

УДК 577.46

## ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

<sup>1</sup>Новиков В.В., <sup>1</sup>Пучков М.Ю., <sup>1</sup>Зволинский В.П., <sup>2</sup>Локтионова Е.Г.

<sup>1</sup>ГНУ «Всероссийский НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства», Камызяк, e-mail: rosecostroi@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет», Астрахань, e-mail: eleloktionova@yandex.ru

Проведено определение тяжелых металлов в донных отложениях Волгоградского водохранилища. Содержание металлов определяли на портативном рентгено-флуоресцентном кристалл-дифракционном сканирующем спектрометре. Полученные данные сопоставляли с предельно допустимыми уровнями ПДУ содержания тяжелых металлов в донных отложениях. Установлено, что в заливах Калиновья Балка и Антиповка наблюдается закономерное увеличение содержания цинка на протяжении 2005–2007 гг. Особенно напряжённая ситуация в заливах на протяжении трёх лет отмечается по содержанию хрома: ежегодно уровни содержания этого металла превышают ПДУ. В заливах Калиновья Балка и Антиповка ежегодно повышается содержание свинца. В отношении никеля обнаружено отличие процессов в разных заливах. Достоверной зависимости накопления металлов от типа берега нами не выявлено. Наряду с процессами вымывания тяжелых металлов из донных отложений в заливах с высокой антропогенной нагрузкой продолжает происходить их накопление.

**Ключевые слова:** водохранилище, донные отложения, аккумуляция, тяжелые металлы, свинец, цинк, кобальт, никель

## THE SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN BOTTOM SEDIMENTS OF THE VOLGOGRAD RESERVOIR

<sup>1</sup>Novikov V.V., <sup>1</sup>Puchkov M.Y., <sup>1</sup>Zvolinskii V.P., <sup>2</sup>Loktionova E.G.

<sup>1</sup>All-Russian Institute of irrigated vegetable and melon, Kamzyak, e-mail: rosecostroi@mail.ru;

<sup>2</sup>Astrakhan State University, Astrakhan, e-mail: eleloktionova@yandex.ru

The determination of heavy metals in sediments of the Volgograd reservoir was conducted. The metal content was determined by a portable X-ray fluorescence scanning crystal diffraction spectrometer. These data were compared with the limit values RC heavy metals in sediments. It was found that in the bays Kalinovaya balka and Antipovka a regular increase in zinc was during 2005–2007. Particularly tense situation in the bays for three years has been the chromium content: annual levels of the metal exceeds the remote. In bays and Kalinovaya Balka and Antipovka annual lead increases. For nickel it was found distinct processes in different bays. No significant accumulation of metals depending on the type of bank we have not identified. Along with the processes of leaching of heavy metals from sediments in the bays with high anthropogenic load continues to be their accumulation.

**Keywords:** reservoir, sediment, accumulation, heavy metals, lead, zinc, cobalt, nickel

Донные отложения (ДО) водной экосистемы играют большую роль в процессах геохимической миграции химических элементов водоёма и несут значительную информацию для оценки его загрязнённости. При поступлении загрязняющих веществ ДО сорбируют их из водной толщи (коэффициент накопления порядка 10000). Здесь поллютанты претерпевают различные физико-химические превращения, взаимодействуя друг с другом и с компонентами экосистемы [3, 10]. В результате ДО наряду с другими источниками создают потенциальную опасность для аквальных комплексов [4, 8]. При этом обнаружить загрязнения из-за их высокого уровня накопления в ДО легче, чем в воде, поэтому по сравнению с водой ДО обладают значительно большей информативностью. Оценка антропогенного загрязнения ДО в настоящее время сильно затруднена, поскольку нормативы концентраций загрязняющих веществ в ДО пока не

разработаны, хотя попытки установить методические основы нормирования загрязнения ДО неоднократно предпринимались в работах [9]. Разработаны некоторые региональные нормы, например: «Нормы и критерии оценки загрязнённости донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга» [5–7]. Предпринимались также попытки разработки обобщенного показателя загрязнений для ДО [1, 2, 12].

ДО представляют собой многокомпонентную систему, сформированную в результате взаимодействия разнообразных процессов: климатических, гидрологических, механических, физических, химических, биологических и др., которые протекают во времени как на водосборной площади, так и в самом водоёме. Многообразие этих процессов играет одну из ведущих ролей в формировании гидрохимического режима и функционирования экосистемы водоёмов [11].

