

# Химия

---

УДК 661.183.1:669(33+53+243+253)

Е.Е. ЕРГОЖИН, Т.К. ЧАЛОВ, Т.В. КОВРИГИНА,  
К.Т. СЕРИКБАЕВА, А.И. НИКИТИНА

(АО « Институт химических наук им. А.Б. Бектурова », г. Алматы)

## НОВЫЙ АНИОННIT НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОГО ПРОИЗВОДНОГО ВИНИЛОВОГО ЭФИРА МОНОЭТАНОЛАМИНА, АЛЛИЛГЛИЦИДИЛОВОГО ЭФИРА И ПОЛИЭТИЛЕНИМИНА ДЛЯ СОРБЦИИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

### Аннотация

Представлены результаты исследований по извлечению ионов тяжелых металлов ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$ ) из водных модельных сульфатных растворов в статических условиях новым анионитом на основе эпоксидированного винилового эфира моноэтаноламина, аллилглицидилового эфира и полиэтиленимина. Установлено, что его сорбционная емкость в оптимальных условиях достигает следующих значений для ионов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$ : 705,2; 598,8; 536,4 и 436,0 мг/г соответственно.

**Тірек сөздер:** ауыр металдар ионы, сорбция, анионит, сорбция сыйымдылығы.

**Ключевые слова:** ионы тяжелых металлов, сорбция, анионит, сорбционная емкость.

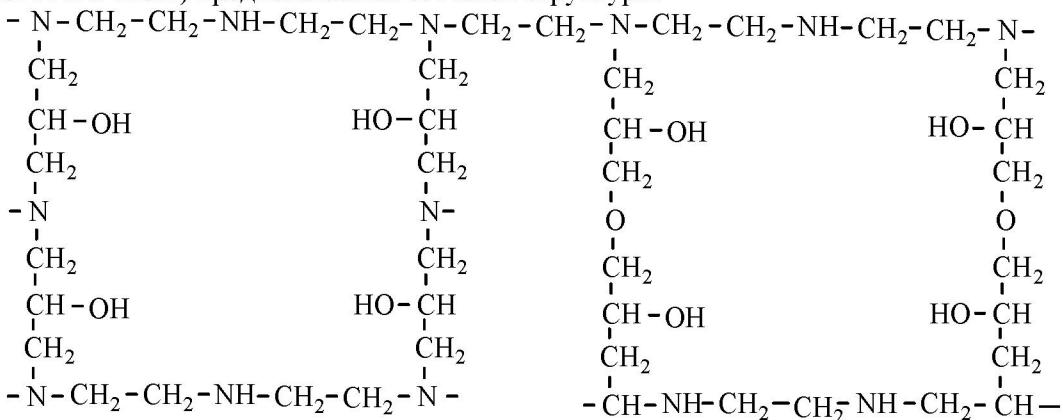
**Keywords:** heavy metal ions, sorption, anion exchanger, capacity sorption.

Для создания ресурсосберегающих технологических процессов большой интерес представляет разработка сорбционных методов очистки водных растворов различной природы от ионов тяжелых металлов [1]. Их соединения относятся к ядам кумулятивного, аддитивного, канцерогенного, мутагенного действия и входят в состав сточных вод многих предприятий цветной металлургии, машиностроительных, обогатительных, гальванических, радиотехнических и др. производств [2]. Содержание тяжелых металлов в жидких отходах в 10-20 раз превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) [3]. Современные технологии не обеспечивают эффективной очистки от них сточных вод, так после реагентной обработки, чаще всего применяемой на предприятиях, остаточное содержание металлов достигает 1-5 мг/л при ПДК для большинства из них 0,001-0,100 мг/л. Причем из-за несовершенства применяемых технологий и аппаратуры для извлечения ионов тяжелых металлов имеют место значительные их потери [4]. Например, в гальванотехнике потери солей тяжелых металлов составляют до 60-70%. Гальванотехническое производство относится к числу экологически опасных, отличается вредными условиями труда и большим количеством сточных вод [3]. Ежегодно в окружающую среду в РФ выбрасывается значительное количество токсичных гальванических стоков, содержащих около 50 тыс. т тяжелых металлов. Как правило, средний объем сточных вод, образующихся на одном гальваническом производстве, составляет 600-800 м<sup>3</sup>/сут. Значимой экологической проблемой горно-металлургической отрасли являются также шахтные воды, содержащие вредные соединения тяжелых металлов, которые загрязняют водоемы при сбросе рудничных вод [5,6]. Гидролитическая очистка этих стоков, как традиционный метод их переработки, не решает проблемы, поскольку связана с образованием трудно утилизируемых шламов. Более целесообразной может быть реализация ионообменной технологии, которая исключает образование вторичных отходов. Считается, что существенным недостатком процессов сорбции является высокая стоимость синтетических ионообменных материалов, но при этом не учитывается стоимость извлекаемых металлов. К достоинствам сорбционной очистки сточных вод относятся высокая эффективность, управляемость, возможность извлечения сразу нескольких ионов тяжелых металлов и их

