

обеспечившим работоспособность данного подхода к решению реконструктивных задач явилось сближение методов дифференциальной геометрии с методами математической статистики. Появившаяся в результате этого возможность поэлементного формирования численного решения обратной задачи с применением локальных статистических оценок [1,3] снабдила классическую дифференциальную геометрию действенностью в такой традиционно чуждой для нее сфере, как решение обратных реконструктивных задач.

#### Список использованных источников

1. Baranov V.A., Ewert U. Methods of Statistical Spatial Filtering of Images on the Basis of Local Group of Transformations // Russian Journal of Nondestructive Testing– 2012– Vol 48– № 2–PP 123–128
2. Baranov V.A., Ewert U. Symmetrical Aspects of the Causality Principle in Statistical Group-Theoretical Image-Reconstruction Methods // Russian Journal of Nondestructive Testing–2012– V. 48–№ 3– PP 187-190
3. Baranov V.A., Ewert U., Redmer B., Kroening H.M. Quasi-Tomographic Visualization of Crack-Formation Zones using Radiographic Projections Methods // Russian Journal of Nondestructive Testing– 2012– V. 48– № 4– PP 259-263
4. Baranov V.A., Ewert U. The Statistical Group-Theoretical Method for Treatment of the Notion of Defect // Russian Journal of Nondestructive Testing– 2011–V. 47– № 10–PP. 707–709
5. Ewert U., Baranov V., Borchard K. Cross-sectional imaging of building elements by new non-linear tomosynthesis technique using imaging plates and <sup>60</sup>Co radiation” // “NDT & E International”, 1997 –V. 30–№ 4– PP. 243–248
6. Baranov V.A. A Variational Approach to Non-Linear Backprojection // “Computerized Tomography”, coll. of papers, Novosibirsk – Utrecht, Editor-in-Chief: M.M.Lavrent’ev– Utrecht: the Netherlands, 1995– PP. 82–97
7. Баранов В.А., Эверт У. Теоретико-групповой статистический подход к распознаванию и реконструкции “смысловых структур” в объектах контроля // Контроль, Диагностика– 2013– № 13– С. 127–133

## О ПЕРСПЕКТИВАХ ОБОГАЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ВОДНЫХ СУСПЕНЗИЙ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНЫМ МЕТОДОМ

*Бордунов С.В.<sup>1</sup>, Гальцева О.В*

Томский политехнический университет

<sup>1</sup>ООО Научно-внедренческое предприятие «ЭЧТЕХ», г. Томск

По данным научно-технической литературы 70 % золота в литосфере представлено частицами крупностью 100 мкм и менее. Тонкое и мелкое золото содержится и в техногенных россыпях – отвалах действующих и давно закрытых шахт и рудников. В работе [1] сообщается, что в России добывается крупное и очень крупное золото с крупностью более 100 мкм. В работе [2] приведены данные о месторождениях золота в Магаданской области, из которых лишь 5,1 % золота крупностью 50 мкм и менее извлекается гравитационными методами. В работе [3] показана необходимость дезинтеграции глинистых россыпей золота, и тонкое золото можно извлекать только после удаления глины из этих россыпей. В работе [4] приведен метод дезинтеграции глин, основанный на диспергировании глинистых комков вращающимися струями воды с давлением порядка 150 атм. В результате этого сырьё разделяется на иловую (глинистую) фракцию с тонким золотом и кристаллическую фракцию с примерно равным содержанием золота. Золото из фракций выщелачивали отдельно. Этот метод, как и традиционная

отмывка сырья от глин в скруббер-буторах не позволил удалить глину из сырья без потерь золота.

Поэтому наиболее важными проблемами в процессах обогащения сырья считаются: удаление глинистых компонентов из сырья и выделение тонкого золота (платины) с крупностью частиц менее 50 мкм в концентрат.

Согласно [5] глины сложены из первичных глинистых частиц, ультрамикрoагрегатов, агрегатов, зерен, включений микрофауны и флоры, микрокристаллов и рудных минералов. Отдельные частицы образуют ультрамикрoагрегаты и микроагрегаты. Ультрамикрoагрегаты представляют собой прочные образования с длиной от долей мкм до нескольких мкм, они не разрушаются при гранулометрическом анализе. Микроагрегаты (размер до нескольких десятков мкм) – ассоциации глинистых частиц и ультрамикрoагрегатов – не распадаются в воде самостоятельно при отсутствии механических диспергаторов.

Взаимодействие глинистых частиц с обломочными зёрнами (минералами и частицами золота) приводит к образованию на зёрнах плотной скорлупообразной «рубашки», поэтому эти зёрна всегда погружены в глинистую массу. Контакт между зёрнами происходит только через «рубашки». Прочность таких фазовых контактов составляет 10 - 6 Н, такие «рубашки» не теряют прочности при увлажнении, и частица золота в «рубашке» не только недоступна для водных выщелачивающих растворов, но и теряет своё наиважнейшее достоинство, используемое в гравитационном обогащении – высокий удельный вес.

