

10. Пат. 2634148 РФ, МПК В03В 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.

11. Пат. 2506128 РФ, МПК В03В5/00. 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. – Бюл. № 4.

12. Пат. 2506127 РФ, МПК В03В5/00. 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. – Бюл. № 4.

УДК 622.271.1:236.73

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ВОПРОСАМ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ МЕЛКОГО И ТОНКОГО ЗОЛОТА

**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.** Отмечено недостаточное развитие технических средств по переработке высокоглинистых песков золотоносных россыпей с преобладанием мелкого золота. Представлен анализ новых систем, в основе которых лежат гидродинамические и кавитационные процессы. Предложены разработки, обеспечивающие повышение технологической, экономической и экологической эффективности.

*Ключевые слова:* высокоглинистые пески, золото, микродезинтеграция, кавитация.

## NEW APPROACHES TO THE DISINTEGRATION OF MINERALS WITH HIGH CONTENT OF SMALL AND FINE GOLD

**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.** Noted insufficient development of technical means for processing highly clay sands goldfields, with a predominance of small gold. An analysis of new systems, based on

hydrodynamic and cavitation processes. Proposed development, providing increase of technological, economic and environmental efficiency.

*Ключевые слова: highly clay sands, gold, micro disintegration, cavitation.*

**Введение.** Анализ технологических возможностей золотодобывающих предприятий показал, что применяемые технические средства не обеспечат эффективную дезинтеграцию высокоглинистых песков для последующего извлечения частиц золота мелких и тонких классов. Известно, что колебания в природе и технике весьма разнообразны. Вызванные в среде тем или иным источником, они обуславливают возникновение волн. Упругие механические колебания, колебания атомов и молекул, вызванные тепловыми флуктуациями, электромагнитные и другие виды колебаний широко используются в современной технике. Умение управлять колебаниями и волновыми процессами позволяет решать ряд важных научных и технических задач [1-6]. К интенсифицирующим гидродинамические процессы факторам можно отнести высокие сдвиговые напряжения в потоке гидросмеси, интенсивную кавитацию, развитую турбулентность, гидравлические удары и др.

В способе первичного обогащения россыпного золота мелких классов, включающего дезинтеграцию и промывку исходного материала в скруббер-бутаре, классификацию на виброгрохотах по классу - 2 мм, обработку материала в дезинтеграторе роторного типа и обогащение на винтовых шлюзах [7], основу процесса глубокой дезинтеграции составляет использование аппарата роторного типа, который эффективно работает в узком размерном диапазоне компонентов твердого в пульпе за счет очень малых зазоров между ротором и статором, а также щелей, обеспечивающих пульсации в гидротоке. Но дезинтегратор имеет недостаточный уровень надежности, требуемую долговечность эксплуатации и энергозатратен.

В способе кавитационной обработки потока жидкости с использованием реактора [8] поток жидкости пропускают сквозь резонансную ячейку реактора, где в жидкости устанавливают стоячую акустическую волну с заданным средним значением объемной плотности мощности, вызывающую возникновение в ней кавитации в виде одной или нескольких стационарных кавитационных областей. Плотность потенциальной энергии, выделяющейся за период акустической волны, в любой точке периметра любого сечения потока внутри реактора устанавливают не превышающей ее максимального значения на стенках резонансной ячейки. Реактор содержит резонансную ячейку и корпус, диафрагму с отверстием, размещенную в плоскости, параллельной колебательным смещениям стенок резонансной ячейки. Известен также другой способ кавитационно-акустического

разупрочнения и дезинтеграции глинистых песков золотоносных россыпей [9], основанный на использовании энергозатратных ультразвуковых систем, потребляющих электрическую энергию и имеющих ограничение по максимальной развиваемой мощности и производительности при изменении влияния обрабатываемых сред даже при наличии системы автоматической подстройки рабочей частоты. Недостатком данных технологий является использование энергозатратных ультразвуковых систем, потребляющих электрическую энергию и имеющих ограничение по максимальной развиваемой мощности и производительности.

**Цель работы.** Создать концептуальную модель развития технологий и технических средств для обеспечения глубокой дезинтеграции частиц минеральной составляющей гидросмеси глинистых песков россыпей путем использования первичной гидродинамической и вторичной акустической кавитации в гидротоке посредством стационарных элементов гидродинамического излучателя и дополнительных кавитационных элементов.

