

Выводы. Представленное сравнение результатов расчета сроков нахождения пучков на плаву по формуле (16,а) с результатами исследования [1] показывает, что данная формула может быть оценочной для определения плавучести.

На основании геометрических представлений определена начальная высота надводной части хлыста.

Выявлена зависимость времени нахождения пучков на плаву в зависимости от высоты надводной части и количества хлыстов.

Литература

1. Пятакин В.И. Проблема повышения плавучести круглых лесоматериалов. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 264 с.
2. Иванов В.А. Экспериментальные исследования усилий извлечения деревьев, затопленных на корню в ложе водохранилища // Вестн. КрасГАУ, 2007. № 1 (16). С. 210-215.

3. Иванов В.А. Обоснование технологии и оборудования для освоения древесины прибрежной зоны и ложа водохранилищ: дис. ... д-ра техн. наук. С.-Петербург, 2008. 278 с.

4. Иванов В.А. Обоснование технологии заготовки и направлений использования древесины, затопленной в ложе водохранилищ: дис. ... канд. техн. наук. Братск, 2001. 165 с.

References

1. Pityakin V.I. The problem of increasing the round timber buoyancy. M.: Lesn. prom-st', 1976. 264 s.
2. Ivanov V.A. The experimental research into the efforts of extracting trees growing on the reservoir bed // Vestn. KrasGAU. 2007. № 1 (16). S. 210-215.
3. Ivanov V.A. The substantiation of the technology and equipment to develop timber of the coastal zone and reservoir beds: dis. ... dokt. tekhn. nauk. St. Petersburg. 2008. 278 s.
4. Ivanov V.A. The substantiation of logging technology and trends to use the wood submerged in the reservoir beds: dis. ... kand. tekhn. nauk. Bratsk. 2001. 165 s.

УДК 622.271.1:236.73

Совершенствование процессов разработки высокоглинистых песков золотоносных россыпей

Н.П. Хрунина^а, А.Ю. Чебан^б

Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, ул. Тургенева 51, Хабаровск, Россия

^аnpetx@mail.ru, ^бchebanay@mail.ru

Статья поступила 4.05.013, принята 8.08.2013

Рассмотрены результаты исследования высокоглинистых песков одного из россыпных месторождений Приамурья. Установлено, что пески исследуемой золотоносной россыпи являются достаточно сложными для дезинтеграции из-за повышенной глинистости и высокого содержания оксидов железа, в некоторых пробах – монтмориллонита, что предопределяет наличие водостойких связей и возможность такого явления, как набухаемость, приводящих к затруднению процесса разрушения. Дан анализ развития исследований в области дезинтеграции высокоглинистых песков. Приводится краткая информация о полученных результатах исследования по ультразвуковой дезинтеграции высокоглинистых песков. Указано, что применение ультразвука в промышленных условиях ограничивается технологическими возможностями ультразвуковых установок. Анализируются новые способы деструкции минерального продукта посредством вихревого потока гидросмеси с максимальной энергией акустического резонансного возбуждения в заданном частотном диапазоне при использовании гидродинамических вихревых воздействий, а также с помощью ударно-волнового воздействия на высокоглинистые исходные пески и их гидросмеси. Предлагается новый способ глубокой дезинтеграции высокоглинистых песков посредством разработанного геотехнологического комплекса на основе, в том числе, аэрогидродинамического воздействия, формирующего вынужденные виброакустические колебания. Предлагаемая технология глубокой дезинтеграции высокоглинистых песков позволит обеспечить высокую интенсивность разрушения материала в больших объемах при низкой энергоёмкости, непрерывность работы, высокую производительность, надежность и длительный ресурс работы.

Ключевые слова: высокоглинистые пески, глубокая дезинтеграция, ультразвук, виброколебательное воздействие.

