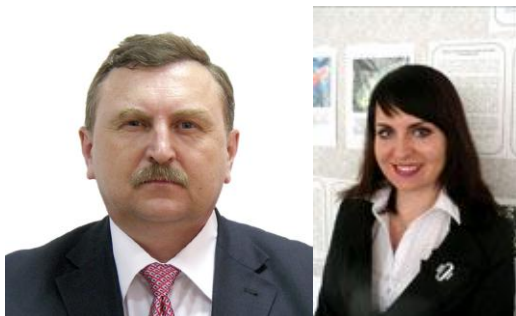


# НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РТУТЬЮ

Никитин Е.Б.<sup>1</sup>, Бартенева Т.Е.<sup>2</sup>



<sup>1</sup>Никитин Евгений Борисович – доктор ветеринарных наук, профессор;

<sup>2</sup>Бартенева Тамара Евгеньевна – магистр биотехнологии,  
кафедра химических и биологических технологий  
Инновационный Евразийский университет,  
г. Павлодар, Республика Казахстан

**Аннотация:** в статье анализируется возможность создания инновационной экономически выгодной технологии глубокой очистки водных сред от ртути до уровня 1-10 частей на триллион, которая будет апробирована для очистки объектов озера Былкылдак в районе Павлодара.

**Ключевые слова:** ртуть, серебро, наночастицы, водные среды, иммобилизация, сорбенты, кремнезем.

Объектом исследования явились вода и донные отложения озера Балкылдак Павлодарской области, загрязнённые ртутьсодержащими отходами.

Цель работы - создание инновационной экономически выгодной технологии глубокой очистки водных сред от ртути до уровня 1-10 частей на триллион, которая будет апробирована для очистки объектов озера Былкылдак в районе Павлодара.

Пробоподготовка и анализ проводился в соответствии с SOP (Standart Operation Procedure) по требованиям группы стандартов ISO.

Анализ образцов воды проводился с использованием масс-спектрометра марки Optimal Emission Spectrometer Optima 2100 DV (Perkin Elmer) с различной длиной волны. Перед анализом в каждый образец добавляли по 2 капли концентрированной азотной кислоты для консервирования.

Перед анализом проб проводили калибровку стандарт - титром раствора ртути в разведениях 0, 2мг/л, 5 мг/л, 10 мг/л, 20 мг /л. После калибровки прибора исследовали образцы воды на количественное содержание ртути.

Было подтверждено, что в пробе № 1 содержание ртути превышает ПДК в более 280 раз для сточных вод, и более чем в 2000 раз ПДК для питьевых и поверхностных вод.

Анализ динамики миграционных особенностей ртути проводили с использованием прибора ICP (Optimal Emission Spectrometer, Parkin Elmer Optima 2100 Dv).

В настоящее время в Казахстане не разработаны ПДК для содержания ртути в донных отложениях, поэтому для сравнения мы использовали ПДК содержания ртути в почве, которая составляет 2,1 мг/л Hg [6].

Для анализа проб использовали следующие разведения растворов металлов: 0,5 мг/л, 1 мг/л, 2 мг/л, 5 мг/л, 10 мг/л. в 3 повторах. Для сравнения с ПДК использовали среднюю арифметическую концентрацию содержания металла в воде и донных отложениях. Были определены следующие виды металлов: Li, Cr, Fe, Ca, Hg, As, Sc. [1,3]

Результаты исследований показали, что в пробах воды и данных отложений наблюдается повышенное содержание железа и кальция. Согласно данным содержание железа и кальция в озере Былкылдак превышает их ПДК в несколько раз. Наличие данных металлов объясняется их использованием в процессе электролитического производства.

Присутствие остальных металлов объясняется такими же причинами. Все указанные металлы в различной степени являются отходами производства. Их количество в определенных пробах превышает их ПДК.

Было установлено, что наблюдается уменьшение содержания всех металлов по слоям глубины. Данный результат закономерен в стоячем водоеме, т.к. вымывания из озера не происходит. Донные отложения выполняют фильтрационную функцию, о чем свидетельствует максимальная концентрация

всех металлов в верхнем почвенном слое донных отложений. Вероятно, что верхний слой донных отложений является буфером между сточными водами и более глубокими слоями, который аккумулирует все загрязняющие вещества. Однако наблюдается разница в распределении металлов в пробах воды и седиментов.

На основе изучения различных модификаций процессов удаления ртути из водных сред был испытан способ удаления ртути с помощью модифицированной угольной золой природных цеолитов.

Были изучены свойства двух синтетических модифицированных цеолитов (Уголь + НЧ Ag) и их способность к селективному удалению ртути (Hg) из сточных вод [5].

Цеолиты были предварительно обработаны  $\text{AgNO}_3$ , затем термически обработаны и промыты  $\text{NaBH}_4$ .

Снимок поверхности К-СФА с использованием метода SEM показал адсорбцию НЧ Ag на поверхности сорбента (рис. 1). Гранулы наночастиц имеют различный объем, однако одинаковую форму – в виде шариков, что может быть более активно устойчивой и «улавливающей» формой для ртути в воде [8].