рекуперация [7]. Значения емкости и избирательности по отношению к целевым ионам являются основными характеристиками при выборе сорбента для практического использования [8]. В связи с этим разработка новых эффективных сорбентов, обладающих высокими сорбционными и кинетическими свойствами по отношению к ионам тяжелых металлов является актуальной.

К наиболее перспективным для синтеза поликонденсационных ионитов относятся эпоксидные соединения, что обусловлено их высокой реакционной способностью, повышенной термической и химической устойчивостью, а также возможностью регулирования проницаемости конечных продуктов за счет использования мономеров с различным расстоянием между активными группами [9]. Для создания трехмерного макромолекулярного каркаса поликонденсационных ионитов исходные вещества должны содержать в молекуле не менее трех реакционноспособных групп или атомов.

Нами из эпоксидированного винилового эфираmonoэтаноламина (ЭВЭМЭА), аллилглицидилового эфира (АГЭ) и полиэтиленимина (ПЭИ) синтезирован новый анионит (ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ) предполагаемой сетчатой структуры:



Цель работы – изучение сорбции ионов тяжелых металлов новым анионитом ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ из модельных сульфатных растворов.

### Экспериментальная часть

Анионит ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ синтезировали поликонденсацией эпоксидированного винилового эфира monoэтаноламина, аллилглицидилового эфира и полиэтиленимина при массовом соотношении ЭВЭМЭА : АГЭ : ПЭИ, равном 1 : 1 : 2,5, температуре 75°C и продолжительности 2 ч, с последующим отверждением реакционной массы при температуре 110°C в течение 48 ч. Затем ее измельчали и получали ионит с размерами частиц 0,5-1,0 мм. Методом потенциометрического титрования было установлено, что ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ в OH-форме является слабоосновным анионитом. Статическая обменная емкость (СОЕ) анионита по 0,1 н раствору HCl составляет 14,7 мг-экв/г.

Сорбцию ионов Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup> и Zn<sup>2+</sup> анионитом ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ в OH-форме (размер зерен 0,5–1,0 мм) изучали в статических условиях при соотношении сорбент : раствор, равном 1:400, комнатной температуре 20±2°C, варьируя концентрацию металлов в растворах сульфатов от 0,2 до 2,6 г/л и их кислотность в пределах pH от 0,8 до 6,1 добавлением 0,1 н раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Продолжительность контакта сорбента с растворами составляет от 30 мин до 7 сут. Для приготовления модельных растворов использовали соли CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O, NiSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O, CoSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O, ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O марки «х.ч».

Сорбционную емкость (СЕ) рассчитывали по разности исходной и равновесной концентрации растворов, которую определяли методом классической полярографии на фоне 0,5

М раствора NH<sub>4</sub>Cl по волнам восстановления Cu<sup>2+</sup> (E<sub>1/2</sub>= - 0,16 В), Ni<sup>2+</sup> (E<sub>1/2</sub>= - 1,12 В), Co<sup>2+</sup> (E<sub>1/2</sub> = - 1,36 В) и Zn<sup>2+</sup> (E<sub>1/2</sub> = - 1,02 В). Полярограммы снимали на универсальном полярографе ПУ-1 в терmostатированной ячейке при температуре 25±0,5°C, используя ртутный капающий электрод. Кислород из анализируемых растворов удаляли путем продувания аргона в течение 5 мин. В качестве электрода сравнения служил насыщенный каломельный электрод.

