

4. Патент на винахід 89439С2 Україна, В02С1/00 Вібраційна щокова дробарка / В.П.Франчук, О.В.Федоскіна; заявн. і патентовл. Державний ВНЗ «НГУ» - а200805585; заявл. 29.04.2008; опубл.25.01.2010, Бюл. №2.

5. Патент на винахід 111339С2 Україна, В02С1/02 Вібраційна щокова дробарка / В.П.Франчук, О.В.Федоскіна; заявн. і патентовл. Державний ВНЗ «НГУ» - а201303709; заявл. 26.03.2013; опубл.25.04.2016, Бюл. №8.

6. Декл. пат.на винахід 70113А Україна В02С1/02 Вібраційна щокова дробарка / В.П.Франчук, В.В.Плахотнік, О.В.Федоскіна; заявн. і патентовл. Державний ВНЗ «НГУ» - 20031212573; заявл. 26.12.2003; опубл.15.09.2004, Бюл. №9.

7. ПАТЕНТ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ. №32607U УКРАЇНА, В02С19/00, В02С1/00 ВІБРАЦІЙНА ЩОКОВА ДРОБАРКА / В.П.ФРАНЧУК, О.В.ФЕДОСКИНА; ЗАЯВН. І ПАТЕНТОВЛ. ДЕРЖАВНИЙ ВНЗ «НГУ» - U200714974; ЗАЯВЛ. 28.12.2007; ОПУБЛ.26.05.2008, БЮЛ. №10.

УДК 622.271.1:236.73

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДНОГО 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

Аннотация. Получены данные о составе и свойствах глинистых конгломератов комплексного месторождения ДВ региона. Выполнена оценка изменения физических характеристик в образцах исследуемого месторождения при водонасыщении. Результаты исследования позволили оценить интенсивность протекания процесса микродезинтеграции песков для извлечения мелких и тонких частиц ценных компонентов.

Ключевые слова: энергодисперсионный микроанализ, фазовый анализ, модуль сдвига, волновое сопротивление песков.

STUDY OF NATURAL MINERAL RAW MATERIALS WITH A HIGH CONTENT OF SMALL AND THIN 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

Abstract. Obtained data on the composition and properties of the clayey conglomerate integrated ore-placer deposits DV region. Assessment changes the physical characteristics of the samples the investigated deposits. The results of the study made it

possible to assess the intensity of the process micro disintegration sands to extract small and fine particles of valuable components.

Keywords: energy dispersive microanalysis, phase analysis, shear modulus, impedance sands.

Введение. На основе многофакторного анализа и изучения вещественных и других признаков можно выделить объекты золотороссыпных месторождений Дальневосточного региона, включение в эксплуатацию которых сдерживается недостаточным уровнем техники и технологии добычи из-за высокого содержания мелкого и весьма мелкого золота и повышенной глинистости золотосодержащего пласта песков [1]. Согласно данным геологических исследований и анализа эксплуатационных работ, золотоносные россыпи Дальнего Востока России содержат в некоторых случаях до 90 % глинистой фракции. Наиболее высоким содержанием глины из выделенных объектов обладают многие участки месторождений в пойме рек Нагима, Улунга и ручьев Ерничного, Генриховского, Кутума, Болотистого, Бешеного, Колчан и других. Ввиду стандартных и несовершенных технологий дражной и гидравлической разработки золотоносных песков отмечаются значительные потери золота, особенно мелкого, тонкого и в сростках [2-7]. А сочетание таких характерных факторов, как высокая глинистость, мелкое и весьма мелкое золото, создает особые трудности.

Цель работы. В статье рассматриваются результаты исследования проб глинистых конгломератов с повышенным содержанием мелкого и тонкого золота комплексного месторождения рудно-россыпного узла для предварительной оценки и выработки подходов по прогнозированию микродезинтеграции глинистых песков при гравитационном обогащении для максимального исключения химических реагентов, загрязняющих окружающую среду.