Improvement in the development processes of high-clayey sands goldfields

N.P. Khrunina^а, A.Yu. Cheban^б

Mining Engineering Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 51 Turgenev st., Khabarovsk, Russia

^аnpetx@mail.ru, ^бchebanay@mail.ru

Received 4.05.2013, accepted 8.08.2013

The research results of high-clayey sands at one of the goldplacer deposits of the Amur region have been considered. It has been found that the studied gold placers sands are complex enough for disintegration due to their heightened clayey content and high content

of iron oxides and montmorillonite in some samples, which predetermines the existence of hydrostable ties and the swelling ability phenomenon leading to some difficulties in the destruction process. The analysis of the studies in the field of disintegration of high-clayey sands has been given. The brief overview of the results of the research on ultrasonic disintegration of high clayey sands is provided. It has been pointed out that the use of ultrasound under industrial conditions is limited by the ultrasound equipment manufacturing capabilities. New techniques of the mineral product destruction through the vortex flow of hydraulic fluid with maximum energy of acoustic resonant excitation in the given frequency range when using the hydrodynamic effects of vortex and by using shock-wave exposure on original high-clayey sands and their slurries are analyzed. A new method of deep disintegration of high-clayey sands by means of the developed wellfield complex based on the aerohydrodynamic impact as well generating the forced vibroacoustic vibrations is proposed. The proposed technology of high-clayey sands deep disintegration will ensure high intensity of material destruction in large volumes under low power intensity, operational continuity, high performance, reliability and lengthy service life.

Keywords: high-clayey sands, deep disintegration, ultrasound, vibration impact.

Введение. Тенденция к снижению и нестабильности содержания ценного компонента, высокая глинистость песков россыпей и повышенное содержание в них мелкого и тонкого золота, а также загрязнение природной среды и возрастающие требования повышения полноты извлечения из недр полезных ископаемых, требуют использования совершенных способов и систем разработки нового уровня, основанных на эффективных методах воздействия, исключающих дополнительную нагрузку на окружающую среду.

Постановка и решение задачи. Согласно данным геологических и технологических исследований, многие золотосодержащие россыпи имеют повышенное и высокое содержание глин – до 80 %. Особую трудность создает сочетание в одном объекте таких неблагоприятных факторов, как высокая глинистость песков и значительное содержание в них мелкого золота [1, 2]. Снижения потерь мелкого золота можно достичь путем совершенствования процесса дезинтеграции, при котором процесс разрушения структурных связей глинистых частиц будет протекать более эффективно. Цель настоящей работы состоит в рассмотрении подходов к решению проблемы дезинтеграции высокоглинистых песков на основе полученных экспериментальных данных золотосодержащего россыпного месторождения в пойме ручья Бешеного (Приморский край).

Методика исследования. Проведены исследования спектрометрического, гранулометрического, фазового анализа, дисперсности и волнового сопротивления высокоглинистых песков. Измерения проводились на приборах и оборудовании центра коллективного пользования ИГД ДВО РАН, Института материаловедения Хабаровского научного центра ДВО РАН и испытательного центра ДВГУПС. Одна из гистограмм песков (фракции размером менее 500 мкм), полученная на лазерном дифракционном микроанализаторе размеров частиц ANALYSETTE 22, представлена на рис. 1. В песках установлено высокое содержание оксидов железа (рис. 2), в некоторых пробах – монтмориллонита, что предопределяет наличие водостойких связей и возможность такого явления, как набухаемость, приводящих к затруднению процесса разрушения пластичных, вязких водно-коллоидных связей между частицами.

Полученные данные позволяют предварительно оценить пески месторождения как достаточно сложные для глубокой дезинтеграции и последующего выделения мелких и тонких частиц ценного компонента.

