

# NEW APPROACHES TO MANAGEMENT OF MERCURY POLLUTION OF WATER

Nikitin Ye.A.<sup>1</sup>, Satayeva A.R.<sup>2</sup>, Barteneva T.Ye.<sup>3</sup> (Republic of Kazakhstan)

Email: Nikitin430@scientifictext.ru

<sup>1</sup>Nikitin Yevgeniy Alexandrovich – Doctor of veterinary science, Professor,  
DEPARTMENT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL TECHNOLOGIES,  
INNOVATIVE UNIVERSITY OF EURASIA, PAVLODAR;

<sup>2</sup>Satayeva Aliya Rifkatovna – Doctor of biological sciences, Senior Researcher,  
DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING,  
NAZARBAYEV UNIVERSITY, ASTANA;

<sup>3</sup>Barteneva Tamara Yevgenievna – Master of biotechnology,  
DEPARTMENT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL TECHNOLOGIES,  
INNOVATIVE UNIVERSITY OF EURASIA, PAVLODAR,  
THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**Abstract:** the object of the research is water and bottom deposits of Lake Balkyldak in the Pavlodar region contaminated with mercury-bearing waste. A comparison of water composition in Lake Bylkyldak and groundwater during the monitoring of the mercury level in Lake Bylkyldak shows that in groundwater the content of chlorides, sulfates, phosphates, suspended solids decreases. The amount of mercury increases and the amount of chromium and zinc practically do not change. Conclusions are drawn on need of modernization of a control system of quality of water resources at the state and regional level.

**Keywords:** mercury, water resources, purification, bottom deposits, pollution.

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ РТУТНЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОДНЫХ СРЕД

Никитин Е.Б.<sup>1</sup>, Сатаева А.Р.<sup>2</sup>, Бартенева Т.Е.<sup>3</sup> (Республика Казахстан)

<sup>1</sup>Никитин Евгений Борисович – доктор ветеринарных наук, профессор,  
кафедра химических и биологических технологий  
Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар;

<sup>2</sup>Сатаева Алия Рифкатовна – доктор биологических наук, старший научный сотрудник,  
кафедра химической инженерии,  
Назарбаев университет, г. Астана;

<sup>3</sup>Бартенева Тамара Евгеньевна – магистр биотехнологии,  
кафедра химических и биологических технологий,  
Инновационный Евразийский университет,  
г. Павлодар,

Республика Казахстан

**Аннотация:** объектом исследования явились вода и донные отложения озера Балкылдак Павлодарской области, загрязнённые ртутьсодержащими отходами. Сопоставление состава воды в озере Былкылдак и подземных вод в ходе проведения мониторинга содержания уровня ртути в озере Былкылдак показывает, что в подземных водах снижается содержание хлоридов, сульфатов, фосфатов, взвешенных веществ. Количество ртути растёт, а хрома и цинка практически не меняется. Сделаны выводы о необходимости модернизации системы управления качеством водных ресурсов на государственном и региональном уровнях.

**Ключевые слова:** ртуть, водные ресурсы, очистка, донные отложения, загрязнение.

Ртуть и ее соединения являются чрезвычайно токсичными для человека и окружающей среды [1]. Они классифицируются как один из 13 приоритетных опасных веществ (Priority Hazardous Substance (PHS), в соответствии с Водной рамочной директивой Европейского Союза (Water Framework Directive (WFD) и ее недавно принятой «дочерней» директивой Директивы экологических стандартов (Environmental Quality Standards Directive (EQSD)) [2, 3]. Однако ни одна из существующих коммерческих доступных технологий по удалению ртути не может снизить уровень ртути ниже требуемого ниже 50 нг/ литр [6, 7]. Поэтому разработка новых процессов и технологий, которые могут привести к ступенчатому изменению подходов к эффективному удалению ртути из воды до уровня ниже 50 нг/ литр является обязательной для удовлетворения требований действующего и будущего законодательства о качестве воды, чтобы сделать среду и все источники воды безопасными и экологически чистыми [2].

**Материалы и методы**

Пробы воды и донных отложений озера Былкылдак (Павлодарская область, Казахстан) отбирались осенью, в соответствии с фазой гидростатического режима на участках водоема, обозначенных установкой шпунта на расстоянии 1 метр от берега.

Пробы воды и донных отложений №1 отбиралась непосредственно рядом с местом выброса сточных вод на глубине 50 см. Пробы воды и донных отложений № 2 были отобраны на мелководье, в северо-восточной части озера.

Так как мы изучали общее содержание ртути в донных отложениях и воде водоема Былкылдак, были взяты объединенные пробы (2 пробы воды и 2 пробы донных отложений). Пробы донных отложений были взяты одновременно на разных участках водоема из придонных слоев для сравнения содержания ртути в воде и донных отложениях.

Донные отложения отбирались последовательно каждые 2 см по глубине.

