

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ГАЗОВОГО ПУЗЫРЯ В ВЯЗКИХ СРЕДАХ

Д. А. Рева, К. А. Рыбкин

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

В ходе работы изучался процесс инжектирования газа в чистую воду и в водные растворы хлорида натрия. Проведя большое (от 90 реализация для каждой жидкости) количество экспериментальных серий по запуску газовых пузырей из капилляра фиксированного размера, был проведен статистический анализ, где в качестве случайной величины выступал средний по серии диаметр пузыря. Анализ показал, что с увеличением содержания соли в растворе, доминирующий размер пузырька уменьшается и растёт вероятность это повторного появления.

Ключевые слова: газовые пузыри; дрейф пузырей; водные растворы хлорида натрия

EXPERIMENTAL STUDY OF THE BEHAVIOR OF A GAS BUBBLE IN VISCOUS FLUID

D. A. Reva, K. A. Rybkin

Perm State University, Bukireva St. 15, 614990, Perm

In the course of the work, the process of injecting gas into pure water and into aqueous solutions of sodium chloride was studied. Having carried out a large number of experimental series on the launching of gas bubbles from a fixed capillary (from 90 to each liquid), a statistical analysis was performed, where the average bubble diameter was the random variable. The analysis showed that with increasing salt content in the solution, the dominant size of the bubble decreases and the probability of this reappearance increases.

Keywords: Gas bubbles; Drift of bubbles; Solutions of sodium chloride

Процесс флотации является одним из методов обогащения полезных ископаемых, который основан на различии в способности минералов удерживаться на межфазовой поверхности в зависимости от удельных поверхностных энергий. В основе этого процесса лежит использование больших объёмов воды. Так как ресурсы пресной воды ограничены, многие предприятия используют стратегию её повторного использования (оборотную воду). Стоит отметить, что повторное использование воды может приводить к повышенному содержанию соли в водных хранилищах [1, 2], вследствие чего происходит сильное изменение функциональных особенностей некоторых флотореагентов.

Все чаще встречаются работы, где авторы рассматривают морскую соленую воду в качестве флотационного раствора в связи с острой нехваткой пресной воды в своих регионах [3]. На данный момент исследователями рассмотрено влияние морской воды на флотацию меди, угля, широко рас-

смотрено влияние на обогащение медно-молибденовых сульфидных руд, а также на другие ценные минералы.

Цель настоящей работы заключается в экспериментальном изучении инжектирования и поведения газовых пузырей в чистой воде и в растворах соли с массовым содержанием NaCl 1.78 % и 3.36 %, а также статистический анализ полученных результатов.

Экспериментальная часть. В работе использовались 1.78% и 3.36% растворы хлорида натрия. В качестве лабораторной установки выступала кювета и пусковое устройство, представляющую из себя систему шприц-трубка-капилляр (рис. 1). Для получения пузырьков примерно одного размера использовался один капилляр. В связи с тем, что объем инжектируемого газа, подаваемого через шприц не фиксировался, в результате был получен набор экспериментальных серий по всплытию газовых пузырьков с размерами, лежащих в некотором интервале диаметров (для каждой жидкости число реализаций составило от 90 до 130 повторений). Процесс всплытия фиксировался на фотоаппарат Nikon 1 V3 в режиме замедленной съемки с частотой 400 кадров в секунду.