Структуру поверхности анионита исследовали методом электронной микроскопии на сканирующем микроскопе JSM 6510LA фирмы JEOL (Япония) при разрешающей способности микроскопа  $30 \text{ \AA}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

### Результаты и обсуждение

Было изучено влияние концентрации сернокислых растворов на извлечение ионов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  анионитом ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ в  $\text{OH}^-$ -форме (рисунки 1,2).

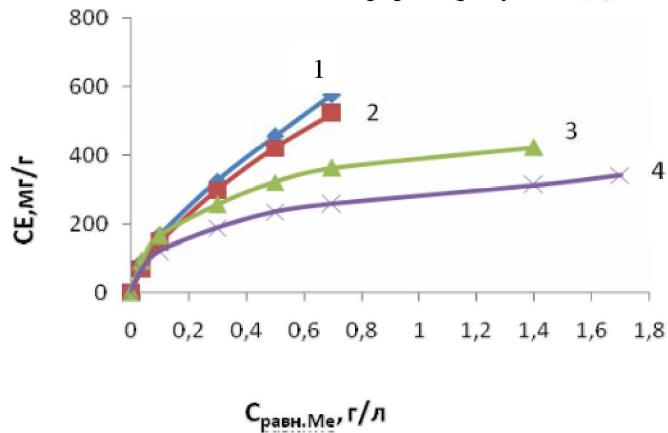


Рисунок 1 – Изотермы сорбции ионов  $\text{Cu}^{2+}$  (1),  $\text{Ni}^{2+}$  (2),  $\text{Zn}^{2+}$  (3) и  $\text{Co}^{2+}$  (4) из сернокислых растворов анионитом ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ. Продолжительность контакта 7 сут

Как видно из рисунка 1, анионит ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ обладает высокой поглощающей способностью по отношению к катионам  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Ni}^{2+}$  и несколько хуже сорбирует ионы  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$ . При извлечении ионов тяжелых металлов из растворов, содержащих 2,0–2,6 г/л металлов, СЕ анионита ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ достигает значений по ионам  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  соответственно 565,6; 522,8; 433,2 и 341,6 мг/г.

Из рисунка 2 следует, что степень извлечения (A) ионов тяжелых металлов с повышением их концентрации в сернокислых растворах уменьшается.

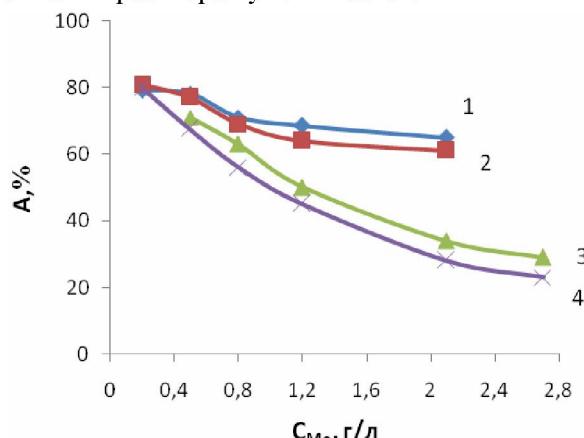


Рисунок 2 – Зависимость степени извлечения ионов  $\text{Cu}^{2+}$  (1),  $\text{Ni}^{2+}$  (2),  $\text{Zn}^{2+}$  (3) и  $\text{Co}^{2+}$  (4) от концентрации сернокислых растворов анионитом ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ. Продолжительность контакта 7 сут

При этом для ионов  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  наблюдается более сильное падение значений A, чем для катионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Ni}^{2+}$ . При поглощении ионов тяжелых металлов из растворов сульфатов с их концентрацией 0,2 - 0,3 г/л степень извлечения ионов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  практически одинакова и составляет 75,6 – 80,7 %.