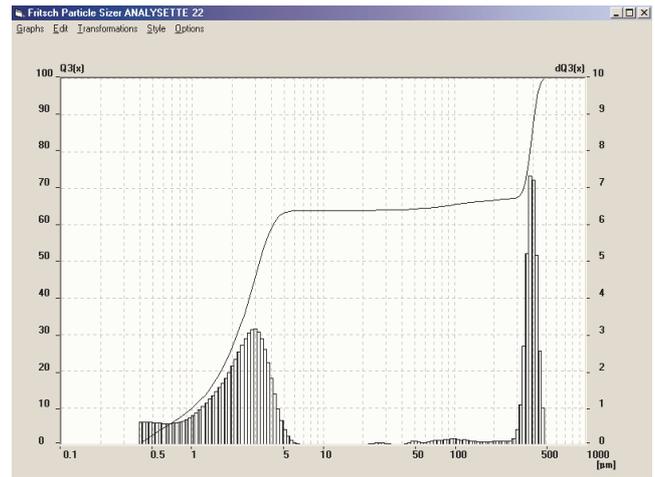


Рис. 1. Гистограмма содержания массовой доли материала размером менее 500 мкм: содержание частиц диаметром менее 300 мкм – 67,54 %, менее 200 мкм – 66,7 %, менее 5 мкм – 63,21 %

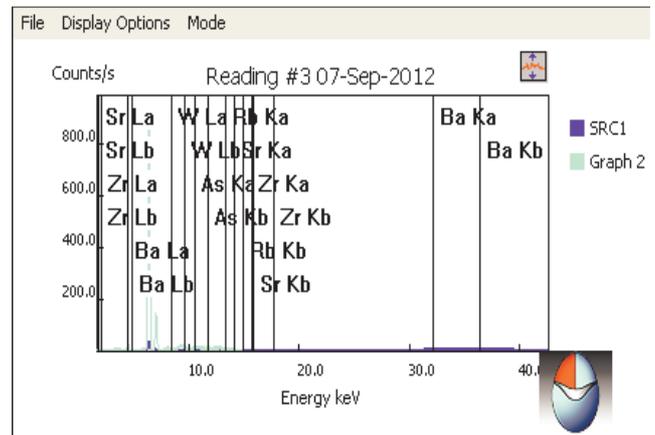


Рис. 2. Спектрограмма образца В-1-2 золотосодержащих песков месторождения в пойме руч. Бешеного

Широко применяемые на практике технологии добычи и переработки песков с использованием механического или гидромеханического воздействия приемлемы, по существу, для песков с низким (до 25 %) содержанием глинистой составляющей. При этом потери мелких частиц золота, по имеющимся оценкам, составляют более 58 % [3]. Как отмечается в [4], необходимость ввода в эксплуатацию месторождений с большим содержанием труднодиспергируемых глинистых примесей будет возрастать. Промывка такого типа сырья является трудоемкой операцией и, как правило, осуществляется на отдельных аппаратах, которые обычно разделяют на две группы. Основными недостатками

всех известных скрубберов первой группы являются низкая удельная производительность на единицу объема и низкая эффективность на труднопромывистых песках. Машины второй группы, в которых используются специальные способы воздействия, находятся в стадии исследования [4]. Поэтому актуальность проблемы и задача создания технологически и экономически эффективных способов дезинтеграции высокоглинистых песков, которые могли бы обеспечить разрушение жестких структурных связей глинистых частиц, очевидны.

Результаты исследования. В ИГД ДВО РАН проводились экспериментальные исследования процесса дезинтеграции высокоглинистой составляющей гидросмеси посредством ультразвукового воздействия [5 – 7]. Экспериментально обоснован механизм дезинтеграции и установлено, что направленное изменение физических параметров песчано-глинистой составляющей минеральной гидросмеси при ультразвуковом воздействии зависит от интенсивности излучаемого потока энергии.

Выявлена адекватность функциональных зависимостей изменения удельной поверхности частиц при воздействии ультразвука на минеральную гидросмесь, установленных теоретически и эмпирически. Разработан метод оценки и предложен условный коэффициент трансформации песчано-глинистой составляющей гидросмеси, характеризующий качественные изменения системы ультразвукового воздействия на минеральную гидросмесь (после предварительного механического воздействия). Коэффициент трансформации позволяет учесть характеристики изменения состояния дисперсоида и обеспечить оценку возможности снижения интенсивности излучения ультразвука, что подтверждено экспериментально [5].

