



УДК 622.271.1:236.73

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МИКРОДЕЗИНТЕГРАЦИИ ПЕСКОВ КОМПЛЕКСНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

**Н.П. Хрунина**

кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории разработки россыпных месторождений, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия, e-mail: [npetx@mail.ru](mailto:npetx@mail.ru)

**Аннотация.** Рассмотрены результаты исследования песков высокоглинистого россыпного сложного комплексного месторождения Приморского края. Для решения вопроса микродезинтеграции, с целью извлечения мелкого и тонкого золота более экологически и технологически эффективными средствами, предложено использовать системы, в основе которых лежат процессы кавитационно-акустического воздействия на минеральную составляющую гидросмеси.

*Ключевые слова:* гидродинамическая микродезинтеграция, гидроимпульсные эффекты, кавитация.

## PROCESS IMPROVEMENT MIKRODISINTEGRATION SANDS INTEGRATED DEPOSITS OF PRECIOUS METALS

**Natalya Khrunina**

Ph.D., researcher at the laboratory of placer deposits Federal State budgetary institution of Science Mining Institute of Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia, e-mail: [npetx@mail.ru](mailto:npetx@mail.ru)

**Abstract.** Results of the study are considered sands highly clay complex placer deposits of Primorsky Krai. To address the issue micro disintegration, with the purpose of extraction of small and fine gold more environmentally and technologically effective means, invited to use the system, based on processes of cavitation acoustic impact on the mineral content of hydraulic fluid.

*Keywords:* hydrodynamic microdisintegration, gidroimpulse effects, cavitation.

**Введение.** В последние годы на территории Приморского края выявлено несколько десятков золотых, золотосеребряных и серебряных месторождений и проявлений. Известно более 80 россыпей золота [1]. Трансформация продуктивной породной массы методом объемного разрушения в массиве - достаточно трудоемкая операция, недостатки которой связаны с низкой скоростью протекания процессов диффузии в глинистых песках и слабым эффектом разрушения при механическом и гидродинамическом воздействии [2].



Анализ используемых в производственных условиях технологических операций - оттаивания, выемки, рыхления, разрушения и дезинтеграции песков в безнапорных и напорных потоках воды - и исследование функциональных особенностей всего спектра оборудования на практике [2-6] позволяют констатировать тот факт, что в используемых технологических процессах добычи полезных ископаемых глинистые пески не подвергаются эффективной дезинтеграции в размерном диапазоне до 0,5 мм и менее.

**Цель работы.** Изучение состава песков и физико-механических, в том числе акустических, и структурно-механических свойств вмещающих пород для обоснования рекомендаций по дезинтеграции песков комплексного месторождения Приморского края.

**Результаты исследований.** Для оценки и прогнозирования процессов микродезинтеграции высокоглинистых песков с преимущественно мелким и тонким золотом с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JCM-6000 PLUS NEOSCOPE осуществлен энергодисперсионный микроанализ образцов пород, отобранных на участках месторождения Приморского края. В пробах установлены микроэлементы золота Au, серебра Ag, платины Pt, редкоземельных и других элементов: Ce, La, Os, Eu, Gd, Nd, Sm, Tb, In, Dy, Th, Fe, Ca, K, P, Si, Al, Mg, Hg, O, C. Фазовый анализ проб исследуемого месторождения изучался с помощью дифрактометра ДРОН-7, напряжение трубки - 40кВ, ток накала – 20  $\mu$ А, шаг сканирования по углу 2Theta – 0.05 град. В пробах установлены минералы: кварц, нонтронит, герасимовскит, кияншанит, альбит, мусковит, якобит, тажеранит, алмадин. Нонтронит (nontronite) - минерал из группы монтмориллонита - вермикулита. Монтмориллониты относятся к трудноразрушаемым глинистым минералам.

Гранулометрический анализ песков выполнен ситовым способом. Масса фракций + 2; - 2 + 1; -1 + 0,5; - 0,5 мм определялась на лабораторных электронных весах OHAUS Scout Pro SPU202 с систематической погрешностью  $\pm 0,001$  г. Исходный вес одной из выборки образцов составлял 306; 309 и 308 г. Содержание фракций менее 0,5 мм составило от 79 до 84 % от общей массы образцов, рис. 1.