Методы и результаты исследований. С помощью сканирующего электронного микроскопа JCM-6000 PLUS NEOSCOPE (JEOL, Япония) осуществлен энергодисперсионный микроанализ образцов пород, отобранных на участках комплексного месторождения рудно-россыпного узла. Для определения глинистого состава проб с помощью дифрактометра ДРОН-7 (НПП «Буревестник», г. Санкт-Петербург) производился фазовый анализ. Напряжение трубки – 40 кВ, ток накала – 20 μ А, шаг сканирования по углу 2Theta – 0,05 град. Для идентификации линий рентгеновских спектров использовался программный пакет PDWin (НПП «Буревестник»). Гранулометрический анализ песков выполнен стандартным ситовым методом. Масса фракций (+2; –2 +1; –1 +0,5; –0,5 мм) определялась на лабораторных электронных весах «OHAUS Scout Pro SPU202» (Mettler Toledo,

Китай) с систематической погрешностью $\pm 0,001$ г. Исходная масса проб составляла от 300 до 320 г. Дисперсность фракции $< 0,5$ мм устанавливали с помощью спектра Фурье в среде минеральной гидросмеси посредством лазерного дифракционного микроанализатора «Analysette 22 MicroTec Plus» (Fritsch GmbH, Германия), работающего на основе сходящегося лазерного луча и использующего физический принцип рассеяния электромагнитных волн для определения распределения частиц по размерам. Для определения упругих характеристик песков с помощью прибора «Пульсар – 1.1» (НПП «Интерприбор», г. Челябинск) методом сквозного прозвучивания измерялась скорость продольных волн в образцах с естественной влажностью. Рабочая частота составляла 60 кГц. Эксперимент проводился при средней температуре воздуха 21°C и относительной влажности 69 %. Плотность и влажность образцов определялись стандартными методами. Естественная влажность проб определялась по ГОСТ 5180-84 с использованием лабораторных электронных весов OHAUS Scout Pro SPU202 (Mettler Toledo, Китай) с систематической погрешностью $\pm 0,001$. Плотность определялась при естественной влажности проб с использованием лабораторных электронных весов OHAUS Scout Pro SPU202. Надежность и точность результатов основывалась, в том числе на методических рекомендациях [8]. Систематическая погрешность сканирующего электронного микроскопа JEOL JCM-6000 PLUS NEOSCOPE при выполнении всех требований, включая юстировку и проверку функционирования элементов, в пределах 0,01-0,001. Чувствительность к содержанию вещества у дифрактометра ДРОН-7 составляет 2-3 %, погрешность угла луча $0,3^{\circ}$. Использование указанных электронных весов в экспериментах исключает систематические погрешности выше $\pm 0,001$ г. Оценка случайных погрешностей выполнялась на основе метода Стьюдента [8-9] при величине надежности 0,95 и количестве измерений $n=5$, а исключение грубых ошибок статистического ряда – по правилу трех сигм. Выполненная проверка не выявила грубых ошибок статистического ряда экспериментальных данных.

В результате энергодисперсионного микроанализа в пробах выявлены микроэлементы широкого спектра благородных, в том числе платины, серебра, золота, редкоземельных и других элементов, рис. 1-2.

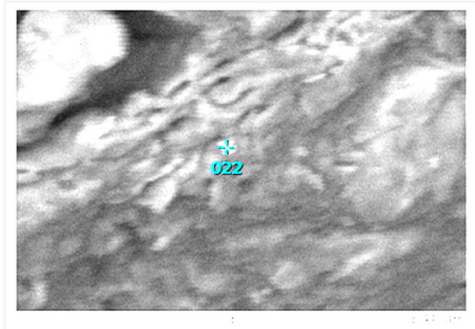


Рисунок 1 - Изображение сканируемой поверхности исследуемой пробы

При определении глинистого состава проб исследуемого месторождения установлены минералы: nontronite $\text{Na}_{0.3}\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$; gerasimovskite $\text{NbTi}(\text{OH})_9$; qilianshanite (киляншанит) $\text{NaH}_4(\text{BO}_3)(\text{CO}_3) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; albite, calcian $(\text{Na},\text{Ca})\text{Al}(\text{Si},\text{Al})_3\text{O}_8$, muscovite $\text{H}_2\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}$, jacobsite $\text{Mn}_{0.98}\text{Mg}_{0.006}\text{Fe}_{2.009}\text{O}_4$, облепченный $2\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 24\text{SiO}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, tazheranite $(\text{Zr},\text{Ca},\text{Ti})\text{O}_2$, almandine $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$, quartz SiO_2 . Нонтронит (nontronite) - минерал из группы монтмориллонита - вермикулита. Присутствие глинистых минералов, которые образуют трудноразрушаемые структурные связи, а также выявленное преобладание в пробах соединений железа Fe, предопределяет усложнение процесса глубокой дезинтеграции песков физико-механическими методами.

Дисперсным анализами выявлено содержание фракций < 0,5 мм от 79 до 84 % от общей массы образцов. Установлено содержание частиц диаметром менее 300 мкм – 99,1 %, менее 200 мкм – 98,4%, менее 5 мкм – 94,9%. Для данного участка со средней естественной влажностью 4% требуется значительное увеличение интенсивности упругих колебаний для водонасыщения и последующей микродезинтеграции песков при экологически безопасных гравитационных способах переработки.

Экспериментальным путем с помощью прибора «Пульсар – 1.1» методом сквозного прозвучивания определялась скорость V_p прохождения ультразвукового импульса в продольной волне в образцах с естественной влажностью и волновое сопротивление песков. Изменения модуля сдвига в зависимости от волнового сопротивления и влажности образцов показали высокие значения.

Для решения вопроса микродезинтеграции, с целью извлечения мелкого и тонкого золота более технологически эффективными средствами, могут быть использованы новые системы, в основе которых лежат процессы кавитационно-акустического воздействия на минеральную составляющую гидросмеси с низкой степенью энергозатратности [10-12].

Вывод. В результате экспериментальных исследований элементного состава, фазового анализа высокоглинистых песков россыпного сложного

комплексного месторождения установлено наличие трудно разрушаемых глинистых минералов. 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.

Решение проблемы возможно посредством внедрения новых установок, включающих процессы кавитационно-гидродинамического воздействия, для снижения энергозатрат и обеспечения экологической безопасности

ЛИТЕРАТУРА

1. Архипов Г.И. Минеральные ресурсы Приморского края: состояние и перспективы // [Горный информационно-аналитический бюллетень \(научно-технический журнал\)](#). - 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](https://doi.org/10.17073/0021-3438-2017-3-4-10).
3. [N. P. Khrunina, A. Yu. Cheban](#), Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova. - 20154, 50-55. ()
4. Мамаев Ю. А., Хрунина Н. П. Перспективы освоения глинистых россыпей Приамурья // [Горный информационно-аналитический бюллетень \(научно-технический журнал\)](#). – 2009. – № 5. – С. 47– 57.
5. [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.
6. Кисляков В.Е., Никитин А.В. [Подготовка глинистых песков россыпных месторождений к дезинтеграции управляемым водонасыщением](#) // Горный журнал. - 2010. - № 2. - С. 28-30.
7. 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.
8. Беспалько А.А., Яворович Л.В., Федотов П.И. Связь параметров электромагнитных сигналов с электрическими характеристиками горных пород при акустическом и квазистатическом воздействиях // Известия Томского политехнического университета. - 2005. - Т. 308. - № 7. - С. 18-23.
9. Курленя М. В., Вострецов А. Г., Кулаков Г. И., Яковицкая Г. Е. О структуре сигналов электромагнитного излучения и связанных с ними актах разрушения образцов горных пород // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - 2000. - № 1. - С. 5-11.

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

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

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