

Особенности определения физико-химических характеристик рудничных вод методом лазерной дифрактометрии

© И. В. Бардамова

Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия. E-mail: irina-bardamova@yandex.ru

Одной из основных характеристик, определяющих физико-химические свойства рудничных вод, являются взвешенные вещества. В статье приведены результаты исследования дифракционного состава рудничных вод штольни Западная (Закаменский район, Бурятия) с использованием лазерного анализатора фирмы Shimadzu SALD-7500nano.

Ключевые слова: физико-химические свойства; рудничные воды; взвешенные вещества; лазерный анализатор.

Features of determination of physical and chemical characteristics of mine waters by laser diffractometry method

I. V. Bardamova

Geological Institute, SB RAS, Ulan-Ude, Russia. E-mail: irina-bardamova@yandex.ru

Suspended solids are one of the main characteristics, determined the physical and chemical properties of mine waters. The article presents the results of a study of the fractional composition of the mine waters of the Western gallery (Zakamensky district, Buryatia) using a laser analyzer of Shimadzu SALD-7500nano.

Keywords: physical and chemical properties; mine water; suspended solids; laser analyzer.

Разработка вольфрамово-молибденовых месторождений неизбежно сопровождается образованием больших количеств рудничных вод. Такие воды, как правило, содержат в высоких концентрациях минеральные примеси (песчанистые, глинистые и рудные частицы, сульфаты тяжелых металлов, мышьяк, фтор и т.д.), органические вещества (нефтепродукты, остатки разложения древесины и продукты жизнедеятельности живых организмов) и бактериальные загрязнители (плесневые грибы и различные микроорганизмы т.п.). Рудничные воды законсервированных шахт отличаются тем, что в их составе практически отсутствуют органические и бактериальные загрязнители.

Загрязненные таким образом шахтные воды поступают в местные водотоки без каких-либо видов очистки. Так, например, в результате неорганизованного сброса рудничные воды законсервированной в 90-х годах штольни Западная (Забайкалье, республика Бурятия) напрямую поступают в воды реки Модонкуль и далее в реки Джида, Селенга, создавая непосредственно угрозу для озера Байкал. Поэтому задача защиты водных объектов от токсичных стоков становится приоритетной.

Разработка технологических схем очистки рудничных вод напрямую зависит от их физико-химических свойств. Рудничные воды штольни Западная характеризуются большими содержаниями сульфатов тяжелых металлов, высокой минерализацией ($2658,5 \text{ мг/дм}^3$) и низкими значениями pH (4,38). Превышение предельно-допустимых значений [2] составляет: по Fe — в 210,4 раза, по Cu — в 27, по Ni — в 22,3, по Zn — в 33,1, по Cd — в 958, по Pb — в 56,2, по W — в 11 раз. Высокое содержание взвешенных частиц ($203,7 \text{ мг/дм}^3$) и сульфатов ($1829,2 \text{ мг/дм}^3$) приводит к образованию осадка желтого или желтовато-белого цвета.

Именно наличие взвешенных веществ (их дисперсный состав) является одной из основных характеристик, влияющих на физико-механические свойства рудничных вод.

Распределение частиц по размерам в различных дисперсных объектах определяют с помощью гранулометрического анализа. Методы его разнообразны: сухой и мокрый рассев на аналитических ситах, седиментация, микроскопия, лазерная дифракция и т.д. В последнее время именно метод лазерной дифракции получил наибольшее развитие и распространение. Это универсальный и эффективный метод, применимый к очень широкому кругу объектов в самых различных областях исследования. Гранулометрический анализ позволяет получить распределение по размерам частиц в пробе. Результаты измерений обычно представляют в виде дифференциальной и интегральной зависимости. [4]

Анализ состава взвешенных частиц в рудничной воде штольни Западная методом лазерной дифрактометрии осуществляли в ЦКП «Научные приборы» ФГБОУ ВО БГУ с помощью лазерного анализатора SALD-7500nano с использованием стандартов ISO 13320-1(1999) и 9276-1(1998). Замеры

проводились в режимах медленного и быстрого размешивания, а также с использованием ультразвукового диспергатора.

В режиме медленного размешивания получены данные о «естественной дисперсности и агрегированности» [3, 5] взвешенных частиц в рудничной воде (табл.).

Таблица

Дисперсный состав взвешенных частиц в рудничной воде

Режим съемки	Размер частиц, μm	Содержание фракций с размером частиц, %
Медленное размешивание	+ 200	7,1
	200 — +150	92,9
Быстрое размешивание	50 — +10	36,9
	10 — +5	39,5
	5 — +1	18,7
	< 1	4,9

В естественном состоянии размеры взвешенных частиц в пробе рудничной воды находятся в диапазоне от 156,7 до 222 мкм и представлены агрегатами мелких глинистых фракций, инертной пыли и крупными ассоциатами молекул. Такую систему дисперсных частиц можно отнести к микрогетерогенной [1].