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

Анализ образцов воды и донных отложений на содержание следующих элементов (Li, Cr, Fe, Ca, Hg, As, Sc) проводился в концентрациях 0,5 мг/л, 1 мг/л, 2 мг/л, 5 мг/л, 10 мг/л в Университете Брайтон (Англия).

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, 2 мг/л, 5 мг/л, 10 мг/л, 20 мг /л. После калибровки прибора исследовали образцы воды на количественное содержание ртути.

#### **Результаты**

В настоящее время в Казахстане большую экологическую проблему представляют испарительные пруды озера Балкылдак Павлодарского химического завода [9-11].

Озеро Балкылдак располагается на правом берегу реки Иртыш, севернее г. Павлодара и с 1973 года является отстойником-испарителем сточных вод Павлодарского химического завода. В этот отстойник сбрасывались воды, содержащие ртуть. Озеро Балкылдак продолжает быть источником отравления, в нем содержится около 10 тонн ртути.

Согласно результатам исследований, проводившихся ранее в рамках международного проекта "Инко-Коперникус-2", концентрация ртути в рыбе, отловленной в пруду, колебалась от 0,18 до 2,2 мг/кг. Мониторинг ртутного загрязнения в окрестности ПХЗ велся в последнее десятилетие достаточно последовательно. В это же время были созданы предпосылки для дальнейшего контроля ртутных перемещений.

Сопоставление состава воды в озере Былкылдак и подземных вод показывает, что в подземных водах снижается содержание хлоридов, сульфатов, фосфатов, взвешенных веществ. Количество ртути растет, а хрома и цинка практически не меняется [4, 6].

Однако на современном этапе главным препятствием для проведения демеркуризационных работ является отсутствие корректных данных для оценки воздействия ртути на окружающую среду и здоровье населения в местах загрязнений. Исследования в этом направлении финансируют только международные организации [4].

Было установлено, что в пробе № 1 содержание ртути составило 1,443 мг/л. В пробе № 2 содержание ртути составило 0,315 мг/л. Содержание ртути в пробе № 1 превышает ПДК ртути в 289 раз для сточных вод. Нами было установлено, что в пробах воды и донных отложений озера Былкылдак накапливаются соли ртути, кальция, железа, мышьяка, содержание которых превышает их ПДК в несколько раз.

При этом наблюдается уменьшение содержания всех металлов по глубине. 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. В поверхностных водах ртуть мигрирует в двух основных фазовых состояниях - в растворе вод (растворенные формы) и в составе взвеси (взвешенные формы).

Предполагаем, что миграция ртути осуществляется в растворенной форме. В пробе № 1 комплекса «вода – донные отложения» наблюдается неравномерное распределение ртути в пробах. Возможно, это объясняется тем, что место отбора проб находится в непосредственной близости от источника поступления сточных вод в водоем, где и происходит постоянное перемешивание водных и донных масс.

В пробе № 2 наблюдается иная картина. Так как место отбора проб находится в сторону стока от места поступления сточных масс в водоем, о чем говорит более высокое содержание металлов в

образцах, в данной части озера критичного перемешивания водных масс не происходит и наблюдается равномерное распределение ртути в системе «вода – донные отложения».

Судя по полученным результатам, необходимо рассмотреть вопрос удаления из водоема не только ртути, но и железа и кальция.

#### **Обсуждение**

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. Согласно нормативным нормам содержания ПДК ртути для сточных вод составляет 0,005 мг/л [6-11].

Соответствующие выводы содержатся в докладе по проекту ЕК «Внедрение инструментов экологической политики в Казахстане», который был представлен в в мажилисе парламента страны. В документе указано, что низкий уровень тарифов в Казахстане на воду является препятствием не только для экономии самой воды, но и для инвестиций, восстановления инфраструктуры, для внедрения новых технологий в отрасли. Кроме того, одной из основных причин слабого внедрения водосберегающих технологий стали действующие в стране нерелевные госстандарты к предельно допустимой концентрации (ПДК) вредных веществ в воде. Например, согласно действующим в Казахстане нормам, качество питьевой воды должно контролироваться в общем по 700 ПДК, хотя контроль осуществляется практически по 10 веществам в воде. В Евросоюзе - всего по 8 ПДК [1-5].

В результате, казахстанские предприятия не вкладывают инвестиции в строительство очистных сооружений, во внедрение водосберегающих технологий, поскольку им гораздо проще и дешевле платить штрафы.

Вместе с тем эксперты ЕК рекомендуют правительству Казахстана срочно повысить статус уполномоченного органа по управлению водными ресурсами, для чего, по их мнению, необходимо создать отдельное государственное агентство по охране водных ресурсов, которое будет заниматься и рациональным их использованием.

Все это говорит о том, что необходимо существенно изменить систему управления качеством вод и водными ресурсами на государственном и региональном уровнях, а также водное законодательство.