Определены зависимости амплитуды колебательно-го смещения частиц гидросмеси от давления, а также максимальный уровень интенсивности излучения ультразвука, обеспечивающий заданные величины амплитуд колебательного смещения. Выполненные расчеты энергетических характеристик влияния ультразвука (давления и частоты излучения) на песчано-глинистую составляющую гидросмеси позволили уточнить и оценить механизм изменения ее физического состояния. В настоящее время еще не разработаны промышленные установки, способные создавать необходимое ультразвуковое давление на большие объемы гидросмеси для дезинтеграции их твердой составляющей.

Известно, что деструкция минерального продукта возможна за счет создания вихревого потока гидросмеси с максимальной энергией акустического резонансного возбуждения в заданном частотном диапазоне при использовании гидродинамических вихревых воздействий [8], а также с помощью ударно-волновых воздействий [9] на высокоглинистые исходные пески и их гидросмеси. В ИГД ДВО РАН предпринята попытка развить идею по интенсификации процесса дезинтеграции посредством гидроакустических (в стесненных условиях, при повышенном давлении) и аэрогидродинамических воздействий [10].

Такие установки не требуют особых затрат на дополнительные источники инициирования. Отсутствие

подвижных, вращающихся частей механизма обеспечивает надежность и технический ресурс работы этих устройств. Установки работают за счет энергии потока жидкости и при этом обеспечивают гидродинамические эффекты, сопровождающиеся скачками уплотнения, пульсациями, способными дезинтегрировать высокопрочные связи мелких глинистых частиц. Технология аэрогидродинамических воздействий может быть реализована с помощью геотехнологического комплекса, который включает модуль гидроразрыва забоя, систему фракционного разделения горной породы по крупности, систему напорного гидротранспортирования, модуль механической активации крупных фракций с подвижной иницирующей установкой, модуль аэрогидродинамической активации фракций среднего размера и перерабатывающий комплекс с системой отвалообразования (рис. 3) [8].

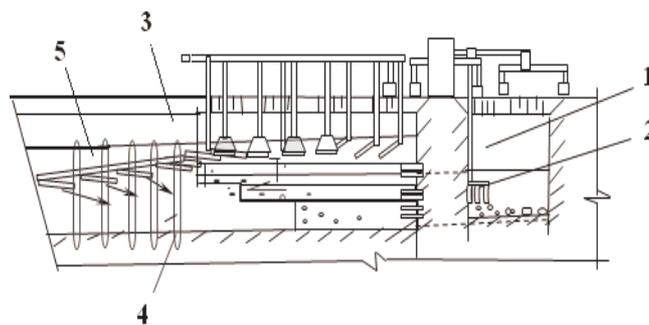


Рис. 3. Геотехнологический комплекс с аэрогидродинамической активацией [8]: 1 – модуль механической активации крупных фракций; 2 – рабочий орган; 3 – модуль аэрогидродинамической активации; 4 – дополнительные элементы-резонаторы; 5 – отражательные элементы

В модуле механической активации крупных фракций осуществляется процесс вертикально направленного удара и переменного вращения рабочего органа. В модуле аэрогидродинамической активации создаются достаточные для деструкции песков длительность и мощность резонансного возбуждения пульпы за счет деформационно-сдвигового взаимодействия водно-газового потока с песковой составляющей гидросмеси. Формирование турбулентных вихрей и виброакустических колебаний усиливается дополнительными элементами-резонаторами, отражательными элементами и приводит к более интенсивному разрушению твердой составляющей гидросмеси. В работе [8] подобные гидродинамические процессы, формирующие вынужденные виброакустические колебания, рассматриваются приближенно, с учетом энергии кольца вихря, которая зависит от тангенциальной скорости водно-газового потока, формируемой давлением струи воздуха, подаваемой из сопла, и направляющей поверхностью отражательных элементов.