**Методы и результаты исследований.** На основе феноменологического подхода к процессу создания технологии для достижения поставленной цели, решалась задача создания средств, способных инициировать кавитационные эффекты для дезинтеграции микрочастиц. Условием также являлось обеспечение высокой производительности переработки горной массы и экологической безопасности.

В основе процесса, обеспечивающего необходимые параметры кавитации, должна лежать зависимость интенсивности воздействия кавитирующих процессов, разрушающих минеральную составляющую гидросмеси, и скорости водного потока. Установлено, что эта зависимость [10]

$$I=(V-V_{кр})^n,$$

где  $V$  - начальная скорость потока при входе в конфузор;  $V_{кр}$  - критическая скорость, соответствующая моменту начала кавитационных разрушений;  $n$  – показатель степени, равный (по экспериментальным данным) от 5 до 6.

В разработанном в ИГД ДВО РАН способе дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси в условиях резонансных акустических явлений в гидротоке [11] осуществляется предварительный размыв и классификация песков, а также - отделение пустой породы, напорное гидротранспортирование между операциями, скоростная подача струи в кавитационный реактор, обработка материала в условиях активных гидродинамических воздействий, разделение в тонкослойных потоках на винтовых шлюзах, классификация песков, которую производят по классу – 60 мм. Глубокую дезинтеграцию минеральной составляющей гидросмеси до микроуровня (1-2 мкм) осуществляют посредством преобразования кине-

тической энергии потока жидкости в энергию акустических колебаний в кавитационном реакторе. Схема добычного гидромеханизированного комплекса изображена на рисунке 1.

Работа кавитационного реактора [11] осуществляется следующим образом. На входе реактора, который изображен на рисунке 2, создают высокоскоростную струю, формирующую посредством отражательной сферической поверхности гидродинамического излучателя тороидальную кавитационную зону с возникновением полей первичной гидродинамической и вторичной акустической кавитации.

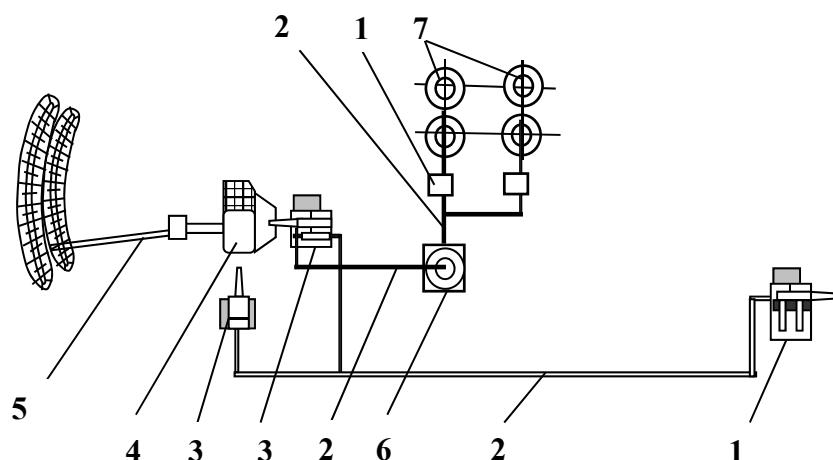


Рисунок 1 - Добычной гидромеханизированный комплекс [11]:  
 1 - насосные установки; 2 - системы напорного гидротранспортирования;  
 3 – гидромонитор; 4 – гидровашгерд; 5 – отвалообразователь;  
 6 - кавитационный реактор; 7 - винтовые шлюзы

С помощью стенок кавитационного реактора, образующих зоны расширения - диффузор и сужения - конфузор, пластинчатых кавитационных элементов, распределенных по контуру цилиндрической части верхнего корпуса в два ряда, щелевых отверстий гидродинамического излучателя, отражательной стенки и соединительного элемента нижнего корпуса с гидродинамическим излучателем осуществляются последующие мощные гидродинамические возмущения в виде импульсов сжатия и разряжения, которые производят вторичные акустические микропотоки с заданным средним значением объемной плотности мощности для обеспечения градиента давления с превышением предела прочности микрочастиц.