Извлечение тонкого золота в концентраты осуществляется, главным образом, гравитационными методами, основанными на разнице в скорости осаждения частиц с разными размерами и плотностью. В ламинарном режиме скорости осаждения равновеликих частиц золота, пирита и кварца относятся, как 14:3:1, а в турбулентном режиме, который используется в большинстве современных аппаратов для получения гравитационных концентратов, как 5:2:1, и частица золота в глинистой рубашке осаждается не быстрее частиц пирита. В литературе есть сообщения об использовании эффектов вторичной кавитации ультразвука для диспергирования глин, но эффективность и этого метода мала, как и КПД использования энергии.

Наиболее эффективным инструментом для диспергирования глин с одновременным разрушением минеральных частиц по спайкам, границам раздела в частицах, и другим дефектам в минеральных частицах, является электрический разряд в водных суспензиях. Электрический разряд, энергия которого  $E=CU^2/2$ , генерирует ударные волны сжатия и растяжения (до 60% от энергии разряда), ионизирует воду с образованием таких химически активных продуктов, как  $O_2$ ,  $H_2$ ,  $OH^-$ ,  $H_2^+$ ,  $O_2^+$ ,  $O^-$ ,  $H^+$ , вторичную объёмную кавитацию на частицах суспензии, ультрафиолетовое и электромагнитное излучение.

Физико-химические факторы воздействия электрического разряда на твёрдую фазу водных суспензий известны достаточно давно. Большинство публикаций основано на использовании высоковольтных импульсных разрядов (ВИР) с напряжением более 110 кВ и с энергией 10-400 кДж, сравнимой с энергией взрыва промышленных взрывчатых веществ. Видимо поэтому и не были созданы промышленные электровзрывные установки, стенки которых должны быть достаточно толстыми и прочными.

Нами сделан упор на напряжение до 30 кВ и энергию в разряде до 120 Дж, что позволило создавать технологическое оборудование из листовой стали с толщиной стенок 3 - 4 мм. Так как глины по шкале крепости горных пород профессора Протождяконова относятся к наименее крепким породам, при обработке ВИР до 30 кВ они практически нацело диспергируются до ультрамикрoагрегатных размеров (3 - 6 мкм), при этом скорость осаждения таких частиц в ламинарном режиме меньше, чем у частиц золота размером 1 мкм.

Мы изучали возможность диспергирования глин при воздействии электрического разряда на кусках крупностью 10 мм. Образцы были взяты из ильменитовой россыпи Тисульского р-на Кемеровской обл. Эксперимент показал, что куски глины после 20 разрядов с энергией до 120 Дж диспергируются практически до коллоидного состояния. Скорость осветления столба такой глинистой суспензии и накопления осадка на дне цилиндра высотой 20 см не превышает 1 см/сутки. Равенство скоростей осветления и накопления осадка показывает, что отсутствуют вредные факторы для процесса извлечения тонкого золота из глинистого сырья: слипание и укрупнение частиц глины. Однако и более крепкие горные породы подвержены измельчению, в основном по дефектам в структуре зерен. На рис.1 приведены результаты эксперимента по электровзрывной обработке промытого песка из р. Обь разрядами с энергией 45 Дж. Изменение соотношения фракций в исходном песке и в песке после электровзрывной обработки (рис. 1) свидетельствует о равномерном дроблении частиц песка с отколом от них частиц с размером менее 0,045 мм, содержание которых в обработанном песке достигло 18 %.

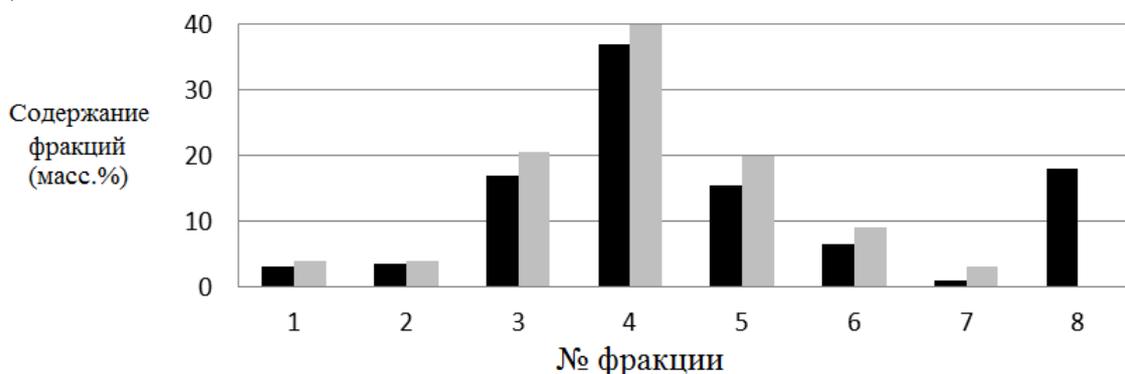


Рис. 1. Результат обработки песка из р. Обь 10 разрядами по 45 Дж, где – исходный песок, – песок после обработки ВИР.