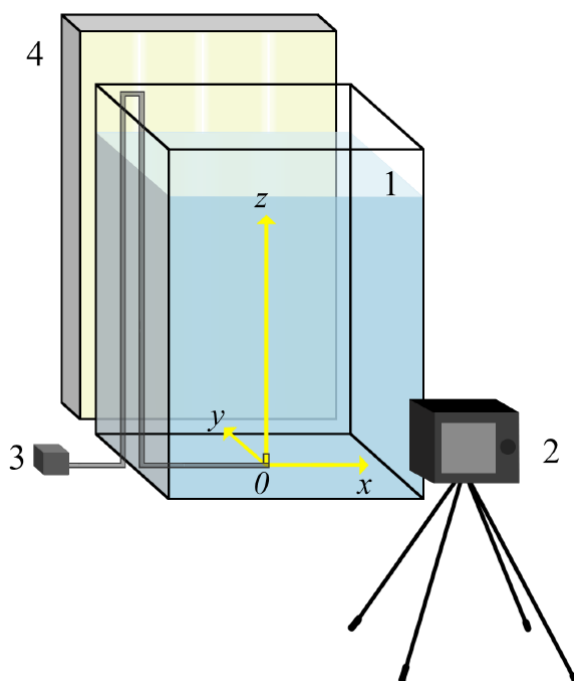


Рис. 1. Экспериментальная установка: 1 – кювета размером $500 \times 350 \times 350 \text{ мм}^3$, заполненная рабочей жидкостью (на заднюю стенку установлена рассеивающая пленка); 2 – высокоскоростная камера; 3 – пусковое устройство; 4 – люминесцентные лампы, расположенные вдоль задней стенки кюветы; 5 – компьютер

На основе этих данных были получены распределения числа пузырьков по размерам для каждой из рабочих жидкостей представленные в виде гистограмм на рис. 2. Анализируя полученные результаты, видно, что с увеличением содержания соли в растворе, доминирующий размер пузырька уменьшается, а вероятность его появления увеличивается.

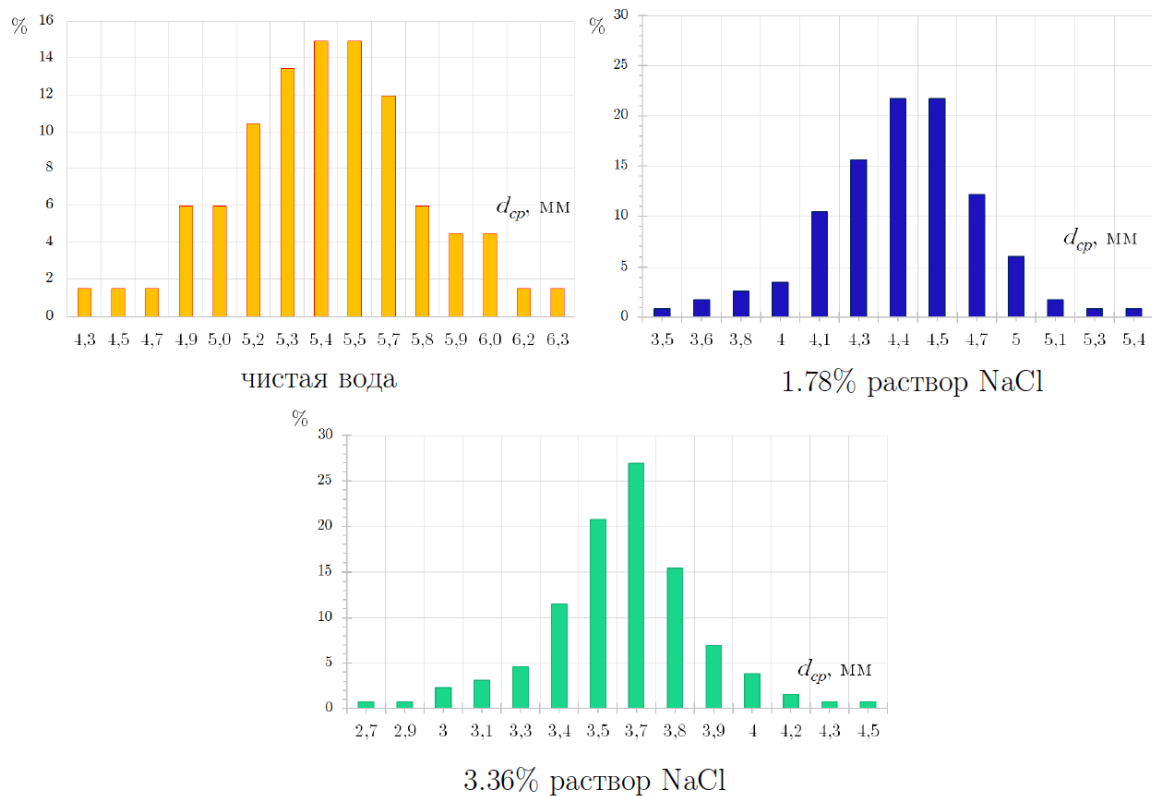


Рис. 2. Гистограммы распределения процентного соотношения количества числа пузырьков по средним размерам