Тяжёлые металлы (ТМ) не подвергаются биодegradации в экосистемах и аккумулируются в ее отдельных компонентах, поэтому их опасность для экосистемы особенно велика. При определённых условиях ТМ высвобождаются из ДО и выносятся с поровыми водами в водную толщу. Наиболее типичными движущими силами интенсификации обмена ТМ в системе «вода – поровый раствор» являются градиент изменения окислительно-восстановительных условий и концентрация растворённого органического вещества.

**Материал и методы исследования**

В ходе многолетних экспедиций «Волжского плывучего университета» в 2005–2007 гг. были отобраны пробы ДО в ряде заливов Волгоградского водохранилища (Калиновая Балка, Большая Балка, Антиповка, Караваинка) с помощью дночерпателя Петерсона. Пробы отбирали в подготовленные полиэтиленовые контейнеры, высушивали до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре. Определение

валового содержания ТМ проводили в лаборатории мониторинга водных систем МГУ им. М.В. Ломоносова на портативном рентгено-флуоресцентном кристалл-дифракционном сканирующем спектрометре «Спектроскан» по методике выполнения измерений содержания металлов в порошковых пробах почв и донных отложений (Свидетельство о государственной метрологической аттестации 2420/322/-94/397-00468). Контроль погрешности осуществляли по РД 52.24.66-86. Полученные данные сопоставляли с предельно допустимыми уровнями (ПДУ) содержания ТМ в ДО, рассчитанными О.К. Анохиной (2004) для Куйбышевского водохранилища.

**Результаты исследования и их обсуждение**

В результате установлено, что в заливах Калиновая Балка и Антиповка наблюдается закономерное увеличение содержания цинка на протяжении 2005–2007 гг. Концентрации этого металла в заливах постепенно приближаются к критической отметке ПДУ, что свидетельствует об аккумуляции цинка (рис. 1).

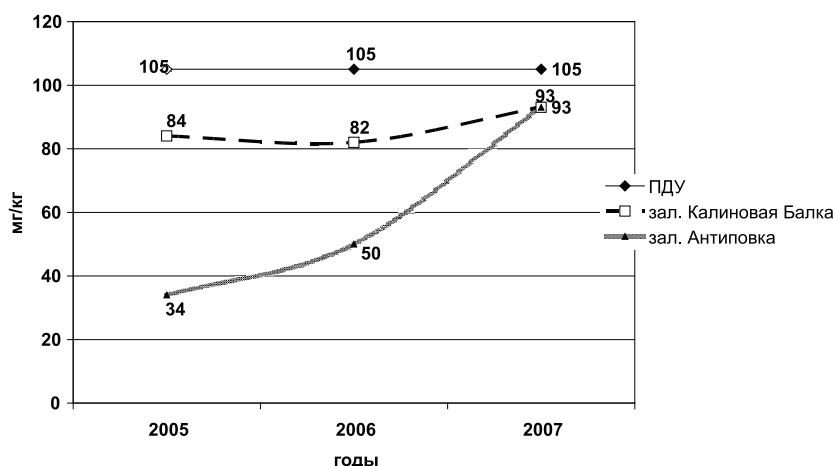


Рис. 1. Пространственно-временная динамика содержания Zn в ДО заливов Антиповка и Калиновая Балка

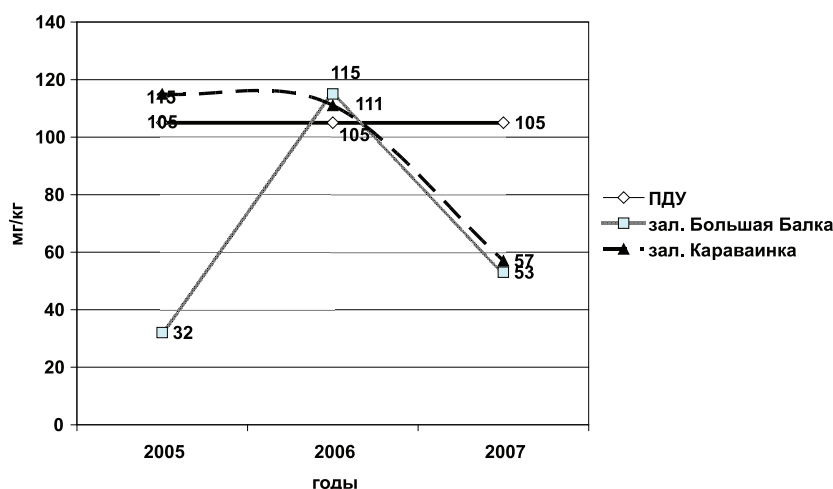


Рис. 2. Пространственно-временная динамика содержания Zn в ДО заливов Большая Балка и Караваинка

Противоположная ситуация сложилась в заливах Большая Балка и Каравайка (рис. 2).