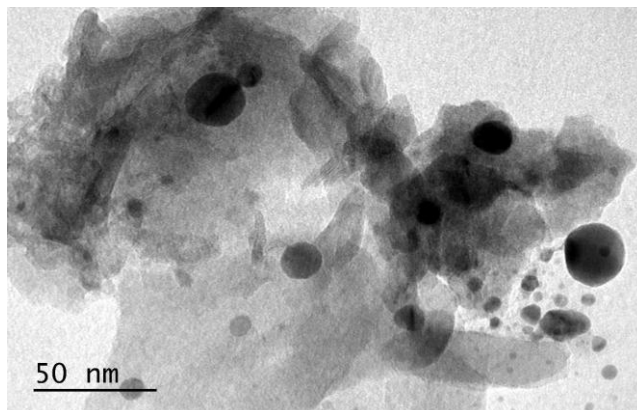


Рис. 1. Микрофотография синтетического цеолита, модифицированного уголь + НЧ Ag

Была изучена способность двух видов цеолитов адсорбировать ртуть из раствора. Физико-химические свойства поверхности 2 видов цеолитов К-СФА и К-ZFA были изучены методом XPS [10] на определение функциональных групп на их поверхности. Установлены следующие функциональные группы (таблица 1).

Таблица 1. Результаты XPS анализа

Функциональные группы	К-СФА	К-ZFA
$\text{Na}_2\text{O}$	0.67	4.44
$\text{Al}_3\text{O}_3$	25.76	30.88
$\text{SiO}_2$	49.80	32.48
$\text{CaO}$	2.79	2.39
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	16.07	23.06

Для анализа способности цеолитов к адсорбции ртути из сточных вод было проведено исследование на модельных растворах с концентрацией 10300 нг/г, с  $\text{pH}=1.98$ ;  $\text{Cond.}=2.68 \text{ mS/cm}$  ( $\text{HgCl}_2$ ) и  $\text{pH}=1.94$ ;  $\text{Cond.}=2.65 \text{ mS/cm}$  ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Таблица 2).

Таблица 2. Результаты адсорбции ртути из модельных растворов синтетическими цеолитами

Тип адсорбента	Концентрация ртути в растворе после 24 часов адсорбции (нг/г)	% адсорбции ртути (%)
М-СФА	9400	8,74
	9570	7,09
К-СФА	9901	3,87
	9899	3,89
М-ZFA	3070	70,19
	3434	66,66
К-ZFA	2528	75,46
	2216	78,49

Результаты показывают, что цеолит из изученных образцов наилучшую адсорбционную способность показали цеолиты М-ZFA и К-ZFA. Цеолиты М-СФА и К-СФА показали худшую способность к адсорбции ртути.

Адсорбционная способность цеолитов далее была апробирована на прототипе установки по удалению ртути из воды.

### *Список литературы*

1. *Li P. et al.* Human inorganic mercury exposure, renal effects and possible pathways in Wanshan mercury mining area, China. *Environmental Research*, 2015. 140: P. 198-204.
2. *Doker S. and Boşgelmez İ.İ.* Rapid extraction and reverse phase-liquid chromatographic separation of mercury(II) and methylmercury in fish samples with inductively coupled plasma mass spectrometric detection applying oxygen addition into plasma. *Food Chemistry*, 2015. 184: P. 147-153.
3. *Kwon S.Y. et al.* Isotopic study of mercury sources and transfer between a freshwater lake and adjacent forest food web. *Science of The Total Environment*, 2015. 532: P. 220-229.
4. *Ullrich S.M. et al.* Mercury distribution and transport in a contaminated river system in Kazakhstan and associated impacts on aquatic biota. *Applied Geochemistry*, 2007. 22(12): P. 2706-2734.
5. *Hsiao H.-W., Ullrich S.M and Tanton T.W.* Burdens of mercury in residents of Temirtau, Kazakhstan: II: Verification of methodologies for estimating human exposure to high levels of Hg pollution in the environment. *Science of The Total Environment*, 2011. 408 (19): P. 4033-4044.
6. *Heaven S. et al.* Mercury in the River Nura and its floodplain, Central Kazakhstan: I. River sediments and water. *Science of The Total Environment*, 2000. 260 (1-3): P. 35-44.
7. *Yin B. et al.* Electrochemical Synthesis of Silver Nanoparticles under Protection of Poly(N-vinylpyrrolidone). *The Journal of Physical Chemistry B*, 2003. 107(34): P. 8898-8904.
8. *Jung Y.K., Kim J.I. and Lee J.-K.* Thermal Decomposition Mechanism of Single-Molecule Precursors Forming Metal Sulfide Nanoparticles. *Journal of the American Chemical Society*, 2010. 132(1): P. 178-184.
9. *Jia H. et al.* Preparation of silver nanoparticles by photo-reduction for surface-enhanced Raman scattering. *Thin Solid Films*, 2006. 496(2): P. 281-287.
10. *Kumar A., Aerry S. and Goia D.V.* Preparation of concentrated stable dispersions of uniform Ag nanoparticles using resorcinol as reductant. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2016. 470: P. 196-203.