Для наиболее наглядного представления полученных результатов была построена плотность вероятности нормального распределения (рис. 3). График показывает, что с увеличением массового содержания соли в растворе увеличивается максимальное значение вероятности, в то время как «колокол» вероятности сужается (уменьшается разброс случайной величины).

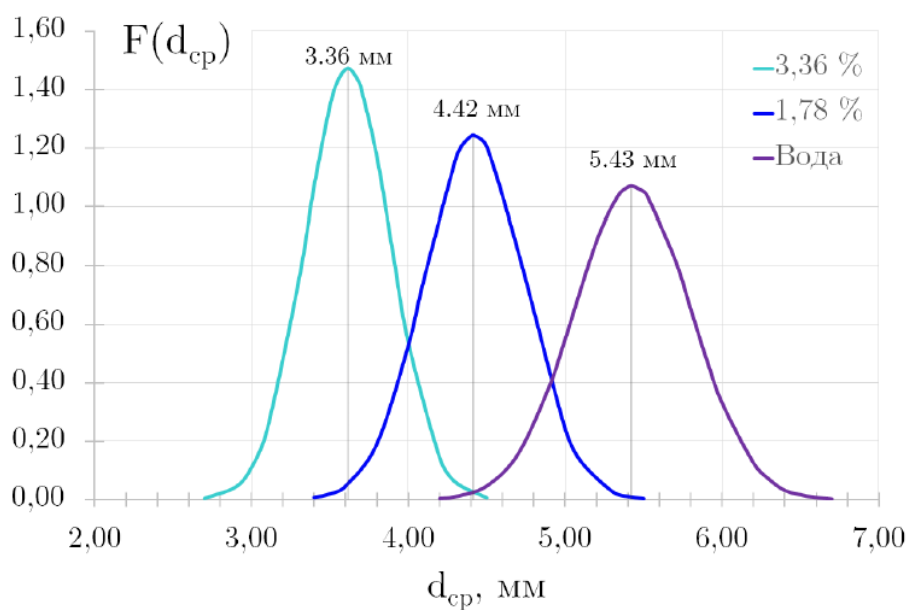


Рис. 3. Плотность вероятности нормального распределения числа пузырьков по размерам в случае чистой воды, 1.78% и 3.36% растворов хлорида натрия

Таким образом, можно считать, что содержание соли в воде приводит к уменьшению среднего размера газового пузыря при инжектировании. К этому же выводу пришли многие другие исследователи [4, 5], которые рассматривали разные концентрации солей: от слабых до насыщенных растворов.

Список литературы

1. *Moran C. J., Cote C. M., McIntosh J. G.* Northern Bowen Basin water and salt management practices // Queensland Government Mining Journal. 2006. P. 56–58.
2. *Vink S. et al.* Understanding mine site water and salt dynamics to support integrated water quality and quantity management // Mining Technology. 2009. Vol. 118. N. 3-4. P. 185–192.
3. *Castro S. et al.* Effect of frothers on bubble coalescence and foaming in electrolyte solutions and seawater // International Journal of Mineral Processing. 2013. Vol. 124. P. 8–14.
4. *Li Y. et al.* Biosurfactants as alternatives to chemosynthetic surfactants in controlling bubble behavior in the flotation process // Journal of Surfactants and Detergents. 2013. Vol. 16. N. 3. P. 409–419.
5. *Finch J. A., Nisset J. E., Acuña C.* Role of frother on bubble production and behaviour in flotation // Minerals Engineering. 2008. Vol. 21. N. 12. P. 949–957.