Содержание свинца в заливах Калиновья Балка и Антиповка ежегодно повышается и превышает ПДУ почти в 2 раза (рис. 3).

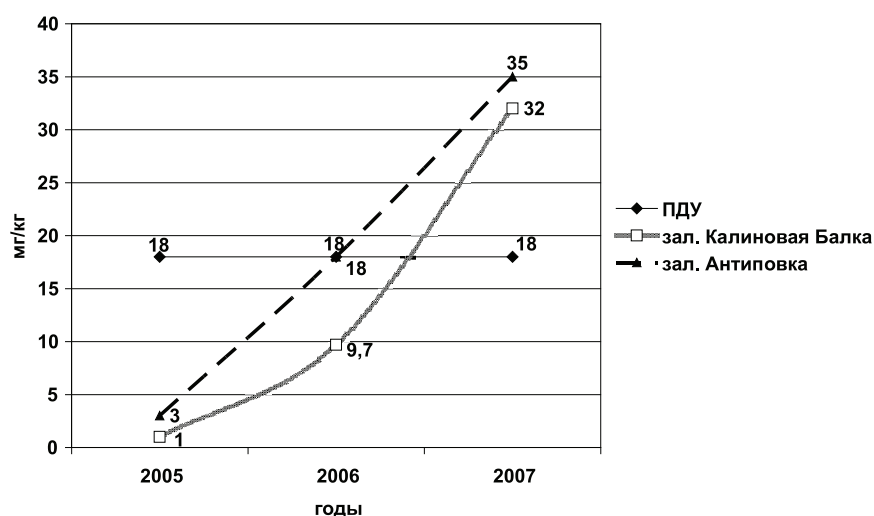


Рис. 3. Пространственно-временная динамика содержания Pb в ДО заливов Калиновья Балка и Антиповка

Особенно напряжённая ситуация в заливах на протяжении трёх лет отмечается по со-

держанию хрома: ежегодно уровни содержания этого металла превышают ПДУ (рис. 4).

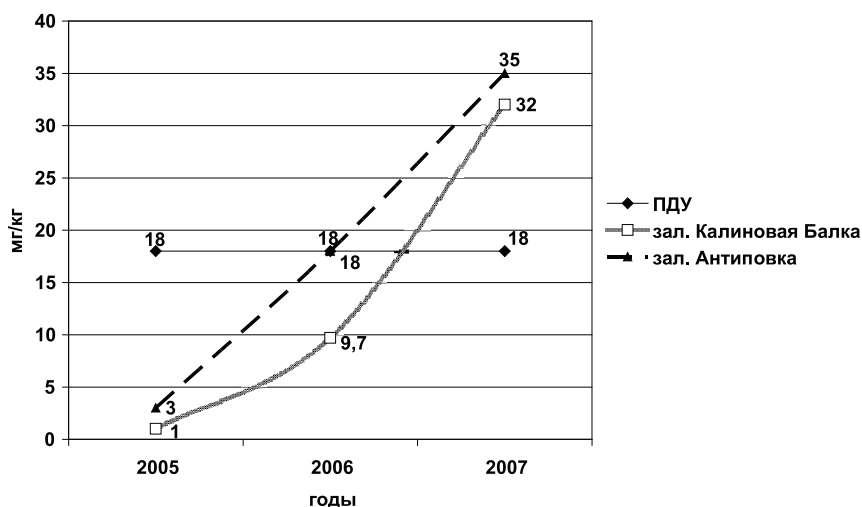


Рис. 4. Пространственно-временная динамика содержания Cr в ДО

При изучении содержания никеля выявлено отличие тенденций в разных заливах: в заливе Антиповка наблюдается ежегодное увеличение концентрации никеля, а в заливе Калиновья Балка – снижение (рис. 5). В обоих случаях значение приблизилось к ПДУ.

В заливах Большая Балка и Каравайка в 2006 г. отмечено превышение ПДУ по никелю в ДО, в 2007 г. ситуация нормализовалась (рис. 6).

