

10. Патент 2204441 РФ. [Перерабатывающий геотехнологический комплекс](#) / Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А. // опубл. 20.05.2003, Бюл. № 14.

11. Патент 2187373 РФ. [Многоуровневая установка для извлечения ценных минералов](#) /Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А., Стратечук О.В., Хрунин Т.О. // опубл. 20.08.2002, Бюл. № 23.

12. Патент 2209974 РФ. [Геотехнологический комплекс с многоступенчатой дезинтеграцией](#)/ Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А. // опубл. 10.08.2003, Бюл. № 22.

13. Патент 2506128 РФ. Способ дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси в условиях резонансных акустических явлений в гидротоке и геотехнологический комплекс для его осуществления/ Хрунина Н.П. // опубл. 10.02.2014, Бюл. № 4.

14. Пат. 2506127 РФ. Способ струйно-акустической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси и гидродинамический генератор акустических колебаний / Хрунина Н.П. // опубл. 10.02.2014, Бюл. № 4.

УДК 622.271.1:236.73

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МИКРОДЕЗИНТЕГРАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Н.П. Хрунина<sup>1</sup>, А.Ю. Чебан<sup>2</sup>

<sup>1</sup>кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем освоения 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)

<sup>2</sup>кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории освоения рудных и нерудных месторождений открытым способом, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия, e-mail: [chebanay@mail.ru](mailto:chebanay@mail.ru)

**Аннотация.** Рассмотрены структурно-механические, акустические свойства вмещающих пород для обоснования рекомендаций по дезинтеграции песков россыпного месторождения золота и редких металлов. Отмечается, что углубление теоретических и экспериментальных исследований в области влияния физико-механических процессов, инициирующих кавитационные эффекты, позволит решить важную проблему дезинтеграции золотосодержащих песков.

**Ключевые слова:** дезинтеграция, акустические свойства, волновое сопротивление, модуль сдвига, кавитация.

## PROCESS IMPROVEMENT MICRODISINTEGRATION WHEN DEVELOPING PLACER DEPOSITS OF PRIMORSKY KRAI

N.P. Khrunina<sup>1</sup>, A.Yu. Cheban<sup>2</sup>

<sup>1</sup>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)



<sup>2</sup>Ph.D., researcher at the laboratory of ore and non-ore deposits in the open way Federal State budgetary institution of Science Mining Institute of Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia, e-mail: [chebanay@mail.ru](mailto:chebanay@mail.ru)

**Annotation.** Considered structurally-mechanical, acoustic properties enclosing rocks to justify recommendations on the disintegration of sand placer deposits of gold and rare metals. It is noted that the deepening of theoretical and experimental researches in the area of influence of physical and mechanical processes, initiate cavitation effects, will solve the important problem of the disintegration of the gold-bearing sands.

**Keywords:** *disintegration, acoustic properties, wave impedance, shear modulus, cavitation.*

**Введение.** На территории Приморского края выявлено несколько десятков золотых, золотосеребряных и серебряных месторождений и проявлений. Известно более 80 россыпей золота [1]. В большинстве своем пески россыпей представляют собой гетерогенные системы со сложной структурой, важной особенностью которой является присутствие мелкодисперсных глинистых частиц в трех состояниях: твердом, сцементированном между собой и породными минералами; влажном, с включением не разрушенных элементов и вязкой глинистой массы в суспензии. 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].

Исследование функциональных особенностей оборудования, используемого в производственных условиях технологических операций [2-5], позволяет констатировать, что в технологических процессах глинистые пески не подвергаются достаточной дезинтеграции.

Физико-механические изменения перерабатываемых глинистых песков золотоносных россыпей тесно связаны с процессами суффозии, фильтрационно-дренажного водопоглощения, структурной перестройки в водной среде. Развитие данных методов может идти по пути изучения вопросов, связанных с изменением физико-механических характеристик песков при водонасыщении.

**Цель работы.** Исследование структурно-механических, акустических свойств вмещающих пород для обоснования рекомендаций по дезинтеграции песков одного из высокоглинистых россыпных месторождений Приморского края.