Далее была проведена съемка в режиме быстрого размешивания. В данном режиме происходит дезагрегация крупных ассоциатов с образованием более мелких частиц. Как видно из Таблицы, в пробе рудничной воды преобладают частицы размерами от 1 до 50 мкм (95,1 %) — те же глинистые и пылевые частицы, ассоциаты молекул нерастворимых солей металлов.

Ультразвуковое диспергирование пробы рудничной воды (обработка ультразвуком продолжительностью 15 минут с частотой 32 кГц, мощностью 40 Вт) позволило получить первичные частицы микронных и субмикронных размеров (Рис. 1).

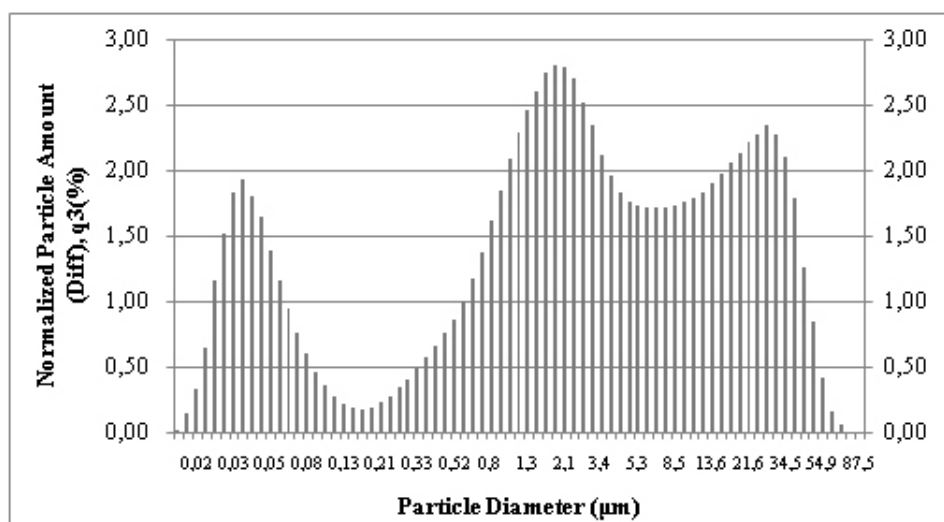


Рис. 1. Распределение частиц в пробе рудничной воды после ультразвукового диспергирования.

На диаграмме представлены три основные размерные группы:

< 1 мкм — высокодисперсные частицы, сопоставимые с размерами гидратированных ионов;

1–5 мкм и 10–50 мкм — грубодисперсные частицы, как и в предыдущих пробах, являющиеся агрегатами мелких глинистых фракций и небольшими ассоциатами молекул.

Заключение. Представленные данные свидетельствует о том, что в рудничных водах штольни Западная во взвешенном состоянии непрерывно перемещаются частицы размером 150–220 мкм, являющиеся агрегатами мелких глинистых фракций, инертной пыли и крупными ассоциатами молекул. После интенсивного механического воздействия (режим быстрого размешивания) крупные агрегаты частично распадаются на более мелкие фракции (от 1 до 50 мкм), о чем свидетельствуют данные из-

мерений. А после обработки рудничной воды ультразвуком размеры 70 % от содержания диспергированных частиц соответствуют размерам нераспавшихся мелких агрегатов глинистых фракций и небольших ассоциатов молекул (10–50 мкм), а размеры 29, 3% частиц становятся сопоставимыми с радиусами гидратированных ионов (<1 мкм).

Таким образом, исследование состава рудничных вод штольни Западная, проведенное с помощью анализатора частиц SALD-7500nano, показало возможность применения лазерных методов для дисперсного анализа рудничных вод.

Исследования выполнены при финансовой поддержке проекта ФАНО № 0340-2016-0006 и гранта РФФИ № 16-05-01041.

Литература

1. Воюцкий С. С. Курс коллоидной химии / Изд. 2-е — М: Химия. 1975. 512 с.
2. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы. — Введ. 15.06. 2003.
3. Качинский Н. А. Классификация почв по механическому составу // Механический и микроагрегатный состав почв, методы его изучения. М: Изд-во АН СССР, 1958. С.148–172.
4. Румянцев В. Гранулометрический анализ с помощью лазерных анализаторов серии SALD компании SHIMADZU / Аналитика. Изд: РИЦ «ТЕХНОСФЕРА». 2013. 6 (13). С. 60–62.
5. Трофимов В. Т., Королев В. А., Николаева С. К. К вопросу об определении гранулометрического состава грунтов с использованием лазерных анализаторов // Инженерные изыскания. М.: Геомаркетинг, 2014. № 5–6. С. 29–35.

Бардамова Ирина Владимировна, ведущий инженер Геологического института СО РАН, г. Улан-Удэ.