Номеру фракции соответствует следующая крупность:

**1:** 5 – 2,5 мм, **2:** 2,5 – 2 мм, **3:** 2 – 1 мм, **4:** 1 – 0,315 мм, **5:** 0,315 – 0,2 мм,  
**6:** 0,2 – 0,1 мм, **7:** 0,1 – 0,045 мм, **8:** <0,045 мм

Рентгенофазовый анализ показал, что во фракциях **1 – 7** песка количество кристаллической фазы  $\text{SiO}_2$  увеличилось до 94,9 % после обработки ВИР (в исходном песке 90,2 %), а во фракции **8** – хвосты уменьшилось до 83%, но появилось 17 % фазы  $\text{Si}^*$ . Прочность бетона на сжатие с заполнителем из песка фракций **1 – 7** после ВИР обработки на 40 % выше прочности бетона с заполнителем из исходного песка [6].

Эффект измельчения крепкой горной породы  $\text{SiO}_2$  разрядами с энергией 45 Дж был проверен на хвостах трех золотоизвлекательных фабрик. После выщелачивания золота царской водкой в течение 24 часов в образце после ВИР обработки содержание золота в растворе выщелачивания увеличивается на 3 – 6 %. Это как раз то золото, которое экранировано внутри зерен сопутствующей породы или в глинистых «рубашках».

Высокая эффективность ВИР – обработки глинистого золотосодержащего сырья с содержанием глины до 90 %, которая практически полностью удаляется из процесса, а концентрат массой 8 – 2 % от массы сырья содержит более 95 % исходного золота, показана в работе [7].

На основании более чем пятнадцатилетних исследований нами разработаны 3 типа промышленных электровзрывных установок с производительностью по тонкой суспензии до 100 м<sup>3</sup>/ч и по твердому сырью до 10 т/ч. Разработанная нами технология характеризуется низким потреблением электрической энергии. В зависимости от типа обрабатываемого сырья энергопотребление установки по обогащению минерального

сырья с применением ВИР составляет 0,05 – 0,1 кВт•ч/м<sup>3</sup> суспензии (не более 1,5 кВт•ч/т твердого сырья).

Опытно-промышленные испытания показали, что толщина стенок электровзрывных реакторов по обработке суспензий с размером частиц твердой фазы менее 0,63 мм, производительностью 100 м<sup>3</sup>/ч, не более 4 мм, а габариты реакторов не превышают 400 x 800 x 1200 мм. Технология может использоваться в коммунальном хозяйстве в процессах очистки питьевых и сточных вод, в гидрометаллургии, обогащении руд ценных цветных и драгоценных металлов, в строительстве зданий и сооружений из бетона с высокой ударной прочностью и прочностью на сжатие.

#### **Список использованных источников**

1. Меламуд В.С. Перспективы использования умеренно термофильных сульфид-окисляющих бактерий в биогидрометаллургии золота // Сб. трудов I Международного симпозиума «Золото Сибири». — Красноярск–1999. — С.115—117
2. Мельников М.С., Ясырев А.П., Шклянка В.М. О тонком золоте в склоновых отложениях площадей рудных полей близповерхностных месторождений (Примагаданье и Закарпатье) // Условия формирования, методика изучения и поисков россыпных месторождений золота: Тр. ЦНИГРИ. — Москва– 1981 — Вып. 158 — С. 38—41
3. Генералов М.Е., Наумов В.А. Преобразование золота в техногенных россыпях и отвалах Урала // Уральский геологический журнал — Екатеринбург — 1998 — № 4—С. 19—56
4. Методи К. Златев и др. Технология извлечения золота из бедных глинистых окисленных руд комбинированным методом // Золото и технологии — 2014 — №1.—С. 28—32
5. Гальцева О.В., Бордунов С.В., Кулага И.П. Электровзрывное оборудование для диспергирования, химической активации и обогащения минерального сырья, монография — Томск: Изд-во ТПУ– 2013 — 184 с.
6. Бордунов С.В., Кулага И.Г. Использование высоковольтного импульсного разряда для повышения прочности бетона // Промышленное и гражданское строительство– 2012 — №4 — С. 58—61
7. Бордунов С.В., Бордунов В.В. Технология извлечения золота из глинистого рудного и техногенного сырья //Цветные металлы — 2008 — № 9 – С. 24–28

### **УСТРОЙСТВО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПЛОДА ПОСРЕДСТВОМ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ АКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

*Хохлова Л.А.<sup>1</sup>, Селезнев А.И.<sup>1</sup>, Зильберман Н.Н.<sup>2</sup>, Жданов Д.С.<sup>1,2</sup>*

Научный руководитель: Д.С. Жданов<sup>1,2</sup>, к.т.н., ведущий программист ООО Диагностика+  
<sup>1</sup>ООО «Диагностика +»

<sup>2</sup>Томский государственный университет

Контроль состояния плода в антенатальном периоде его развития производится различными методами: путем опроса, осмотра беременной, а также измерением окружности живота, определением высоты стояния дна матки, положения плода в матке, его двигательной активности, частоты его сердечных сокращений, ультразвуковых исследований разного рода. Однако традиционные клинические методы исследования не всегда позволяют судить о благополучии развития плода, возникновении некоторых потенциально опасных состояний, одним из которых является развитие гипоксических состояний плода. Несмотря на кажущуюся незначительность этого состояния, именно оно