**Результаты исследований.** Гранулометрический анализ песков месторождения 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. Средний вес выборки образцов составлял 308 г. Полученные результаты исследований гранулометрического состава песков показали во всех пробах повышенное содержание фракций размером менее 0,5 мм. Содержание фракций менее 0,5 мм составило от 79 до 84 % от общей массы образцов. Дисперсность фракции менее 0,5 мм определялась с помощью спектра Фурье в среде минеральной гидросмеси посредством лазерного дифракционного микроанализатора - Laser Particle Sizer "Analysette 22", работающего на основе сходящегося лазерного луча, использующего физический принцип рассеяния электромагнитных волн для определения распределения частиц по размерам. Всего выполнено три измерения из трех выборок. Гистограмма распределения дисперсности частиц одной из выборок с повышенным минимальным размером частиц представлена на рисунке 1. Максимальный размер частиц из трех выборок составил 28,348 мкм, при этом 60 % - это частицы размером менее 6,468 мкм и 30 % - частицы размером менее 2,36 мкм.

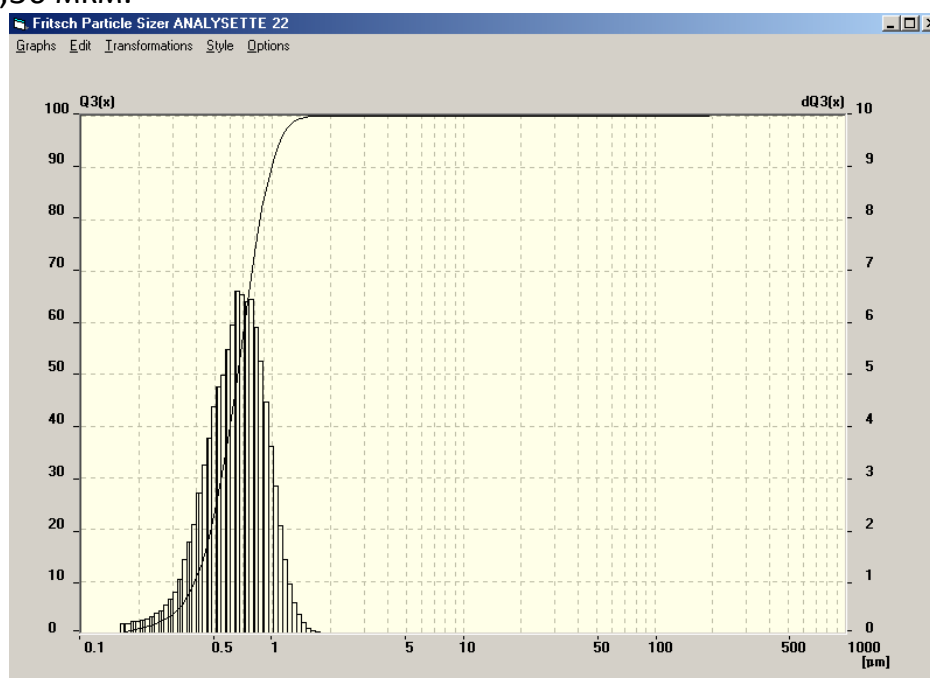


Рис. 1. – Гистограмма распределения дисперсности частиц по размерам, содержание частиц диаметром: менее 1,301 мкм – 99%; менее 0,715 мкм - 60 %; менее 0,535 мкм – 30 %

Спектрометрический анализ, выполненный на рентгенофлуоресцентном спектрометре Mobilab X-50, показал преобладание по массе соединений железа, калия, кальция, титана, бария, циркония, хрома, стронция, меди, цинка, рубидия, вольфрама и других элементов.

Фазовый анализ проб исследуемого месторождения изучался с помощью дифрактометра ДРОН-7. Особое значение приобретает наличие в пробах минерала нонтронита из группы монтмориллонита - вермикулита, которые относятся к трудноразрушаемым глинистым минералам.

Известные теоретические обоснования *дезинтеграции высокоглинистых песков* дают только приблизительные представления о возникающих процессах кавитации, струйных и вихревых течениях в многокомпонентных средах при гидродинамических воздействиях, инициируемых различными источниками влияния.

