

**СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ УРАНА (VI)
ИЗ МОДЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИМИ
АНИОНАМИ**

*Перлова О.В.¹, Дзязько Ю.С.², Перлова Н.А.¹, Галуцкая И.Ю.¹,
Пальчик А.В.², Храмышева Е.А.³*

¹Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
Украина, г. Одесса, e-mail: olga_perlova@onu.edu.ua

²Институт общей и неорганической химии им. В. И. Вернадского НАН
Украины, Украина, г. Киев, e-mail: dzyazko@gmail.com

³Мелитопольский государственный университет им. Б. Хмельницкого,
Украина, Запорожская обл., г. Мелитополь

Очистка техногенных вод, образующихся при переработке бедных урансодержащих руд от соединений урана (VI), является актуальной экологической проблемой. Одним из основных методов извлечения соединений урана из разбавленных водных растворов является сорбция.

поэтому важным является поиск эффективных сорбентов. Цель данной работы – оценить возможность использования органо-неорганических анионитов для извлечения соединений урана (VI) из модельных растворов.

Сорбатами служили соединения урана (VI), присутствующие в модельных растворах I, содержащих, мг/дм³: U (VI) – 50; NaHCO₃ – 1,7 г, а также в модельных растворах II, имитирующих карбонатные шахтные воды состава, мг/дм³: U (VI) – 7; Cl[–] – 140; NaHCO₃ – 460; Ca²⁺ – 10; Mg²⁺ – 70; SO₄^{2–} – 40. Растворы имели pH 8,0-8,4. В качестве сорбентов использовали анионообменную смолу ЭДЭ-10П (образец AC-0) и органо-неорганический анионит, полученный модификацией исходной смолы наночастицами гидратированного диоксида циркония (образец AC-I).

Как было показано нами ранее, уменьшение размера инкорпорированных частиц способствует возрастанию обменной емкости ионитов, с одной стороны, и повышению скорости сорбции, с другой. При осаждении в ионите нерастворимого соединения энергетически выгодным является укрупнение частиц за счет растворения мелких образований и пересадения с образованием более крупных. Влияние размера частиц на их растворимость отражает уравнение Оствальда-Фрейндлиха:

$$r_1 = \frac{\beta V_m \sigma}{RT \ln(C/C_\infty)} \quad (1)$$

Здесь r_1 – радиус первичных частиц, растворение которых с термодинамической точки зрения является выгодным, C и C_∞ – концентрации раствора осаждаемого соединения и насыщенного раствора, соответственно, V_m – его молярный объем, β – фактор формы, σ – поверхностное натяжение растворителя, R – универсальная газовая постоянная.

При образовании агрегата диффузия первичных частиц в грануле ионита происходит в соответствии с законом Фика:

$$J = D \text{ grad } C, \quad (2)$$

где J – поток первичных частиц, D и C – коэффициент их диффузии и концентрация, соответственно. С другой стороны, коэффициент диффузии определяется уравнением Стокса-Эйнштейна:

$$D = \frac{kT}{6\pi\eta r_1}, \quad (3)$$

где k – постоянная Больцмана, T – температура, η – динамическая вязкость растворителя, r_1 – радиус частиц. Объединение уравнений (1-3) дает:

$$J = \frac{R^2 T^2 \ln(C/C_\infty)}{6\pi N_a \eta \beta V_m \sigma} \text{ grad } C, \quad (4)$$

где N_a – число Авогадро, $J = (RT/(6\pi N_a \eta r_1)) \text{ grad } C$. Таким образом, регулируя температуру, концентрацию осадителя и вязкость растворителя, можно направленно влиять на размер инкорпорированных частиц, а следовательно, и на сорбционную активность модифицированных ионитов.

Опыты по сорбции и десорбции соединений урана (VI) проводили в статическом режиме при $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и непрерывном встряхивании в течение 15-300 мин. Содержание урана (VI) в растворах после сорбции (десорбции) определяли фотометрически с использованием арсеназо III.

Показано, что образцы *АС-0* и *АС-1* их при расходе 2 г/дм^3 без дополнительной корректировки pH эффективно (на $99,5 \pm 0,5\%$) извлекают соединения урана (VI) из карбонатных модельных растворов в течение 300 мин (модельный раствор I) и 120 мин (модельный раствор II), при этом концентрация урана в растворе уменьшается до ПДК. Изменение условий осаждения гидратированного ZrO_2 в фазе полимерной матрицы (изменение соотношения концентраций реагентов, замена растворителя (воды на глицерин)) приводят к уменьшению скорости сорбции карбонатных комплексов уранила соответствующими модифицированными анионитами при сохранении максимальной степени сорбции урана (VI).

Изучение десорбции соединений урана (VI) с поверхности изученных сорбентов с целью регенерации и повторного использования последних, а также концентрирования урансодержащих растворов показало, что образец *АС-1* регенерируются полнее и быстрее, чем образец *АС-0*. Так, степень десорбции урана I М раствором NaHCO_3 с поверхности образца *АС-0* составляет 66%, а с поверхности органо-неорганического анионита *АС-1* – 90%. Органо-неорганические аниониты сохраняют высокую сорбционную способность по отношению к соединениям урана, присутствующим в карбонатных растворах, после, как минимум, 5 циклов сорбции-регенерации.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АДСОРБЦИИ ЦИАНИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ МЕДИ (I) НА КАРБЕНОВЫХ ЦЕНТРАХ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ

Пичугина Д.А.¹, Никишина Н.А.¹, Кузьменко Н.Е.¹, Шестаков А.Ф.²,
Кубышкин С.А.³, Воробьев-Десятовский Н.В.³

¹Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, Москва, dashari@mail.ru.

²Институт проблем Химической Физики РАН, Российская Федерация, Черноголовка, a.s@icp.ac.ru.

³АО «Полиметалл Инжиниринг», Российская Федерация, Санкт-Петербург, Desatovs@polymetal.ru.

Известно, что цианидные комплексы меди конкурируют с комплексами золота за сорбционные центры активированного угля (АУ) и ухудшают показатели дальнейших промышленных процессов выделения