

УДК 550.4.02

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ОСАЖДЕНИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В ЗОНЕ АЭРАЦИИ МАССИВА

Вашлаев И.И., Михайлов А.Г., Харитонов М.Ю., Свиридова М.Л.

ФГБУН Институт химии и химической технологии СО РАН (ИХХТ СО РАН), Красноярск, Россия (660036, Красноярск, Академгородок, 50, стр. 24), e-mail: chem@icct.ru

Данная работа посвящена исследованию процессов флюидного массопереноса в массиве пород и формированию в нем зон концентрации путем создания барьера испарения. Изучены параметры испарения от различных факторов и параметры вертикальной зональности осаждения цветных металлов в зоне аэрации массива. Для этих целей разработана и изготовлена экспериментальная установка для изучения вертикальной зональности осаждения вторичных минералов в приповерхностной зоне аэрации массива. Поддержание постоянного уровня раствора в массиве осуществлялось с помощью сосуда Мариотта, адаптированного к условиям эксперимента. В качестве флюида использованы растворы различной концентрации кобальта (II) азотнокислого 6-водного и никеля (II) азотнокислого 6-водного. Установлен характер осаждения водорастворимых нитратов Ni и Co в зависимости от условий капиллярного подъема раствора в зоне аэрации при прохождении испарительного барьера. Динамика скорости испарения имеет экспоненциальный вид и зависит в основном от влажности окружающего воздуха.

Ключевые слова: зона аэрации, влажность, капиллярное поднятие.

RESEARCH OF VERTICAL ZONALITY OF SEDIMENTATION OF NON-FERROUS METALS IN THE AERATION ZONE IN MASSIF

Vashlaev I.I., Mikhailov A.G., Kharitonova M. Y., Sviridova M.L.

Institute of Chemistry and Chemical Technology of SB RAS, Krasnoyarsk, Russia (660036, Krasnoyarsk, street Akademgorodok, 50), e-mail: chem@icct.ru

This operation is devoted to research of processes of a fluid mass transfer in an array of breeds and to formation of concentration zones in it by creation of a barrier of evaporation. evaporation parameters from different factors and parameters of vertical zonality of sedimentation of non-ferrous metals in a zone of aeration of an array are studied. For these purposes the experimental installation for study of vertical zonality of sedimentation of secondary minerals in a near-surface zone of aeration of an array is developed and made. Maintenance of constant level of solution in an array was carried out by means of a tank of Marriott adapted for experimental conditions. As a fluid solutions of different concentration of cobalt (II) nitrate 6-water and nickel (II) of the nitrate 6-water are used. Nature of sedimentation of water-soluble Ni and Co nitrates depending on conditions of capillary rise of solution in an aeration zone when passing a transpiration barrier is set. Speakers of speed of evaporation has an exponential appearance and depends generally on humidity of air.

Keywords: aeration zone, humidity, capillary raising.

Радикальное повышение эффективности освоения минеральных ресурсов в сочетании с экологической безопасностью может быть достигнуто на основе принципиально нового подхода извлечения полезных компонентов из недр со стадией селективного формирования зон концентрации полезных компонентов непосредственно в массиве с задействованием механизмов флюидных массообменных процессов как движущей силы преобразования и переноса рудного вещества [5]. Большая часть созданных природой месторождений и рудопроявлений полезных ископаемых обязана как раз флюидному массопереносу [7]. Инициирование направленного процесса вещественного и структурного преобразования массива включает «открытие» системы: создание в выбранном участке недр неравновесного

состояния, при котором потенциальная энергия недр приводит в направленное движение гомеостатические механизмы среды [3]. Изучению фильтрации водных растворов через горные техногенные объекты и изменения минералов, происходящее при этом, являются объектом изучения многих исследователей [2, 8, и др.]. Расчеты основных гидродинамических параметров приводятся в работах [1, 4, 6 и др.]

Данная работа посвящена исследованию процессов флюидного массопереноса в массиве пород. Инструментами в формировании зон концентрации служат закономерности движения флюидов в массиве и закономерности взаимодействия с поверхностью капилляров и закономерности осаждения при капиллярном подъеме растворов к дневной поверхности. Необходимо исследовать параметры испарения от различных факторов и вертикальную зональность осаждения цветных металлов в зоне аэрации массива.