Для теоретического обоснования дезинтеграции минеральной составляющей гидросмесей, в условиях кавитационного процесса, определено волновое акустическое сопротивление  $\zeta = \rho \cdot V_p$  (где  $\rho$  - равновесная эквивалентная плотность песков с естественной влажностью, определенная экспериментальным путем, а  $V_p$  – установленная экспериментальным путем скорость прохождения ультразвукового импульса в продольной волне в образцах с естественной влажностью) и модуль сдвига  $\mu$  исследуемых песков с естественной влажностью. Из всей выборки образцов доля максимальных значений модуля сдвига превышает минимальные. В таком же соотношении изменяется величина волнового сопротивления песков. Учитывая акустические характеристики песков, следует отметить, что полное разрушение жестких структурных связей известными методами будет затруднено.

Для исследуемого участка требуется значительное увеличение интенсивности упругих колебаний при водонасыщении и последующей микродезинтеграции песков. Учитывая данные обстоятельства, для решения проблемы микродезинтеграции и последующего извлечения мелкого и тонкого золота в ИГД ДВО РАН разработаны системы, моделирующие процессы [6-12] многоступенчатой струйно-акустической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси.

**Вывод.** Для оценки и прогнозирования процессов микродезинтеграции высокоглинистых песков с преимущественно мелким и тонким золотом в условиях резонансных акустических явлений в гидротоке первостепенное значение приобретает исследование структурно-механических, физико-механических, в том числе акустических свойств песков природных и техногенных объектов месторождений благородных металлов.

Продолжение и углубление теоретических и экспериментальных исследований в области влияния гидродинамических процессов, инициирующих кавитационные эффекты, позволит решить важную проблему эффективной дезинтеграции высокоглинистых песков, содержащих благородные и редкие металлы. Ограничение использования химических реагентов при

этом повысит экологическую безопасность региона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Архипов Г.И. Минеральные ресурсы Приморского края: состояние и перспективы. ГИАБ, 2010. ОВ №4. С. 464-475.
2. Новые аспекты научных основ ультразвуковой дезинтеграции высокоглинистых золотосодержащих песков россыпей Приамурья/Н. П. Хрунина, Ю.А. Мамаев, А.М. Пуляевский, О.В. Стратечук; под ред. А. М. Пуляевского. Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2011. 167 с. ISBN 978-5-7389-1030-2.
3. Кисляков В.Е., Никитин А.В. [Подготовка глинистых песков россыпных месторождений к дезинтеграции управляемым водонасыщением](#)/ Горный журнал. 2010. № 2. С. 28-30.
4. Хрунина Н.П., Чебан А.Ю. Оценка влияния водонасыщения на дезинтеграцию высокоглинистых песков при разработке россыпей благородных металлов//Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. №4. С. 50–55.
5. 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.
6. Мамаев Ю.А., Хрунина Н.П. [Определение оптимальных параметров ультразвукового излучения при воздействии на краевые зоны золотосодержащих песков россыпей](#) /Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2008. № 6. С. 71-74.
7. Патент 2264869 РФ. Способ направленного изменения свойств горной породы посредством СВЧ-термомеханического, ультразвукового и гравитационно-аэродинамического воздействий/ Хрунина Н.П., Стратечук О.В. и др.//опубл. 7.11.2005, Бюл. № 33.
8. Патент 2209678 РФ. Геотехнологический комплекс с многоступенчатой дезинтеграцией / Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А., Стратечук О.В., Молоднякова Е.К. //опубл. 10.08.2003, Бюл. № 22.
9. Патент 2276727 РФ. Способ управления процессом трансформации золотосодержащей породы / Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А. //опубл. 20.05.2006, Бюл. №14.
10. Патент 2206403 РФ. [Геотехнологический комплекс с многоступенчатой дезинтеграцией](#) / Хрунина Н.П. // опубл. 20.06.2003, Бюл. № 17.
11. Патент 2204441 РФ. [Перерабатывающий геотехнологический комплекс](#) / Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А. // опубл. 20.05.2003, Бюл. № 14.
12. Патент 2187373 РФ. [Многоуровневая установка для извлечения ценных минералов](#) /Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А., Стратечук О.В., Хрунин Т.О. // опубл. 20.08.2002, Бюл. № 23.
13. Патент 2209974 РФ. [Геотехнологический комплекс с многоступенчатой дезинтеграцией](#)/ Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А. // опубл. 10.08.2003, Бюл. № 22.
14. Патент 2506128 РФ. Способ дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси в условиях резонансных акустических явлений в гидротоке и геотехнологический комплекс для его осуществления/ Хрунина Н.П. // опубл. 10.02.2014, Бюл. № 4.