

Налибаева Арайлым Муратовна,

к.х.н., Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского, Казахстан,
e-mail: a.nalibayeva@ifce.kz

Абдикалыков Ерлан Нуржанулы,

Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского, Казахстан,
e-mail: abdikalykov.yerlan@gmail.com

Ильясова Орал Сериковна,

Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского, Казахстан,
e-mail: ilyassova.oral@mail.ru

Грабельных Валентина Александровна,

к.х.н., научный сотрудник, ФИЦ "Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН",
e-mail: venk@irioch.irk.ru;

Корчевин Николай Алексеевич,

д.х.н., профессор, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: korchevinna@yandex.ru

Розенцвейг Игорь Борисович,

д.х.н, профессор, Иркутский государственный университет,
e-mail: i_roz@irioch.irk.ru

**УЧЕТ ЖЕСТКО-МЯГКИХ СВОЙСТВ АТОМОВ ХАЛЬКОГЕНА
ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ ЭКСТРАГЕНТОВ И СОРБЕНТОВ
ДЛЯ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

Nalibaeva A.M., Abdikalykov Y.N., Ilyassova O.S., Grabelnykh V.A., Korchevin N.A., Rozentsveig I.B.

**ACCOUNTING FOR THE HARD-SOFT PROPERTIES OF CHALCOGEN ATOMS
IN THE DEVELOPMENT OF NEW EXTRACTANTS AND SORBENTS
FOR HEAVY METAL COMPOUNDS**

Аннотация. В работе рассмотрены подходы к созданию новых халькогенсодержащих экстрагентов и сорбентов для извлечения ионов тяжёлых металлов из водных растворов, включая сточные воды. Исследованы сера- и селенсодержащие экстрагенты, а также сера-, селен- и теллурсодержащие сорбенты для извлечения ионов кадмия, ртути, цинка, свинца и никеля. Установлено, что наиболее высокую сорбционную эффективность имеют серасодержащие реагенты.

Ключевые слова: ионы тяжёлых металлов, извлечение из растворов, теория Пирсона.

Abstract. The report discusses approaches to creating new extractants and sorbents for extracting heavy metal ions from aqueous solutions, including wastewater. Sulfur- and selenium-containing extractants, as well as sulfur-, selenium-, and tellurium-containing sorbents for the extraction of cadmium, mercury, zinc, lead, and nickel ions, have been studied. It has been established that sulfur-containing reagents have the highest sorption efficiency.

Keywords: heavy metal ions, extraction from solutions, Pearson's theory.

Сорбция и экстракция ионов тяжелых металлов из сточных вод и технологических растворов – один из наиболее важных методов очистки, извлечения и концентрирования металлов для рационального их использования. Постоянное ужесточение требований по экологической безопасности стимулирует разработку новых материалов для экстракции и адсорбции.

Извлечение ионов металлов органическими соединениями осуществляется либо путем ионного обмена, который основан на использовании дорогих ионообменных смол, либо путем координационного взаимодействия катионов металлов с донорными атомами экстрагента или сорбента. В последнем случае извлечение является более селективным, что обусловлено различной способностью донорных атомов вступать в координационную связь с ионами металлов различной природы [1].

Обобщением большого экспериментального материала о стабильности комплексов в растворах стала концепция жестких и мягких кислот и оснований Пирсона (ЖМКО). Согласно этой концепции, акцепторы электронов (в том числе ионы металлов) относятся к кислотам, а атомы – доноры электронов – к основаниям [1]. Все кислоты и основания делятся на жесткие, мягкие и промежуточной жесткости. Согласно принципу ЖМКО наиболее устойчивые координационные связи образуются между кислотами и основаниями с близкой жесткостью (мягкостью). К жестким кислотам относятся катионы: Li^+ , Na^+ , K^+ , Mg^+ , Ca^{2+} , Cr^{3+} и др. К мягким кислотам: Ag^+ , Cd^{2+} , Hg^{2+} и др. Кислоты промежуточной жесткости: Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Sn^{2+} и др. [2]. Атомы халькогенов, которые составляют основу большинства новых типов полимерных лигандов, по жесткости располагаются в ряд: $\text{O} >> \text{S} > \text{Se} \sim \text{Te}$.

Нами исследованы сера- и селенсодержащие экстрагенты, а также S, Se и Te-содержащие сорбенты для извлечения ионов Cd^{2+} , Hg^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} [2]. Показано, что наиболее эффективно извлекаются ионы ртути и кадмия, а из катионов промежуточной жесткости наиболее эффективно извлекаются цинк и свинец, причем серасодержащие реагенты в последнем случае работают более эффективно, по сравнению с селен- и теллурсодержащими аналогами.

Полученные данные позволяют прогнозировать пути создания эффективных экстрагентов и сорбентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP23489131).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Скопенко, В.В.** Цивадзе А.Ю, Савранский Л.И., Гарновский А.Д. Координационная химия / Скопенко, В.В. Цивадзе А.Ю, Савранский Л.И., Гарновский А.Д. – Москва: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 407 с. ISBN 978-5-94628-287-1

2. **Алтынникова, Е.Е.** Влияние природы атома халькогена на экстракционные и адсорбционные характеристики халькогенсодержащих олегомеров на основе хлорекса / Алтынникова, Е.Е., В.А. Грабельных и др. – Текст: непосредственный // "Известия ВУЗов Прикладная химия и биотехнология". 2021. – Т. 11. – С. 6-15.