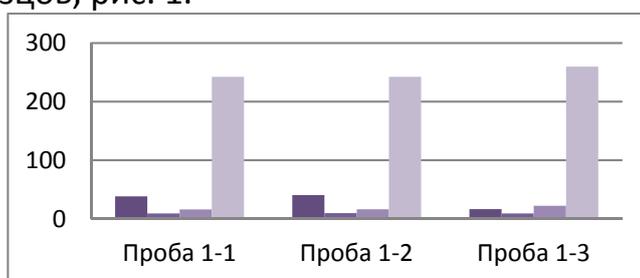


Рис. 1. – Гистограмма распределения массы материала в граммах по фракциям слева на право: +2; -2 +1; -1 +0,5; -0,5 мм



Полученные результаты исследований гранулометрического состава песков показали во всех пробах повышенное содержание фракций размером менее 0,5 мм. Для данного участка со средней естественной влажностью 4,4 % требуется значительное увеличение интенсивности упругих колебаний для водонасыщения и последующей микродезинтеграции песков при экологически безопасных гравитационных способах переработки.

Минимальное значение модуля сдвига исследуемых песков составляет величину 0,515ГПа, а максимальное - превышает его более чем в три раза и составляет – 1,783ГПа. Из всей выборки образцов доля максимальных значений модуля сдвига превышает минимальные и составляет 60 %. В таком же соотношении изменяется величина волнового сопротивления песков. Учитывая акустические характеристики песков, становится очевидным, что полное разрушение жестких структурных связей известными методами будет происходить с низкой эффективностью.

К интенсифицирующим гидродинамические процессы факторам можно отнести высокие сдвиговые напряжения в потоке гидросмеси, интенсивную кавитацию, развитую турбулентность, гидравлические удары и другие. Для решения вопроса микродезинтеграции, с целью извлечения мелкого и тонкого золота более экологически и технологически эффективными средствами, автором разработаны и предлагаются системы, моделирующие процессы многоступенчатой струйно-акустической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси [6-8]. Схема дезинтеграции глинистых песков с высоким содержанием мелкого и тонкого золота с кавитационными реакторами, обеспечивающими резонансные акустические явления в гидропотоке, представлена на рис. 2.

Кавитационные реакторы [9-10] позволяют осуществить глубокую дезинтеграцию песчано-глинистых частиц до микроуровня посредством преобразования кинетической энергии потока минеральной гидросмеси в энергию акустических колебаний в гидродинамическом генераторе, на входе которого создают высокоскоростную струю, формирующую посредством отражательной поверхности скачок уплотнения и тороидальную кавитационную зону с усилением осцилляций скачка и возникновением полей первичной гидродинамической и вторичной акустической кавитации в гидросмеси.

Системы кавитационных реакторов обеспечивают тонкоструйное разделение с усилением кавитационно-акустического воздействия на минеральную составляющую гидросмеси. Исследуемый процесс вихревого и импульсного гидродинамического воздействия на твердую составляющую

включает упругопластическую деформацию и разрушение с образованием новых поверхностей мелких частиц.

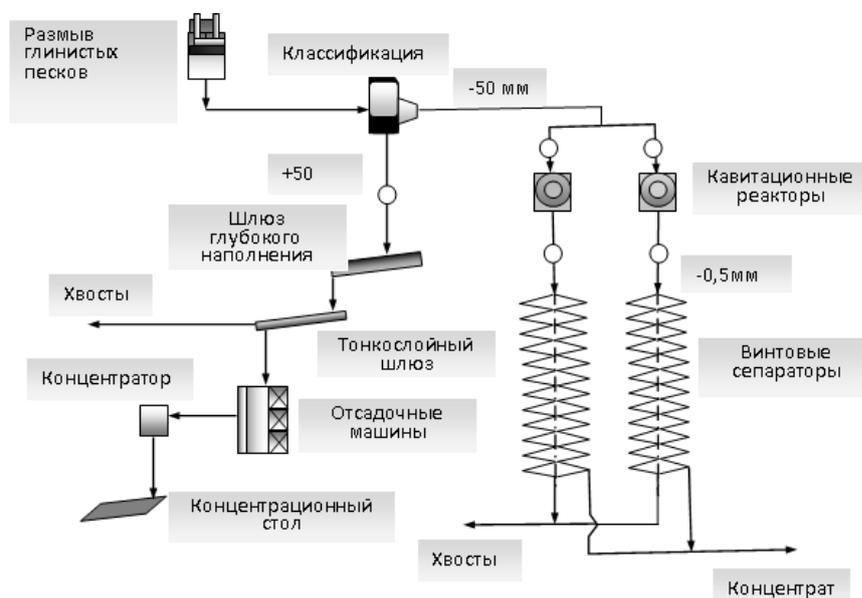


Рис. 2. – Схема дезинтеграции глинистых песков с высоким содержанием мелкого и тонкого золота

Струйно-акустическая дезинтеграция минеральной составляющей гидросмеси включает расчет гидродинамических эффектов ряда зон, давление гидросмеси в которых изменяется в процессе перемещения в рабочей среде установки. Выделяются зоны давления струи минеральной гидросмеси, зоны сужения-конфузоры и расширения. Обеспечение протекания процесса при расчетном давлении через стационарные конфузорно-диффузорные системы и кавитационные элементы, не требующие смещения или вращения с помощью приводов, обеспечивает низкое энергопотребление, необходимое только на подачу гидросмеси в установку.

**Вывод.** В результате экспериментальных исследований элементного состава, фазового анализа высокоглинистых песков россыпного сложного комплексного месторождения установлено наличие глинистых минералов монтмориллонитовой группы. Это позволяет отнести исследуемый объект к достаточно сложному для дезинтеграции и извлечения мелких и тонких частиц ценных компонентов при переработке песков. Учитывая также акустические характеристики песков, становится очевидным, что полное разрушение жестких структурных связей известными методами будет происходить с низкой эффективностью.

Для решения вопроса микродезинтеграции, с целью извлечения мелкого и тонкого золота более технологически эффективными средствами, могут быть использованы системы, в основе которых лежат процессы



кавитационно-акустического воздействия на минеральную составляющую гидросмеси с низкой степенью энергозатратности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Архипов Г.И. Минеральные ресурсы Приморского края: состояние и перспективы // ГИАБ. 2010. ОВ №4. С. 464-475.

2. Хрунина Н.П., Чебан А.Ю. Совершенствование процессов микродезинтеграции песков комплексного месторождения благородных металлов с высокими прочностными характеристиками // Изв. вузов. Цвет. металлургия. 2017. № 3. С. 4-10. DOI: dx.doi.org/10.17073/0021-3438-2017-3-4-10.

3. Хрунина Н. П., Мамаев Ю.А., Пуляевский А.М., Стратечук О.В. Новые аспекты научных основ ультразвуковой дезинтеграции высокоглинистых золотосодержащих песков россыпей Приамурья / под ред. А. М. Пуляевского. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2011. 167 с. ISBN 978-5-7389-1030-2.

4. Кисляков В.Е., Никитин А.В. [Подготовка глинистых песков россыпных месторождений к дезинтеграции управляемым водонасыщением](#) // Горный журнал. 2010. № 2. С. 28-30.

5. Лушпей В.П., Петраков А.Е. [Пути решения проблем извлечения тонкодисперсного золота](#) // [Горный информационно-аналитический бюллетень \(научно-технический журнал\)](#). 2013. № S4-10. С. 87-91.

6. Хрунина Н.П., Чебан А.Ю. Концептуальный подход к теоретическому обоснованию гидродинамической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси на примере предлагаемой установки // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. Украина, Днепрпетровск. 2015. № 1 (2). С. 49-56.

7. Пат. 2325531 РФ, МПК E21C41/30, B03B5/02. Геотехнологический комплекс для разработки золотосодержащих россыпей / Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А., Литвинцев В.С., Секисов Г.В.; заявитель и патентообладатель ИГД ДВО РАН. - № 2006146387/03; заявл. 25.12.2006; опубл. 27.05.2008. – Бюл. № 15.

8. Пат. 2634148 РФ, МПК B03B 5/00. Способ кавитационно-гидродинамической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси / Хрунина Н.П.; заявитель и патентообладатель ИГД ДВО РАН. - № 2016139082; заявл. 04.10.2016; опубл. 24.10.2017. – Бюл. № 30.

9. Пат. 2506128 РФ, МПК B03B5/00. Способ дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси в условиях резонансных акустических явлений в гидротоке и геотехнологический комплекс для его осуществления / Н.П. Хрунина; заявитель и патентообладатель ИГД ДВО РАН. № 2012140887/03; заявл. 24.09.2012; опубл. 10.02.2014.

10. Пат. 2506127 РФ, МПК B03B5/00. Способ струйно-акустической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси и гидродинамический генератор акустических колебаний / Н.П. Хрунина; заявитель и патентообладатель ИГД ДВО РАН. № 2012140610/03; заявл. 21.09.2012; опубл. 10.02.2014.