Сорбция ионов тяжелых металлов в значительной степени зависит от величины pH растворов, а также от кинетической активности ионитов. Нами установлены оптимальные значения pH сульфатных растворов, при которых наблюдается максимальная поглощающая способность анионита ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ по отношению к ионам  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  (таблица).

Таблица –Сорбционные свойства анионита ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ по отношению к ионам тяжелых металлов

Катион	рН	СЕ		$\tau_{\text{равн}}$ , ч
		мг/г	мг-экв/г	
Cu <sup>2+</sup>	4,1	705,2	22,2	48
Ni <sup>2+</sup>	6,1	598,8	20,4	24
Zn <sup>2+</sup>	0,8	536,4	16,4	5
Co <sup>2+</sup>	5,4	436,0	14,8	1

Как видно из данных таблицы, ряд избирательности ионов тяжелых металлов для анионита ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ имеет вид: Cu<sup>2+</sup> > Zn<sup>2+</sup> > Ni<sup>2+</sup> > Co<sup>2+</sup>, что несколько отличается от ряда избирательности для хелатных азотфосфорсодержащих ионитов на основе этилендиамина и диэтилтриамина (Cu<sup>2+</sup> > Ni<sup>2+</sup> > Zn<sup>2+</sup> > Co<sup>2+</sup>) [10]. Показано [4], что сорбционная способность минерала – брусила по отношению к металлам уменьшается в ряду: Cu<sup>2+</sup> > Zn<sup>2+</sup> > Co<sup>2+</sup> > Ni<sup>2+</sup>. Время достижения равновесного состояния между анионитом ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ и растворами CuSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>, NiSO<sub>4</sub>, CoSO<sub>4</sub> изменяется в обратной последовательности.

Значения СЕ аминосодержащего хемосорбционного полiamидного волокна ПОЛАН-ОГ при извлечении из растворов, содержащих 1 г/л ионов тяжелых металлов, составляет по ионам Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> соответственно 98,36; 99,24; 99,44; мг/г [11]. Лучшие результаты по извлечению ионов Cu<sup>2+</sup> при рН 4-5 из растворов, полученных при выщелачивании серной кислотой руд Жезказганского и Кальмакырского месторождений и содержащих 1,50-6,25 г/л меди, показал промышленный полиамфолит АНКБ, в котором помимо аминных групп содержатся карбоксильные [12]. СЕ на нем по ионам Cu<sup>2+</sup> достигает 120-160 мг/г. СЕ пористого анионита АМ-26 смешанной основности и гелевого высокососновного анионита АМП по ионам Zn<sup>2+</sup> при их извлечении из растворов ZnSO<sub>4</sub>, содержащих 14,6 – 15,0 г/л цинка, равняется соответственно 88 и 151 мг/г, а степень извлечения – 6 и 10 % мас. [13]. Промышленные аниониты ВП-1П, АВ-17, АН-31 и АНКБ-35 имеют СЕ по ионам Zn<sup>2+</sup>, равную соответственно 3,4 (рН 4,5), 3,0 (рН 11,0), 2,2 (рН 3,8) и 0,57 (рН 2,9) мг-экв/г [14]. При адсорбции Zn<sup>2+</sup> на новом циклодекстриновом полимере установлено [15], что равновесие в системе достигается за 300 мин, оптимальная величина рН составляет 5-5,6 и СЕ составляет 0,78 ммоль/г (51,0 мг/г). На биосорбенте – отходе производства ферментного препарата мегатерии при извлечении ионов Co<sup>2+</sup> из раствора, содержащего 0,2 г/л кобальта, равновесие наступает через 30 мин, СЕ и степень извлечения равняются 2,9 мг/г и 27% [16]. При использовании в качестве сорбента шелухи маниоки максимальная емкость по ионам Co<sup>2+</sup> достигает 41,8 мг/г [17]. Из сопоставления литературных данных с найденными значениями СЕ нового анионита ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ следует, что он обладает более высокой извлекающей способностью по отношению к ионам тяжелых металлов, чем известные и промышленные аниониты. Это, очевидно, обусловлено химической структурой полимерной матрицы ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ и строением его поверхности (рисунок 3).

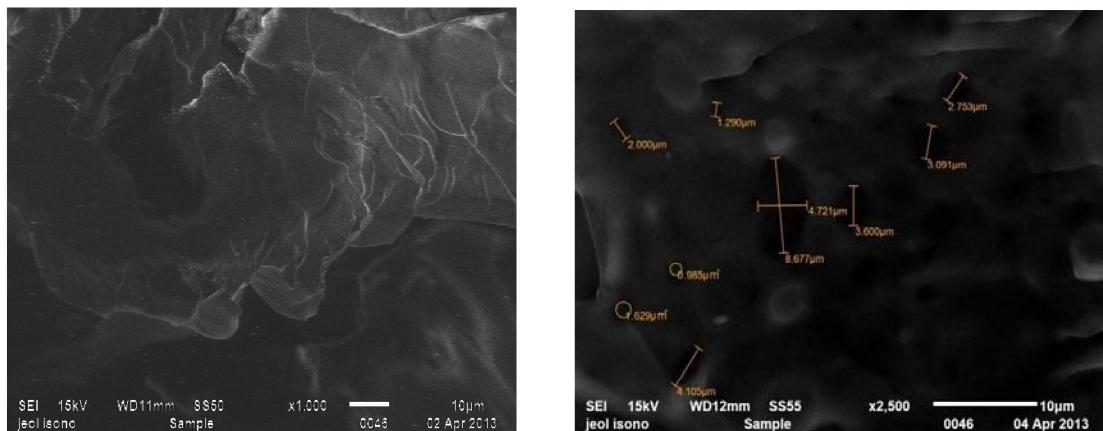


Рисунок 3 – Электронные микроснимки поверхности анионита ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ

Данные электронной микроскопии показывают, что анионит ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ имеет развитую складчатую поверхность, пронизанную множеством макропор, размеры которых колеблются в широких пределах от 0,985 до 8,677 мкм.

Сорбция анионитами катионов тяжелых металлов объясняется образованием координационных связей по донорно-акцепторному механизму между электронно-донорными атомами ионита (N,O) и вакантной орбиталью иона металла [18]:



При этом изменение кислотности раствора будет влиять на процесс связывания ионов металлов функциональными группами сорбента, так как энергия координационной связи  $L \rightarrow H^+$  больше энергии связи  $L \rightarrow M$  ( $L$  и  $M$  соответственно лиганд и металл) [19]. Именно поэтому для исследования сорбции ионов тяжелых металлов нами использована полностью депротонированная OH – форма анионита ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ.

### Заключение

Таким образом, изучены сорбционные и кинетические свойства нового анионита на основе эпоксидированного винилового эфира моноэтаноламина, аллилглицидилового эфира и полиэтиленамина в статических условиях. Установлено, что анионит ЭВЭМЭА-АГЭ-ПЭИ обладает более высокой извлекающей способностью, по отношению к катионам  $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  и  $Co^{2+}$ , чем промышленные аниониты. Благодаря этому его можно использовать для эффективного группового извлечения ионов тяжелых металлов в гидрометаллургических процессах.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Никиророва Т.Е., Козлов В.А., Багровская Н.А., Родионова М.В. Сорбционные свойства ферментативно модифицированного льняного волокна // Журн. приклад. химии. 2007. Т.80. Вып.2. С.236-241.
- 2 Домрачева В.А., Шийрав Г Сорбционное извлечение ионов тяжелых металлов углеродными сорбентами в динамических условиях // Цветные металлы. 2013. №5. С. 24-27.
- 3 Киреев Д.С., Белоглазов И.Н., Эль-Салим С.З. Интенсификация процесса сорбции цветных металлов из сточных вод в переменном электрическом поле // Цветные металлы. 2007. №5. С.42-45.
- 4 Бочкарев Г.Р., Пупкарева Г.И., Маслый А.И., Белобаба А.Г. Комбинированная технология извлечения ионов тяжелых металлов из техногенных растворов и сточных вод // Цветные металлы. 2008. №1. С.19-22.
- 5 Тимофеев К.Л., Набойченко С.С., Лебедь А.Б., Акулич Л.Ф. Сорбционная технология извлечения цветных металлов из шахтных вод // Известия вузов. Цветная металлургия. 2012. №6. С.7-10.
- 6 Скороходов В.И., Аникин Ю.В., Радионов Б.К., Ашихин В.В., Акулич Л.Ф. Сорбционное извлечение цветных металлов из шахтных вод // Цветные металлы. 2000. №11-12. С.71-73.
- 7 Зубарева Г.И. Методы очистки кислотно-щелочных сточных вод гальванического производства от ионов тяжелых металлов // Известия вузов. Цветная металлургия. 2002. №1. С. 4-7.
- 8 Бобкова Л.А., Козик В.В., Односторонцева Т.В., Петрова В.В. Избирательность сорбции ионов кобальта (II), никеля (II), меди (II), макросетчатым карбоксильным катионитом КБ – 27 из водно-солевых растворов щелочных металлов // Журн. приклад. химии. 2012. Т.85. Вып. 7. С. 1084-1089.
- 9 Ергожин Е.Е., Бегенова Б.Е., Чалов Т.К. Азотсодержащие сорбенты // Хим. журн. Казахстана. 2009. №4. С.143-153.
- 10 Грачек В.И., Шункевич А.А., Марынкевич Р.В. Синтез сорбционные свойства новых волокнистые азотсодержащих ионитов // Журн. приклад. химии. 2011. Т.84. Вып. 8. С. 1270 – 1275.
- 11 Дружинина Т.В., Смоленская Л.М., Струганова М.А. Сорбция тяжелых металлов их модельных растворов аминосодержащим хемосорбционным полиамидным волокном // Журн. приклад. химии. 2003. Т. 76. Вып. 12. С. 1976 – 1980.
- 12 Лебедев К.Б., Казанцев Е.И., Розманов В.М., Пахолков В.С., Чемезов В.А. Иониты в цветной металлургии. М: Металлургия. 1975. 352с.
- 13 Патент № 2389551 РФ. Сорбционное извлечение ионов цинка из кислых хлоридных растворов / Воропанова Л.А., Гагиева З.А., Вильнер Н.А. Опубл. 20. 05. 2010.
- 14 Скороходов В.И., Радионов Б.К., Горяева О.Ю. Сорбция комплексных ионов цинка ионитами их хлоридных растворов // Журн. приклад. химии. 2004. Т. 77. Вып. 9. С. 1456 – 1461.
- 15 Li Ning, Mei Zheng. Zhongguo huanjing kexue // China Environ Sci. 2012. Т.32. №7. С. 1210 – 1215.

- 16 Комарова Н.Н., Сульман Э.М. Исследование закономерностей процесса сорбции ионов тяжелых металлов (свинца, никеля, кобальта) отходом производства ферментного препарата мегатерии // Журн. приклад. химии. 2002. Т.75. Вып. 3. С. 520 – 528.
- 17 Kosasih Aline Natasia, Febrianto Jonathan, Sunarso Jaka, Ju Yi -Hsu, Indraswati Nani, Ismadji Suryadi. Sequestering of Co(II) from aqueous solution using cassava peel (*Manihot exculenta*) // J. Hazardous Mater. 2010. 180. № 1-3. С. 366-374.
- 18 Челнакова П.Н. Колодяжный В.А. Селективное извлечение катионов цветных металлов из сточных вод слабоосновными анионитами // Журн. приклад. химии. 2004. Т.77. Вып. 1. С. 78-82.
- 19 Никифорова Т.Е., Козлов В.А. Особенности сорбции ионов тяжелых металлов целлюлозосодержащим сорбентом из водных сред // Журн. приклад. химии. 2010. Т. 83. Вып. 10. С. 1642 – 1645.