Рассматривая такие процессы с учетом физико-химических и структурных изменений системы минеральной гидросмеси при виброколебательном воздействии, за основу можно взять зависимость термодинамического потенциала dE системы от энтропии Ω , температуры T и объема частиц V [5, 11]:

$$dE = -\Omega dT + V dp + \sigma dS + \sum \mu dN + F \sum z \phi dN, \quad (1)$$

где p – давление; σ – удельная поверхностная энергия частиц; S – площадь межфазной поверхности частиц; μ – химический потенциал поверхностных компонентов системы при взаимодействии частиц между собой в присутствии воды; N – число молей всех поверхностных компонентов частиц; F – постоянная Фарадея, $F = 9,648456 \cdot 10^4$ Кл/моль; z – заряд частиц; ϕ – электрический потенциал поверхностной части системы, содержащей частицы определенного типа, или внутренний потенциал различных по химическому составу фаз.

С учетом диссипационных потерь энергии, длительности воздействия t , величины подводимой энергии, после ряда преобразований зависимости (1) и интегрирования одним из вариантов определения изменений удельной межфазной поверхности $S_{уд}$ частиц, подвергнутых деструкции, может быть зависимость [5]:

$$\{1 - A \exp(-2 \beta x)\} n \cdot t, \quad (2)$$

где $S_{уд,0}$ – начальная удельная межфазная поверхность частиц (при $t = 0$); t – время воздействия подводимой энергии; k – коэффициент, характеризующий форму песчано-глинистых частиц, входящих в гидросмесь; B – показатель, характеризующий свойства и состояние песков; P – давление виброколебаний; ϵ_c – волновое сопротивление гидросмеси; A – поглощательная способность гидросмеси; β – коэффициент поглощения колебательной энергии средой; x – расстояние от источника колебаний до точки измерения давления в среде; n – коэффициент полезного действия установки.

Заключение

Предлагаемая технология глубокой дезинтеграции высокоглинистых песков позволит обеспечить: высокую интенсивность разрушения материала в больших объемах при низкой энергоемкости; непрерывность работы; высокую производительность; надежность и длительный ресурс работы установок. Исследования в направлении изучения процессов гидроакустического и аэрогидродинамического воздействий (с учетом вынужденных виброакустических колебаний) требуют дальнейшего развития.

Литература

1. Ван-Ван-Е А.П. Перспективы освоения древних и погребенных россыпей золота Дальнего Востока // Горный инф.-анал. бюл. 2012. № 2. С. 331-336.
2. Рассказов И.Ю., Чебан А.Ю., Литвинцев В.С. Анализ технической оснащенности горнодобывающих предприятий Хабаровского края и Еврейской автономной области // Горный журнал 2013. № 2. С. 30-34.
3. Хрунина Н.П. Обоснование параметров ультразвуковой дезинтеграции высокоглинистых золотосодержащих песков россыпей Приамурья: автореф. дис. ... канд. техн. наук Хабаровск, 2011. 23 с.
4. Разработка и производство инновационного горно-обогатительного оборудования. Техника и технология дезинтеграции ТТД [Электронный ресурс]: дезинтеграторы (скрубберы центробежные). URL <http://www.ttd.spb.ru/ru/dsnt/> (дата обращения: 26.07.2013).

5. Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А., Пуляевский А.М., Стратечук О.В. Новые аспекты научных основ ультразвуковой дезинтеграции высокоглинистых золотосодержащих песков россыпей Приамурья. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2011. 167 с.

6. Хрунина Н.П., Рассказов И.Ю. Способ кавитационно-акустического разупрочнения и дезинтеграции глинистых песков россыпей: пат. 2426595 Рос. Федерация. заявка № 2010113111; заявл. 05.04.10; опубл. 20.08.11, Бюл. № 23.

7. Хрунина Н.П., И.Ю. Рассказов И.Ю., Мамаев Ю.А. Способ акустикогидроимпульсного разупрочнения и дезинтеграции высокопластичных глинистых песков золотоносных россыпей: пат. 2433867 Рос. Федерация. заявка № 20101189114; заявл.11.05.10; опубл. 20.11.11, Бюл. № 32.

8. Аникин В.С. Моделирование гидродинамических вихревых потоков с ультразвуковыми кавитационными процессами [Электронный ресурс] // Вестн. РГРТУ. 2008. Вып. 24. URL: <http://yandex.ru/yandsearch>. (дата обращения: 26.07.2013).

9. Косолапов А.И., Плотов Ю.А. Повышение эффективности дезинтеграции высокоглинистых песков при разработке месторождений россыпного золота [Электронный ресурс] // Красноярская гос. академия цветных металлов и золота: сайт. Дата обновления 12.04.2013. URL: <http://yandex.ru>. (дата обращения: 12.04.2013).

10. Хрунина Н. П., Мамаев Ю.А. Геотехнологический комплекс с аэрогидродинамической активацией: пат. 2343005 Рос. Федерация. заявка № 2007124125; заявл. 26.06.07; опубл. 10.01.09, Бюл. № 1.

11.Хрунина Н.П. Обоснование параметров ультразвуковой дезинтеграции высокоглинистых золотосодержащих песков россыпей Приамурья: дис.... канд. техн. наук. Хабаровск, 2011. 210 с.

References

1. Van-Van-E A.P. Prospects in developing ancient and deep-lead placer gold of the Far East // Gorny inf.-anal. byul.. 2012. № 2. S. 331-336.
2. Rasskazov I. Yu., Cheban A.Yu., Litvintsev V.S. The analysis of technical equipment of the mining enterprises located in Khabarovsk region and the Jewish Autonomous region // Gorny zhurnal. 2013. № 2. S. 30-34.
3. Khrunina N. P. The justification of ultrasonic disintegration parameters of highly clayey alluvial deposits of the Amur region: avtoref... dis. kand. tekhn. nauk. Khabarovsk, 2011. 23 s.
4. The development and production of innovative mining and concentration equipment. The technique and technology of disintegration TTD [Electronic resource]: disintegrators (centrifugal scrubbers). URL <http://www.ttd.spb.ru/ru/dsnt/> (access date: 26.07.2013).
5. Khrunina N. P., Mamaev U.A., Pulyaevsky A.M., Stratechuk O.V. New aspects of scientific fundamentals for ultrasonic disintegration of highly clayey alluvial deposits of the Amur region. Khabarovsk: Izd-vo Tikhookean. gos. un-ta, 2011. 167 s.
6. Khrunina N.P., Rasskazov I.Yu. The technique of acoustic cavitation weakening and disintegration of clayey sands: pat. 2426595 Ros. Federatsiya; yayavl. 05.04.2010; opubl. 20.08.2011. Byul. № 23.
7. Khrunina N.P., Rasskazov I.Yu., Mamaev Yu.A. The technique of acoustic hydroimpulsive weakening and disintegration of high plasticity clayey sands of gold-bearing placers: pat. 2433867 Ros. Federatsiya; yayavl. 11.05.2010; opubl. 20.11.2011. Byul. № 32.
8. Anikin V. S. Hydrodynamic simulation of vortex flows with ultrasonic cavitation processes // Vestn. RGRTU. Ryazan, 2008. Vyp. 24. [Electronic resource]. Updated 12.04.2013. URL: <http://yandex.ru/yandsearch>. (access date: 26.07.2013).
9. Kosolapov A.I., Plyutov Yu.A. The efficiency improvement of highly clayey sands disintegration while developing placer gold deposits // Krasnoyarskaya gos. akademiya tsvetnykh metallov i zolota [Electronic resource]. Updated 12.04.2013. RL: <http://yandex.ru>. (access date: 12.04.2013).
10. Khrunina N.P., Mamaev Yu.A. The wellfield performance complex with aerohydrodynamic activation: pat. 2343005 Ros. Federatsiya; yayavl. 26.06.07; opubl. 2009. 10.01.09, Byul. № 1.
11. Khrunina N. P. The justification of ultrasonic disintegration parameters of highly clayey alluvial deposits of the Amur region: dis. .. kand. tekhn. nauk. Khabarovsk, 2011. 210 s.