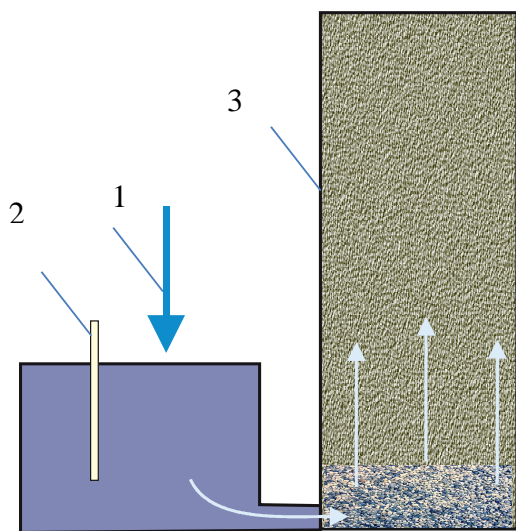
Основная часть

Формирование зон концентрации в массиве обосновывается закономерностями движения растворов и осаждения из них солей. Одним из надежных механизмов осаждения солей цветных металлов из растворов является испарительный барьер. Он присутствует в приповерхностной зоне массива, если уровень «зеркала» обводненности связан с атмосферой через зону аэрации. Испарительный барьер меняет концентрацию постепенным полным испарением воды из него по мере подъема к поверхности при прохождении раствором зоны аэрации. С целью определения закономерностей распределения содержания по высоте при прохождении растворов разной концентрации по зоне аэрации была проведена серия экспериментальных исследований на специально разработанной и изготовленной установке восходящего капиллярного подъема флюидов в массиве. Установка представляет собой колонну, в нижнюю часть которой подается раствор (рис. 1). Раствор капиллярным подъемом двигался по массиву вверх к поверхности, проходя, при этом, испарительный барьер в зоне аэрации с полным испарением воды.

Поддержание постоянного уровня раствора в массиве осуществляется на основе принципа сосуда Мариотта, который был адаптирован к условиям эксперимента. В качестве флюида использовали растворы различной концентрации кобальта (II) азотнокислого б-водного (10%, 50% и 80% его растворимости) и никеля (II) азотнокислого б-водного (также 10%, 50% и 80% его растворимости). Для исключения реакционных накладок материал массива представлен инертным материалом, а именно очищенным кварцевым песком фракции -0,5+0,2 мм.

В ходе эксперимента фиксировались следующие кинетические параметры движения растворов: дата и время опробования, объем израсходованного раствора, температура

окружающего воздуха, влажность воздуха, атмосферное давление. В начальный период, особенно в первые сутки для исследуемых площадей экспериментального массива



скорость движения составляет от 1200 до 4300 мл/ч*м² с характерным постепенным снижением скорости капиллярного подъема растворов.

Рис. 1. Схема экспериментальной установки капиллярного подъема растворов в приповерхностной зоне аэрации массива: 1 – емкость с раствором; 2 – регулятор уровня раствора; 3 – массив.

Для определения взаимосвязи скорости испарения от изучаемых параметров использован аппарат математической статистики. В результате применения множественной регрессии отобраны наиболее значимые факторы и получена зависимость скорости испарения (коэффициент множественной регрессии равен 0,86)

$$v_{исп} = 101,94 - 1,9481U + 2,845t - 0,0071T, \text{ мл/ч*м}^2$$

где $v_{исп}$ – скорость испарения, мл/ч*м²; U – влажность воздуха, %; t – температура воздуха, °С; T – продолжительность процесса, ч.

Таким образом, основными параметрами, влияющими на скорость испарения, являются влажность и температура окружающего воздуха, продолжительность процесса.

Первые кристаллы появились на поверхности массива через 39 дней при испарении раствора $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 80 % концентрации, что соответствует испарению раствора в количестве 23 мл/см², для раствора с 50 % концентрацией – через 46 дней, что соответствует испарению раствора в количестве 25 мл/см². Аналогичная картина наблюдается и для $\text{Ni}(\text{NiO}_3)_2$. Процесс появления кристаллов на поверхности массива показан на рис.2.

По окончании эксперимента отобраны пробы на содержание кобальта по зонам и влажности массива. Распределение содержания нитрата кобальта практически равномерное по всей высоте массива для 10% раствора и снижается от основания к поверхности на 20% и 80% для растворов в 50% и 80% (рис.3). Влажность массива в нижней части его близка к насыщению, что соответствует гидромиграционным процессам.

а)



б)



Рис. 2. Появление кристаллов $\text{Ni}(\text{NiO}_3)_2$ (а) и $\text{Co}(\text{CoO}_3)_2$ (б) на поверхности массива.

