

УДК 622.271.1:236.73

УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ НАПРАВЛЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ МИНЕРАЛЬНОЙ ГИДРОСМЕСИ

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. Рассмотрены результаты исследования структурно-механических особенностей минеральной гидросмеси с учетом термодинамического потенциала. Созданы предпосылки не только теоретического обоснования процесса, но и развития прикладных исследований в области создания технологий и средств переработки и обогащения полезных ископаемых экологически безопасными способами.

Ключевые слова: ультразвуковое воздействие, электростатическое взаимодействие, микродезинтеграция.

PROCESS CONTROL OF DIRECTIONAL DISPERSE SYSTEM STATE CHANGES MINERAL HYDROMIX

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. Reviewed the results of a study of structural-mechanical characteristics of mineral slurries with view of thermodynamic potential. Set the stage not only theoretical justification process, but also the development of applied research in the field of creation of technologies and means of processing and dressing mineral resources in environmentally friendly ways.

Keywords: ultrasonic impact, electrostatic interaction, microdisintegration.

Введение. В основе управления процессом направленного изменения свойств песчано-глинистых пород золотоносных россыпей лежит задача формирования более устойчивого состояния грубодисперсных суспензий и высокодисперсных детерминированных систем, содержащих минеральные частицы. Механизм регулирования структурно – механических и физико – химических параметров перерабатываемых песков обуславливает эффективность процесса извлечения ценных компонентов [1-4].

Цель работы. Анализ структурно-механических особенностей минеральной гидросмеси с учетом термодинамического потенциала для теоре-



тического обоснования процесса микродезинтеграции.

Результаты исследований. Известно, что при сближении частиц в водной среде под влиянием гидродинамического воздействия их непосредственному слипанию препятствуют силы отталкивания. Один из наиболее мощных факторов, определяющих устойчивость дисперсных систем, - электростатическое взаимодействие диффузных слоев ионов частиц. Поскольку за пределами двойного электрического слоя (ДЭС) напряженность электростатического поля частиц равна нулю, силы отталкивания появляются при перекрытии диффузных слоев частиц [1]. Изменение концентрации катионов и потенциала частицы в пределах этого слоя влияет на условия устойчивости дисперсных частиц. Основные положения этой теории базируются на работах Г.Гуи, Д. Чепмена, О. Штерна, А.Н. Фрумкина, Д. Грема и др. Исходя из уравнения Больцмана, осуществлен расчет изменения концентрации ионов в пределах ДЭС, получена зависимость [1]

$$n_i = n_{i_0} \exp \left(- \frac{Z e \varphi}{kT} \right),$$

где n_i – концентрация ионов; n_{i_0} - концентрация ионов за пределами диффузионного слоя; Z - валентность иона; e - единичный электростатический заряд ($1,6 \cdot 10^{-20}$ Кл); φ - электрический потенциал в точке; k - постоянная Больцмана ($1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/ $^{\circ}$ К); T – температура, $^{\circ}$ К.

Из уравнения следует, что, по мере удаления от поверхности, концентрация ионов, заряд которых противоположен заряду поверхности, уменьшается, а концентрация ионов, заряженных одноименно с поверхностью (знаки Z и φ одинаковы), понижена и возрастает. Изменение потенциала у плоской поверхности описывается уравнением Пуассона – Больцмана [1]

$$\frac{d^2 \varphi}{dx^2} = - \frac{4\pi}{\varepsilon} \sum Z e n_{i_0} \exp \left[- \frac{Z e \varphi}{kT} \right],$$

где x - расстояние от поверхности частицы; ε - диэлектрическая проницаемость среды.

После упрощения уравнение приводится к виду

$$\frac{d^2 \varphi}{dx^2} = - \frac{2 Z e n_{i_0}}{\varepsilon} \operatorname{sh} \left[- \frac{Z e \varphi}{kT} (x) \right].$$

Возможность применения данного уравнения для глинистых систем рассматривалась Г. Болтом и Х. Ван Олфеном. Поскольку теория основыва-



лась на концепции постоянного поверхностного потенциала, она может быть применима к глинистым системам для частиц с боковым сколом [1].

Для плоских глинистых частиц, размер которых превышает толщину диффузионного слоя, устойчивость определяется функцией

$$\varphi(x) \approx \frac{4kT}{Ze} \operatorname{th} \left(\frac{Ze\varphi_0}{4kT} \right) e^{-\chi x},$$

где χ - параметр диффузионного слоя, связанный с другими характеристиками соотношением

$$\frac{1}{\chi} = \sqrt{\frac{\varepsilon kT}{8\pi Z^2 e^2 n_0}}.$$

Здесь ε - диэлектрическая постоянная среды; T - температура; Z - валентность иона; n_0 - концентрация электролита в растворе; φ_0 - электрический потенциал в зазоре между частицами.

Для теоретического обоснования процесса образования мелких частиц минеральной составляющей при ультразвуковом воздействии в качестве базового уравнения было принято уравнение Гиббса. В соответствии с этим уравнением, изменение термодинамического потенциала dE системы представляется в виде [2]

$$dE = -\Omega \cdot dT + Vdp + \sigma dS + \sum \mu dN + F \sum z\varphi dN,$$

где Ω - энтропия частиц; T - температура частиц; V - объем частиц; p - давление внутри частиц; 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 поверхностей определенного сорта; φ - электрический потенциал поверхностной части системы, содержащей частицы определенного типа, или внутренний потенциал различных по химическому составу фаз.

В рассматриваемой среде происходит изменение агрегатного состояния веществ, находящихся преимущественно в конденсированном состоянии (твердом и жидком), и небольшое количество - в газообразном, поэтому различия между изменениями внутренней энергии частиц и изменениями энтропии Ω системы этих частиц незначительны. Учитывая принятые допущения, уравнению можно придать вид

$$dE - \sum \mu dN - F \sum z\varphi dN = \sigma dS.$$

Физико-механические и структурные изменения нарастают по мере увеличения длительности измельчения t и определяются величиной подводимой энергии

$$dE = W \cdot \eta \cdot dt,$$

где W – мощность излучаемой энергии; η – коэффициент полезного действия установки; t – время воздействия подводимой энергии.

Дальнейшие упрощения связаны с исключением учета электрохимического взаимодействия минералов с окружающей средой и между собой. Путем подстановки, упрощения, интегрирования и считая η , l , σ , B и k постоянными, получен зависимость

$$S_n = S_0 \exp \{k \cdot B \cdot l [1 - A \exp (-2\beta \cdot x)] \eta \cdot t / \sigma \},$$

где S_0 – площадь межфазной поверхности частиц в начале процесса (при $t=0$).

$$\text{Поскольку } S = S_{y\partial} V, \text{ то } S_{y\partial.0} = S_0 / V,$$

где $S_{y\partial}$ – удельная межфазная поверхность частиц; V – объем частиц; $S_{y\partial.0}$ – удельная межфазная поверхность частиц при $t=0$, то зависимость преобразуется к виду [1]:

$$S_{y\partial} = S_{y\partial.0} \exp \left\{ k \cdot B \cdot \sigma^{-1} \cdot l [1 - A \exp (-2\beta \cdot x)] \eta \cdot t \right\}$$

Разработанная математическая модель процесса образования мелких частиц минеральной составляющей гидросмеси в ультразвуковом поле показывает, что удельная межфазная поверхность частиц выражается зависимостью от интенсивности излучаемой энергии, удельной поверхностной энергии частиц, волнового сопротивления гидросмеси, диссипационных потерь - расстояния от источника излучения, поглощения энергии средой, круговой частоты звуковой волны, теплоемкости и теплопроводности, сдвиговой вязкости, объемной вязкости, а также конструктивных особенностей установки, связанных с эффективностью ее работы.

Выделенные основные параметры зависимости позволили, при проведении экспериментальных исследований процесса дезинтеграции минеральных частиц, с помощью электронной микроскопии осуществить контроль над процессом и оценить его эффективность. На основе проведенных экспериментальных исследований разработаны способы и установки по дезинтеграции [5-9], в том числе создан обогатительный комплекс [10], содержащий камеру отсадки, вибрационное устройство. Комплекс снабжен отделениями предварительной ультразвуковой обработки, электромагнитной сепарации и размагничивания, а также датчиками определения степени дисперсности и регулятором амплитуды пульсаций.

Вывод. Разработанные представления о структурно-механических особенностях минеральной гидросмеси с учетом термодинамического потенциала создают предпосылки не только теоретического обоснования процесса, но и развития прикладных исследований в области создания технологий и средств переработки и обогащения полезных ископаемых

экологически безопасными способами.

ЛИТЕРАТУРА

1.Хрунина Н.П., Стратечук О.В. Новые аспекты научных и технологических основ направленного изменения состояния и физико-механических свойств песчано-глинистых пород золотосодержащих россыпей – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2007. – 138 с.

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. – 155 с. ISBN 978-5-7389-1030-2.

3.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.

4. 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.](#)

5. Патент 2209678 РФ. Геотехнологический комплекс с многоступенчатой дезинтеграцией / Н.П. Хрунина, Ю.А.Мамаев, О.В. Стратечук, Е.К. Молоднякова //опубл. 10.08.2003, Бюл. № 22.

6. Патент 2206403 РФ от 08.02.2002. [Геотехнологический комплекс с многоступенчатой дезинтеграцией](#) / Н.П. Хрунина.

7. Патент 2204441 РФ от 18.10.2001. [Перерабатывающий геотехнологический комплекс](#) / Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А.

8. Патент 2187373 РФ от 30.01.2001. [Многоуровневая установка для извлечения ценных минералов](#) /Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А., Стратечук О.В., Хрунин Т.О.

9. Патент 2209974 РФ от 08.02.2002. [Геотехнологический комплекс с многоступенчатой дезинтеграцией](#)/ Хрунина Н.П., Мамаев Ю.А.

10. Патент РФ №2231392 РФ. Обогащительный комплекс / Хрунина Н.П., Стратечук О.В. и др.// опубл. 27.06.2004, Бюл. № 18.

УДК 622.271

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, ВЕДУЩИХ РАЗРАБОТКУ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ И ХАБАРОВСКОМ КРАЕ

А.Ю. Чебан

кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории геотехнологии и горной теплофизики, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия, e-mail: chebanay@mail.ru

Аннотация. В статье проведено исследование структуры парков горных и транс-