#### REFERENCES

- 1 Nikiforova T.E., Kozlov V.A., Bagrovskaja N.A., Rodionova M.V. Sorbcionnye svojstva fermentativno modificirovannogo l'njanogo volokna. *Zhurn. priklad. himii.* – 2007. Т.80.-Vyp.2.-s.236-241. (in Russ.)
- 2 Domracheva V.A., Shijrav G. Sorbcionnye izvlechenie ionov tjazhelyh metallov uglerodnymi sorbentami v dinamicheskikh uslovijah. *Cvetnye metally.* – 2013. - №5.-s. 24-27. (in Russ.)
- 3 Kireev D.S., Beloglazov I.N., Jel'-Salim S.Z. Inteksivikacija processa sorbciij cvetnyh metallov iz stochnyh vod v peremennom jelektricheskom pole. *Cvetnye metally.* – 2007. - №5. –S.42-45. (in Russ.)
- 4 Bochkarev G.R., Pushkareva G.I., Maslij A.I., Belobaba A.G. Kombinirovannaja tehnologija izvlechenija ionov tjazhelyh metallov iz tehnogennyh rastvorov i stochnyh vod // *Cvetnye metally.* – 2008. - №1.-s.19-22. (in Russ.)
- 5 Timofeev K.L., Nabojenko S.S., Lebed' A.B., Akulich L.F. Sorbcionnye tehnologija izvlechenija cvetnyh metallov iz shahnyh vod. *Izvestija VUZOV. Cvetnaja metallurgija.* – 2012. - №6. – s.7-10. (in Russ.)
- 6 Skorohodov V.I., Anikin Ju.V., Radionov B.K., Ashihin V.V., Akulich L.F. Sorbcionnoe izvlechenie cvetnyh metallov iz shahnyh vod. *Cvetnye metally.* – 2000. - №11-12. – s.71-73. (in Russ.)
- 7 Zubareva G.I. Metody ochistki kislotno-shhelochnyh stochnyh vod gal'vanicheskogo proizvodstva ot ionov tjazhelyh metallov. *Izvestija VUZOV. Cvetnaja metallurgija.* – 2002. - №1. – s. 4-7. (in Russ.)
- 8 Bobkova L.A., Kozik V.V., Odnostoronneva T.V., Petrova V.V. Izbiratel'nost' sorbciij ionov kobal'ta (II), nikel' (II), medi (II), makrosetchatyh karboksil'nym kationitom KB – 27 iz vodno-solevyh rastvorov shhelochnyh metallov. *Zhurn. priklad. himii.* – 2012. – Т.85. – Vyp. 7. – S. 1084-1089. (in Russ.)
- 9 Ergozhin E.E., Begenova B.E., Chalov T.K. Azotsoderzhashhie sorbenty. *Him.zhurn.Kazahstana.* – 2009. - №4. – S.143-153. (in Russ.)
- 10 Grachev V.I., Shunkevich A.A., Marcinkevich R.V. Sintez sorbcionnye svojstva novyh voloknistye azotsoderzhashhih ionitov. *Zhurn. priklad. himii.* – 2011. - Т.84. – Vyp. 8. – S. 1270 – 1275. (in Russ.)
- 11 Druzhinina T.V., Smolenskaja L.M., Struganova M.A. Sorbcija tjazhelyh metallov ih model'nyh rastvorov aminosoderzhashhim hemosorbciionnyh poliamidnym voloknom. *Zhurn. priklad. himii.* – 2003. – Т. 76. – vyp. 2003. – S. 1976 – 1980. (in Russ.)
- 12 Lebedev K.B., Kazancev E.I., Rozmanov V.M., Paholkov V.S., Chemerov V.A. Ionity v cvetnoj metallurgii. *M: Metallurgija.* 1975. 352s. (in Russ.)
- 13 Patent № 2389551 RF. Sorbcionnoe izvlechenie ionov cinka iz kislyh hloridnyh rastvorov. Voronanova L.A., Gagieva Z.A., Vil'ner N.A. Opubl. 20. 05. 2010. (in Russ.)
- 14 Skorohodov V.I., Radionov B.K., Gorjaeva O.Ju. Sorbcija kompleksnyh ionov cinka ionitami ih hloridnyh rastvorov . *Zhurn. priklad. himii.* – 2004. – Т. 77. – Vyp. 9. – S. 1456 – 1461. (in Russ.)
- 15 Li Ning, Mei Zheng. Zhongguo huanjing Kexxne. *China Environ Sci.* – 2012. – Т.32. - №7. – S. 1210 – 1215. (in Russ.)
- 16 Komarova N.N., Sul'man Je.M. Issledovanie zakonomernostej processa sorbciij ionov tjazhelyh metallov (svinca, nikelja, kobal'ta) othodom proizvodstva fermentnogo preparata megaterii. *Zhurn. priklad. himii.* – 2002. – Т.75. – Vyp. 3. – S. 520 – 528. (in Russ.)
- 17 Kosasih Aline Natasia, Febrianto Fonathan, Sunarso Faka, Fu Yi -Hsu, Indraswati Nani, Ismadji Suryadi. Sequestering og Cu (II) from aqueous solution using cassava peel (*Manihot exculenta*). 7. *Hazardous Mater.* – 2010. – 180.- № 1-3. – С. 366-374. (in Russ.)
- 18 Chelnakova P.N. Kolodjazhnyj V.A. Selektivnoe izvlechenie kationov cvetnyh metallov iz stochnyh vod slabooxonovymi anionitami. *Zhurn. priklad. himii.* 2004. Т.77. Vyp. 1. S. 78-82. (in Russ.)
- 19 Nikiforova T.E., Kozlov V.A. Osobennosti sorbciij ionov tjazhelyh metallov celljulozosoderzhashhim sorbentom iz vodnyh sred. *Zhurn. priklad. himii.* 2010. Т. 83. Vyp. 10.S. 1642 – 1645. (in Russ.)