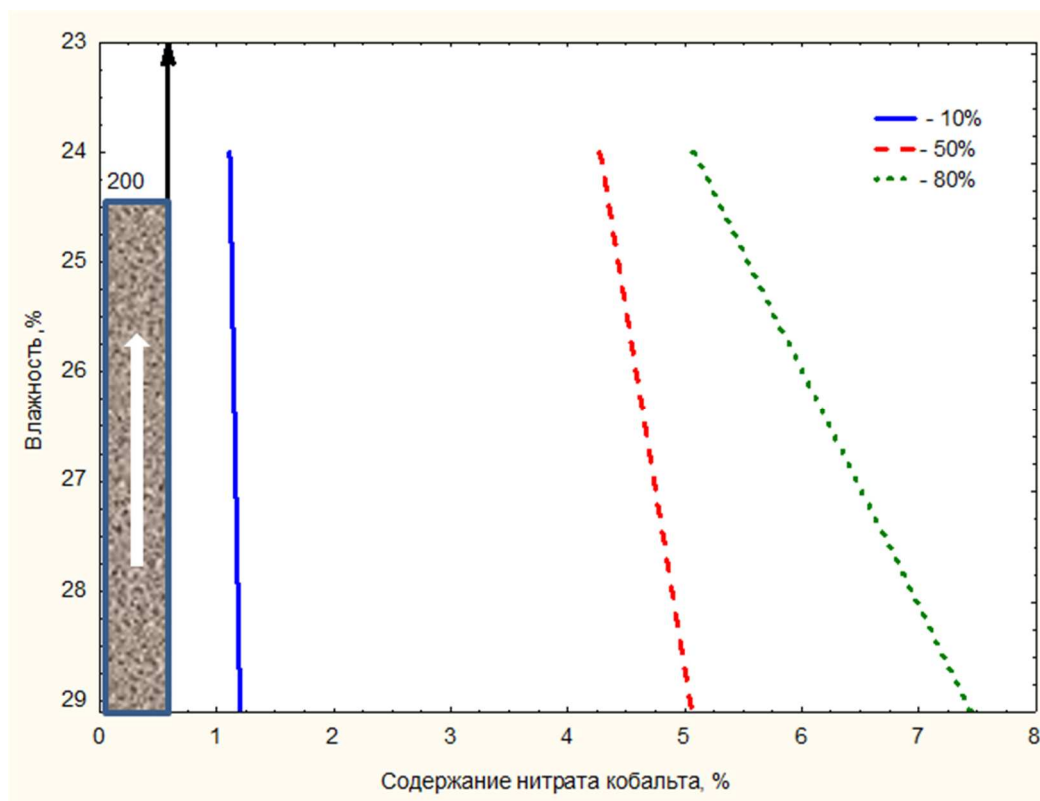


Рис. 3. Распределение содержания нитрата кобальта и влажности по высоте массива для условий разной концентрации подаваемого раствора.

Выводы.

Установлены основные факторы, влияющие на скорость испарения растворов, и получена их количественная взаимосвязь.

Характер осаждения водорастворимых нитратов Ni и Co зависит от условий капиллярного подъема раствора в зоне аэрации при прохождении испарительного барьера.

Осаждение происходит по всей зоне аэрации с линейным снижением содержания от «зеркала» обводненности к поверхности массива. Такое распределение характерно как для концентрированных растворов, так и относительно бедных. Отличие распределений в зависимости от концентрированности исходных растворов состоит в разной интенсивности снижения концентраций в направлении дневной поверхности массива.

Чем выше исходная концентрация раствора, тем выше интенсивность снижения содержания от нижних слоев к верхним. И наоборот, чем ниже исходная концентрация исходного раствора, тем равномернее распределяется содержание нитратов по высоте в зоне аэрации.

Список литературы

1. Басниев Л. С., Дмитриев Н. М., Розенберг Г. Д. Нефтегазовая динамика. – М.–Ижевск, 2005. – 544 с.
2. Зосин А.П., Приймак Т.И., Кошкина Л.Б. Экологические аспекты процессов геохимической трансформации минеральных отходов от переработки сульфидных медно-никелевых руд // Экологическая химия. – 2003.- 12(1).- С.33-40.
3. Макаров А.Б., Талалай А.Г. Техногенез и экология.- Екатеринбург: УГГГА, 1999.- С.4-41.
4. Пашковский И. С. Методы инфильтрационного питания по расчетам влагопереноса в зоне аэрации. – М.: Московский университет, 1973. – 119 с.
5. Пешков А.А. и др. Геотехнологическая подготовка месторождений полезных ископаемых.- М.: Наука, 2007.- 286 с
6. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод.- М: Наука, 1977.- 664 с.
7. Поспелов Г.Л. Парадоксы, геолого-геофизическая сущность и механизмы метасоматоза. - Новосибирск: Наука, 1973.- 355 с..
8. Чантурия В.А., Макаров Д.В., Макаров В.Н., Васильева Т.Н. Окисление нерудных и сульфидных минералов в модельных экспериментах и в реальных хвостохранилищах // Горный жур-нал.- 2000.- №4.- С.55-58

Рецензенты:

Гилев А. В., д.т.н., профессор кафедры Горных машин и комплексов ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск;

Брагин В. И., д.т.н., профессор кафедры Обогащения полезных ископаемых ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск.