют от 20 до 50 % золота. Многочисленными исследованиями рядом научных коллективов и производственных организаций, установлено, что доля мелкого и тонкого золота (МТЗ) в техногенных отвалах, как правило, преобладает над крупным и составляет до 90 % общего количества. Ресурсы МТЗ только в техногенных россыпях РФ оцениваются в несколько тысяч тонн. Основные потери при добыче россыпного золота приходятся на тонкое, пластинчатое и дисперсное. На предприятиях региона эту проблему в основном решают путем совершенствования традиционных технологических схем: применением шлюзов мелкого наполнения; отсадочной технологии; центробежной сепарации [1]. Однако, реализация этих направлений не решает проблемы извлечения тонкодисперсного золота. Необходимо отметить, что наиболее полно возможности двухстадийной схемы обогащения на шлюзах проявляются только там, где шлюзовой концентрат перерабатывается на хорошо осна-

щенной шлюхообогатительной установке - ШОУ (грохот, отсадка, стол, плавильная печь). Однако шлюзовая технология извлечения золота ограничена по возможностям извлечения золота размером менее 0,25 мм. Золото фракции менее 0,1 мм шлюзами любой конструкции извлекается не более чем на 10 – 15%. Отсадочная технология из-за своей громоздкости, большого количества уборки хвостов и низкой, по сравнению со шлюзами производительности, вряд ли будет широко востребована на существующих техногенных россыпях в нынешней экономической ситуации. Наиболее сложным в применении гидроциклонов и центробежных сепараторов является подготовка питания агрегата, которая и определяет производительность и эффективность всей установки. Не менее важным является и переработка концентрата, так как при его доводке можно упустить золото и значительно снизить эффективность работы всей установки. Необходимость доизвлечения золота из техногенных россыпей определяется пока только экономическими требованиями (золото не должно быть дороже золота), но при этом необходимо учи-

тывать интересы землепользователей и охрану окружающей среды и попутно извлекать техногенную ртуть и другие токсичные соединения. Естественный нижний предел крупности частиц благородных металлов, извлекаемых гравитационными методами, определяется явлением равнопадаемости. Учитывая разность плотностей разделяемых благородных металлов и основной породы - кварца, можно принять коэффициент равнопадаемости на уровне 7-8, таким образом, золотины мельче $0,7 d_k$ будут уноситься потоком пульпы. Исходя из средних размеров мелких частиц кварца, 30 мкм - можно считать теоретически возможным нижним пределом крупности частиц золота, извлекаемых гравитационными методами. Тонкое пластинчатое золото вследствие большого коэффициента гидродинамического сопротивления не оседают в потоке в гидрошлюзах глубокого наполнения и из-за эффекта Магнуса, эти частицы почти невозможно осадить и в шлюзах мелкого наполнения. Для анализа и управления технологическими потерями на основе обобщения эмпирического материала и литературных данных [2] составлена диаграмма Исикавы, учитывающая, влияние факторов на целевую функцию потерь золота (рис.1, табл.1.).



Продолжение таблицы 1

31	Этап хаотично-прерывистой промывки	7,2
32	Оборудование, используемое для доводки шлихов	8
33	Ручная доводка	8.1
34	Отдельные концентрационные столы	8.2
35	Полноценные технологические линии, для которых потери минимальные	8.3
36	Временной период промывки песков	9
37	Северные районы	9.1
38	Южные районы	9.2
39	Послеотрабочные мероприятия	10
40	Не рекультивированы	10,1
41	Рекультивированы	10,2

Показано, что основными объективными и субъективными факторами, влияние которых на потери золота можно реально учесть, являются: первичное содержание драгметалла в песках; гранулометрический состав металла и его морфология; количество тяжелых минералов в шлихе исходных песков; гранулометрический состав исходных песков и др. Важным фактором, предопределяющим технологию извлечения, является форма и природа уносимого с потоком мелкого и тонкого золота. Кроме самородного золота в техногенных объектах встречаются и связанные формы: сростки с кварцем, сульфиды, арсениды. На ряде объектов установлено присутствие диспергированной амальгамы, которая имеет выраженные магнитные и ферромагнитные свойства, за счет растворения техногенного скрапа.

Эффективное извлечение золота из техногенных россыпных месторождений возможно при комплексном подходе к данной проблеме: с одной стороны, систематизация данных исследований по вещественному составу техногенных месторождений, выявление основных закономерностей извлечения МТЗ, с другой стороны, создание способов интенсификации извлечения тонкого золота на основе новых технологий. Основными направлениями решения проблемы извлечения тонкодисперсного золота являются: - разработка комбинированных технологий (гравитационно-флотационная сепарация); - обоснование параметров и режимов флотации, в т.ч. ионной и агломерационной. Проведенные экспериментальные исследования по интенсификации гравитационных методов, показали, что для выделения тонкодисперсного золота одним из эффективных методов является

химическая агломерация в центробежном поле. Применение реагентной обработки позволяет в 2,2 раза повысить извлечение золота. Из двух исследуемых вариантов предпочтительней обработка гексаполифосфатом, в т.ч. и с экологической точки зрения [3].

Целенаправленное физико-химическое воздействие на гидрофобно-гидрофильные свойства золотокварцевых суспензий также одно из перспективных направлений повышения эффективности извлечения МТЗ. Гранулометрический состав золота и его распределение во многих техногенных образованиях неблагоприятны для обогащения гравитационными методами, что приводит к низкому извлечению, потерям тонкого и мелкого золота. Поэтому, флотация золота из золотосодержащих песков может успешно дополнять гравитационные процессы для повышения общего его извлечения, что подтверждается экспериментально - теоретическими исследованиями на ряде объектов россыпной золотодобычи.

