

**РАСЧЕТ РАВНОВЕСНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССА
УДАЛЕНИЯ ГИДРОКАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОКСИДА АММОНИЯ**

Е.Д. Попова, Е.С. Журавкова, О.А. Немцова

Научный руководитель: инженер-исследователь Н.В. Маланова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: malanova.nat@yandex.ru

**CALCULATION OF EQUILIBRIUM CONCENTRATIONS OF CALCIUM IONS
TO REMOVE CALCIUM BICARBONATE FROM WATER SOLUTIONS USING AMMONIUM
HYDROXIDE**

E.D. Popova, E.S. Zhuravkova, O.A. Nemtsova

Scientific Supervisor: research engineer N.V. Malanova

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: malanova.nat@yandex.ru

***Annotation.** The paper presents an algorithm of calculating of the calcium ions equilibrium concentration to remove calcium bicarbonate aqueous solutions using ammonium hydroxide. The program «P2S2R3KA» was used to calculate it. The obtained values of calcium ions equilibrium concentration in the water solution with a low content of NH_4OH indicate a high flow rate of the process.*

Жесткость воды – общая проблема для муниципальных систем водоснабжения, промышленных предприятий и тепловых станций. Особенно чувствительна данная проблема там, где для хозяйственно-питьевого водоснабжения используют подземные и грунтовые воды. Например, в Западно-Сибирском регионе для водоснабжения, в основном, используются подземные воды, которые характеризуются жесткостью, обусловленной наличием в составе минеральных примесей до 70-80 % гидрокарбоната кальция. Ионы кальция и магния, обуславливающие жесткость воды, образуют малорастворимые соединения, инкрустирующие поверхности теплообменных аппаратов, теплоэнергетических установок, трубопроводов, что приводит к резкому снижению эффективности их работы, перерасходу топлива, частым остановкам для чистки. Для использования таких подземных вод в питьевых и технических целях необходимо применение водоподготовки с обязательной стадией умягчения воды. Нами был предложен способ удаления гидрокарбоната кальция из подземных вод с применением микропузырьковой обработки и гидроксида аммония [1,2].

Для проектирования аппаратов, реализующих данный способ в технологическом процессе, необходимо определить их конечные размеры – высоту, диаметр, поверхность контакта фаз. Для определения поверхности контакта фаз может быть использовано уравнение массопередачи, которое для рассматриваемой системы имеет вид:

$$M = K_y \cdot F(y - y^*),$$

«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»

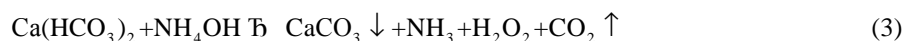
где M – масса переносимого вещества через границу раздела фаз; K_y – коэффициент массопередачи; F – поверхность контакта фаз; $(y-y^*)$ – движущая сила процесса.

Движущая сила процесса массопередачи $(y-y^*)$, как мера отклонения системы от равновесия, является функцией пересыщения системы по иону Ca^{2+} , которое можно выразить через абсолютное значение:

$$\Delta C = C_{\text{Ca}^{2+}} - C_{\text{Ca}^{2+}}^*$$

где $C_{\text{Ca}^{2+}}^*$ – равновесная концентрация ионов кальция.

Для определения равновесных концентраций ионов кальция, можно воспользоваться законом действующих масс. С помощью определителя Грама были определены независимые реакции удаления гидрокарбоната кальция из водных растворов с использованием гидроксида кальция [3]:



Тогда константы равновесия для перечисленных реакций можно представить в следующем виде:

$$K_{c1} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}] \cdot [\text{NH}_4^+]^2}{[\text{OH}^-] \cdot [\text{H}^+] \cdot [\text{NH}_3]^2 \cdot [\text{CO}_2]}$$

$$K_{c2} = \frac{[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{NH}_4^+]^2}{[\text{OH}^-] \cdot [\text{H}^+] \cdot [\text{NH}_3] \cdot [\text{CO}_2]}$$

$$K_{c3} = \frac{[\text{CO}_2] \cdot [\text{NH}_3] \cdot [\text{H}^+]^2 \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{HCO}_3^-]^2 \cdot [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{NH}_4^+]}$$

Полученную систему уравнений решали с применением программы расчета равновесных концентраций карбоната кальция в аммиачной среде («П2С2Р3КА»), блок-схема которой представлена на рис.1. На программу получено Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ [4].

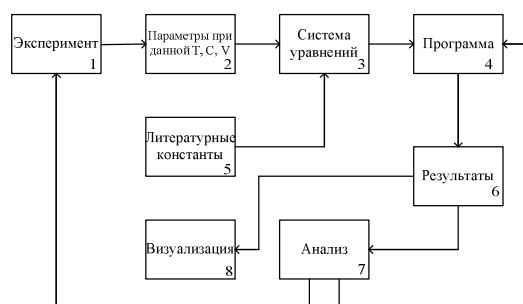


Рис. 1. Блок-схема программы «П2С2Р3КА»

Полученные значения констант равновесия позволили рассчитать равновесные концентрации ионов кальция в растворе в зависимости от содержания гидроксида аммония. В таблице 1 приведены равновесные концентрации ионов кальция при введении в раствор от 0,03 до 0,025 % мас. гидроксида аммония.

«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»

Резкое уменьшение равновесной концентрации ионов кальция в воде при незначительном содержании NH_4OH в растворе указывает на высокую скорость протекания процесса. Это хорошо иллюстрирует рис. 2.

Таблица 1

Зависимость равновесных концентраций ионов кальция от содержания гидроксида аммония в воде

Содержание NH_4OH в воде, % мас.	Равновесная концентрация ионов кальция, мг/дм ³
0	84,2
0,003	47,3
0,006	29,3
0,012	3,2
0,019	1,6
0,025	1,0

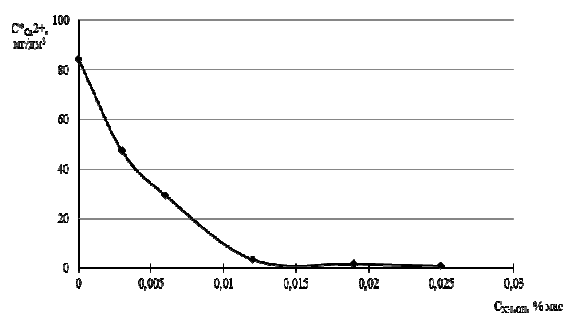


Рис. 2. Зависимость равновесной концентрации ионов Ca^{2+} в модельном растворе от содержания гидроксида аммония

Таким образом, рассчитанные равновесные значения при известных начальных концентрациях ионов кальция позволят определить поверхность контакта фаз для процесса удаления гидрокарбоната кальция с использованием гидрокарбоната кальция.

Работа выполнена по теме 7.1326.2014.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маланова Н.В., Коробочкин В.В., Косинцев В.И. Применение микропузырьковой обработки для снижения жесткости воды // Известия Томского политехнического университета. – 2014 – Т. 324 – №. 3. – С. 108–111.
2. Маланова Н.В., Косинцев В.И., Коробочкин В.В. Микрогетерогенные процессы в технологии умягчения подземных вод Западной Сибири // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2014 – Т. 57 – №. 1.
3. Маланова Н.В., Косинцев В.И., Сечин А.И. Физико-химические основы устранения солей временной жесткости при применении жидкофазного катализатора // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №6. – С.1–7.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009611006. Программная система расчета равновесных концентраций карбоната кальция в аммиачной среде (П2С2Р3КА) / М.Ю. Катаев, С.П. Журавков, Н.В. Маланова