## Резюме

*E.E. Ерғожин, Т.К. Чалов, Т.В. Kovrigina, К.Т. Серікбаева, А.И. Никитина*

(«Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы қ.)

### АУЫР МЕТАЛЛ ИОНДАРЫН СОРБЦИЯЛАУ ҮШІН ЭПОКСИДЕЛГЕН ТУЫНДЫ МОНОЭТАНОЛАМИННІҢ ВИНИЛДІК ЭФИРІ, АЛЛИЛГЛИЦИДИЛДІ ЭФИР ЖӘНЕ ПОЛИЭТИЛЕНИМИН НЕГІЗІНДЕГІ ЖАҢА АНИОНИТ

Эпоксидтеген моноэтаноламиннің винилдік эфири, аллилглицидилді эфир және полиэтиленимин негізіндегі жаңа анионитпен статистикалық жағдайда сұлы модельді сульфатты ерітінділерден ауыр металл иондарын сіңіру бойынша зерттеу нәтижелері көрсетілді. Оның сорбциялық сыйымдылығы онтайлы жағдайда  $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  и  $Co^{2+}$  иондары үшін сәйкесінше келесідей мәндерге жетеді 705,2; 598,8; 536,4 и 436,0 мг/г.

**Тірек сөздер:** ауыр металдар ионы, сорбция, анионит, сорбция сыйымдылығы.

## Summary

*E.E. Ergozhin, T.K. Chalov, T.V. Kovrigina, K.T. Serikbaeva, A.I. Nikitina*

(JSC "A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences", Almaty)

### NEW ANION EXCHANGE RESIN BASED ON EPOXY VINYL ESTER DERIVATIVE OF MONOETHANOLAMINE, ALLYLGLYCIDYL ETHER, AND POLYETHYLENIMINE FOR THE SORPTION OF HEAVY METAL IONS.

The results of studies were submitted on the recovery of heavy metal ions ( $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  and  $Zn^{2+}$ ) in aqueous solutions of sulfate model under static conditions by new anion exchanger. The anion exchanger based on epoxidized monoethanolamine vinyl ether, allyl glycidyl ether and polyethylene imine. Established that its sorption capacity under optimal conditions reaches the following values for the ions  $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  and  $Co^{2+}$ : 705,2; 598,8; 536,4 and 436,0 mg / g, respectively.

**Keywords:** heavy metal ions, sorption, anion exchanger, capacity of sorption.

Поступила 08.01.2014 г.