#### **Список литературы / References**

1. Опасные вещества в новых и морских водах Европы. Технический доклад Европейского экологического агентства (ЕЭА) № 8/2011. ЕЭА. Копенгаген, 2011. 61 стр.
2. Директива 2000/60 / ЕС Европейского парламента и Совета. Официальный журнал Европейских сообществ. L327. 22/12/2000.
3. Директива 2008/105 / ЕС Европейского парламента и Совета по стандартам качества окружающей среды. Официальный журнал Европейских сообществ, L348, 24/12/2008.
4. Национальные правила первичной питьевой воды. Федеральный реестр. Том. 75. № 59 (понедельник, 29 марта 2010 г.). Уведомления. Часть II. Офис правительства США. Стр. 15503. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.gpo.gov/](http://www.gpo.gov/) (дата обращения: 11.10.2017).
5. Каковы стандарты питьевой воды? Инспекция питьевой воды. Лондон. Великобритания, январь 2010 г.
6. Технологии обработки ртути в почве, отходах и воде. Агентство США по охране окружающей среды и инновациям в области технологий суперфундов. Август 2007 года. Вашингтон, округ Колумбия.
7. Мазык Д., Хаган А.М., Берн Х. Удаление ртути на водной фазе: стратегии безопасного будущего водоснабжения. Национальный институт стандартов и контрольно-измерительных приборов. Министерство торговли США, 2009. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.nist.gov/tip/wp/pswp/upload/137\\_awater\\_phase\\_mercury\\_removal\\_strategies.pdf](http://www.nist.gov/tip/wp/pswp/upload/137_awater_phase_mercury_removal_strategies.pdf), доступный 12/09/2014/ (дата обращения: 11.10.2017).
8. Франкос М.М., Морел Анна М.Л. Крепиел Марк Амиот. Химический цикл и биоаккумуляция ртути. Ежегодный обзор экологии и систематики. 29: 543-566 (дата публикации тома - ноябрь 1998 г.) DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.29.1.543.
9. Таблица регулируемых загрязнителей питьевой воды. Агентство по охране окружающей среды Соединенных Штатов.
10. Национальные стандарты питьевой воды, написанные г-ном Брайаном Орамом, доступны по адресу [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.water-research.net/index.php/standards/primary-standards/> (дата обращения: 11.10.2017)
11. Рекомендации по качеству питьевой воды ТРЕТЬЕ ИЗДАНИЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРВОЕ И ВТОРОЕ ДОПОЛНЕНИЕ. Том 1. Рекомендации Женева, 2008 г. Библиотека публикаций, каталогизируемых в библиотеке ВННО Руководство по качеству питьевой воды [Электронный ресурс]: включение 1-го и 2-го дополнений. Том 1. Рекомендации. 3-е изд.

### *Список литературы на английском языке / References in English*

1. Hazardous substances in Europe's fresh and marine waters. European Environment Agency (EEA) Technical report № 8/2011. EEA. Copenhagen, 2011. 61 pp.
2. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council. Official Journal of the European Communities. L327. 22/12/2000.
3. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and the Council on environmental quality standards. Official Journal of the European Communities. L348. 24/12/2008.
4. National Primary Drinking Water Regulations. Federal Register. Vol. 75. № 59 (Monday, March 29, 2010) Notices. Part II. US Government Printing Office. P. 15503. [Electronic resource]. URL: [www.gpo.gov/](http://www.gpo.gov/) (date of access: 10.10.2017).
5. What are the drinking water standards? Drinking Water Inspectorate. London. UK, Jan 2010.
6. Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste, and Water. US EPA Office of Superfund Remediation and Technology Innovation., Aug 2007. Washington. DC.
7. *Mazyck D.W., Hagan A.M., Byrne H.* Aqueous phase mercury removal: strategies for a secure future water supply. National Institute for Standards and Instrumentation. US Department of Commerce, 2009. [Electronic resource]. URL: [http://www.nist.gov/tip/wp/pswp/upload/137\\_aqueous\\_phase\\_mercury\\_removal\\_strategies.pdf](http://www.nist.gov/tip/wp/pswp/upload/137_aqueous_phase_mercury_removal_strategies.pdf), accessed 12/09/2014/ (date of access: 10.10.2017).
8. *François M.M. Morel, Anne M.L., Kraepiel Marc Amyot.* The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. Annual Review of Ecology and Systematics Vol. 29: 543-566 (Volume publication date November 1998) DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.29.1.543
9. Table of Regulated Drinking Water Contaminants. United States Environmental Protection Agency.
10. National Primary Drinking Water Standards, Written by Mr. Brian Oram. [Electronic resource]. URL: <http://www.water-research.net/index.php/standards/primary-standards/> (date of access: 10.10.2017).
11. Guidelines for Drinking-water Quality THIRD EDITION INCORPORATING THE FIRST AND SECOND ADDENDA, Volume 1. Recommendations Geneva 2008 WHO Library Cataloguing-in-Publication Data Guidelines for drinking-water quality [Electronic resource]: incorporating 1st and 2nd addenda, Vol. 1, Recommendations. 3rd ed.