Для первоначального выбора типа собирателя применили метод инверсии фаз, позволяющий проводить экспрессную оценку собирательной способности реагентов и их ориентировочные расходы для перевода ценного компонента в пенный или камерный продукт. Метод, предложенный японскими исследователями, основывается на явлении стабилизации эмульсии масла в воде тонко диспергированными частицами твердого вещества, закрепляющегося на капельках эмульсии и очень удобен для изучения природных и техногенных илово-глинистых фракций. В качестве флотационных реагентов были выбраны следующие: метилизобутилкарбинол (МИБК), диэтил гексилфосфат (Д2ЭГФК), триоктиламин (ТОА), изоамиловый спирт. Следует отметить, что для снижения вероятности искажения экспериментальных данных за счет возможного присутствия золотин крупностью более 0,1мм, настоящие исследования проведены на материале хвостов гравитации, т.е. после выделения из глин гравитационно извлекаемого золота. При отработке режима флотации для экспрессности использовали элементный анализ пенного продукта, выполняемый на «Спектроскане». Данный метод анализа позволяет зафиксировать не только появление пиков золота, но и проследить изменение элементного состава в зависимости от условий флотации (режим, продолжительность, разбавление). После выбора основных реагентов проведены опыты на навесках массой 200 г, (табл. 2).

Таблица 2. Сравнительные экспериментальные данные по ионной флотации

№ п.п.	Наименование продуктов	Выход, %	Содержание золота, г/т	Извлечение, %
1	2	3	4	5
Пробы глины «Нагима», хвосты гравитации				
1	Проба 1			
	Концентрат	26,5	9,9	87,75
	Хвосты	73,5	0,5	12,25
	Итого проба 1	100,0	3,0	100,0
2	Проба 2			
	Концентрат	19,1	15,0	81,85
	Хвосты	80,9	0,8	18,15
	Итого проба 2	100,0	3,51	100,0
3	Проба 3			
	Концентрат	27,5	15,8	86,95
	Хвосты	72,5	0,9	13,05
	Итого проба 3	100,0	5,0	100,0
4	Проба 4			
	Концентрат	32,5	11,6	87,45
	Хвосты	67,5	0,8	12,55
	Итого проба 4	100,0	4,3	100,0
Проба глины «ДВ Ресурсы» - хвосты гравитации				
	Концентрат	11,93	3,2	81,26
	Хвосты	88,07	0,1	18,74
	Итого проба	100,0	0,47	100,0
Пробы глины «Рос-ДВ» хвосты стола				
	Концентрат (пенный продукт)	13,20	0,8	100,0
	Хвосты (камерный продукт)	86,80	Н.о	0,00
	Итого проба	100,0	0,1	100,0

Анализируя результаты концентрирования золота в пенный продукт методом ионной флотации видно, что процесс пенного фракционирования проходит с высокой эффективностью, однако селективность процесса не высока. Свыше 80% золота распределяется в

концентрат, содержание золота в концентрате остается на довольно низком уровне, что предопределяет необходимость включения дополнительных перемешивающих операций.

Как уже отмечалось выше, для повышения селективности флотации золота необходимы дальнейшие экспериментальные исследования по отработке режима пенного фракционирования. На данном этапе исследований установлены основные реагенты и режимные параметры пенного фракционирования, позволяющие осуществлять концентрирование золота на уровне 80-85% в обогащенные продукты, направляемые для дальнейшей переработки.

Особое место в техногенных месторождениях занимают глино- и ило- отстойники и хвостохранилища, которые следует рассматривать как отдельный, нетрадиционный вид минерального сырья, в котором большая часть ценных компонентов подготовлена к процессам обогащения и химико-металлургической переработки. Изучение золотоносности илов-глинистых фракций необходимо дополнить широкомасштабными исследованиями по их комплексному использованию с попутным извлечением наряду с золотом других ценных компонентов. Таким образом, системный подход к оценке потерь, совершенствование аналитических методов контроля содержания золота, реализация физико-химических и металлургических подходов к извлечению МТЗ позволит достаточно рентабельно вовлечь в переработку техногенные пески россыпных месторождений золота.

Литература

1. Александрова Т.Н. Проблемы извлечения тонкодисперсного золота из песков техногенных россыпей и некоторые пути их решения //Золотодобыча, № 141, 2010.-С.21-26.
2. Мирзеханов Г. С. Условия формирования, принципы прогноза и оценки ресурсов техногенных образований отработанных россыпей золота (на примере Дальнего Востока): дисс. докт. геол.-минералог. наук. Благовещенск, 2005.
3. Александрова Т.Н., Литвинова Н.М., Богомяков Р.В. К вопросу извлечения мелкодисперсного золота из песков россыпных месторождений /Т.Н. Александрова, Н.М. Литвинова, Р.В. Богомяков // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2011. -№2. -С.319-323.

¹ Александрова Татьяна Николаевна – доктор технических наук, профессор (СПГТИ), e-mail: IGD@rambler.ru;

² Коновалов Александр Борисович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры "Машины и оборудование бытового и жилищно-коммунального назначения" СПбГУСЭ, моб. +7(911) 813 35 58, e-mail: Sloubi@mail.ru;

³ Александров Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ИГД ДВО РАН, тел./факс: (4212) 32-79-27, e-mail: adm@igd.khv.ru.