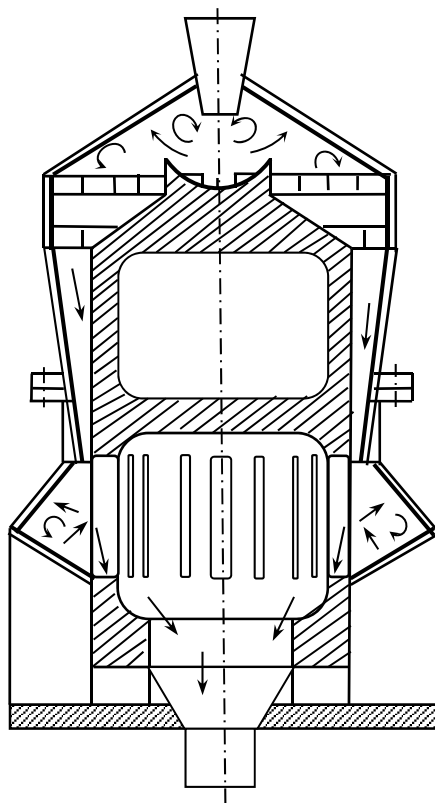


Рисунок 2 - Кавитационный реактор [11]

Для решения вопроса микродезинтеграции, с целью извлечения мелкого и тонкого золота более экологически и технологически эффективными средствами, авторами разработаны и предлагаются системы, моделирующие процессы многоступенчатой струйно-акустической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси [12 –13].

Воздействие на пески и гидросмеси волновых и колебательных процессов способно существенно снизить эксплуатационные и технологические потери золота, повысить рентабельность, технологическую эффективность производства и экологическую безопасность.

**Вывод.** Для решения вопроса микродезинтеграции высокоглинистых песков с целью извлечения золота, редких металлов и других ценных минералов более экологически и технологически эффективными средствами может стать технология, включающая менее энергозатратное гидродинамическое воздействие, инициируемое акустическими эффектами, а также технологии, основанные на многоступенчатом гидродинамическом воздействии. Развиваемое направление совершенствования процессов на основе гидроакустического и многоступенчатого гидродинамического эффектов обладает значительными технологическими, экономическими и экологическими преимуществами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. [N. P. Khrunina, A. Yu. Cheban](#), Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova. - 20154, 50-55. ().
3. Мамаев Ю. А., Хрунина Н. П. Перспективы освоения глинистых россыпей Приамурья // [Горный информационно-аналитический бюллетень \(научно-технический журнал\)](#). – 2009. – № 5. – С. 47– 57.
4. [Хрунина Н. П., Чебан А. Ю.](#) Обоснование гидродинамической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси высокоглинистых песков россыпей благородных металлов // [Георесурсы](#). - 2018. - Т. 20. - № 1. С. 51-56.
5. Кисляков В.Е., Никитин А.В. [Подготовка глинистых песков россыпных месторождений к дезинтеграции управляемым водонасыщением](#) // Горный журнал. - 2010. - № 2. - С. 28-30.
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. Патент № 2024318 РФ, МПК В03В7/00. Способ первичного обогащения россыпного золота мелких классов / Усков Н.Н., Остащенко Б.А. – опубл. 15.12.1994.
8. Патент № 2246347 РФ, МПК В01J19/10. Способ кавитационной обработки потока жидкости и реактор для его осуществления / Шестаков С.Д. – опубл. 20.02.2005. Бюл. № 5.
9. Патент № 2426595 РФ, МПК В03В 5/00, Е21С 41/30. Способ кавитационно-акустического разупрочнения и дезинтеграции глинистых песков золотоносных россыпей / Хрунина Н.П., Рассказов И.Ю. – опубл. 20.08.2011. Бюл. №2.
10. Кулагин В.А. Суперкавитация в энергетике и гидротехнике: Монография. Красноярск: КГТУ, 2000. - 157 с.
11. Пат. 2506128 РФ, МПК В03В5/00. Способ дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси в условиях резонансных акустических явлений в гидротоке и геотехнологический комплекс для его осуществления / Н.П. Хрунина. - опубл. 10.02.2014. – Бюл. № 4.
12. Пат. 2634148 РФ, МПК В03В 5/00. Способ кавитационно-гидродинамической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси / Хрунина Н.П. - опубл. 24.10.2017. – Бюл. № 30.
13. Пат. 2506127 РФ, МПК В03В5/00. Способ струйно-акустической дезинтеграции минеральной составляющей гидросмеси и гидродинамический генератор акустических колебаний / Н.П. Хрунина. - опубл. 10.02.2014. – Бюл. № 4.