#### Заклучение

Ситуация с загрязнением ДО тяжёлыми металлами в заливах неоднозначная. На про-

тяжении 2005–2007 гг. в заливах Калиновья Балка и Антиповка наблюдается аккумуляция цинка, постепенно приближающаяся к ПДУ, а в заливах Большая Балка и Каравайка имеет место противоположная ситуация. Кроме того, в заливах Калиновья Балка и Антиповка ежегодно повышается содержание свинца, оно превышает ПДУ почти в 2 раза. Но наиболее критическая ситуация в заливах на протяжении трёх лет отмечается по содержанию хрома: ежегодно уровни содержания этого металла превышают ПДУ. В отношении никеля обнаружено отличие процессов в разных заливах: в заливе Анти-

повка наблюдается ежегодное увеличение концентрации никеля, а в заливе Калиновая Балка – снижение. В обоих случаях значение приблизилось к ПДУ. В заливах Большая Балка и Караваинка в 2006 г. содержание никеля в ДО превысило ПДУ но в 2007 г. ситуация нормализовалась. Заливы Антиповка и Караваинка расположены на правом берегу водохранилища, а Большая

и Калиновая Балки – на левом. Достоверной зависимости накопления металлов от типа берега нами не выявлено. Несмотря на то, что по ряду металлов наблюдается снижение их содержания в воде [8], по-видимому, наряду с процессами вымывания ТМ из ДО в заливах с высокой антропогенной нагрузкой продолжает происходить их накопление.

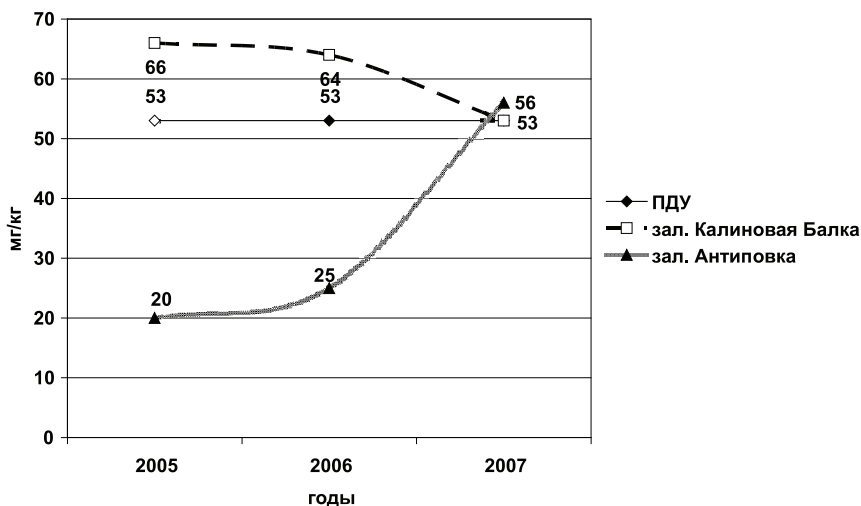


Рис. 5. Пространственно-временная динамика содержания Ni в ДО заливов Калиновая Балка и Антиповка

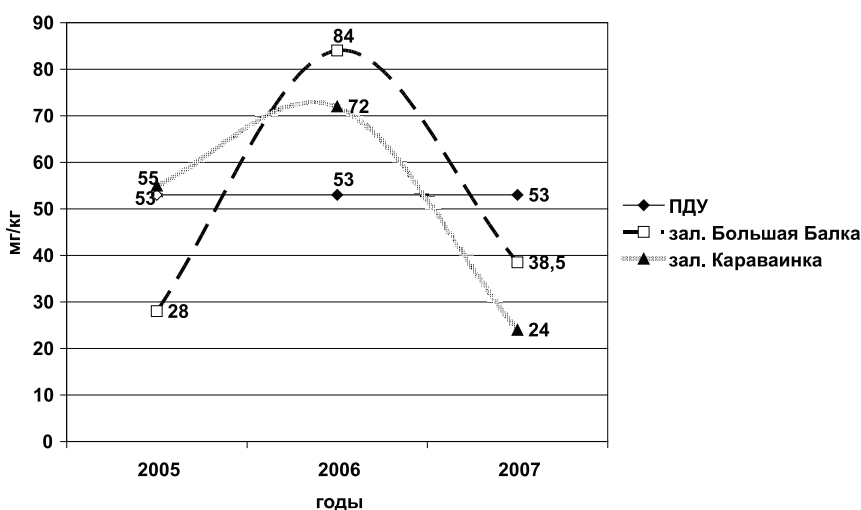


Рис. 6. Пространственно-временная динамика содержания Ni в ДО заливов Большая Балка и Караваинка

**Список литературы**

1. Беспалова Л.А. Экологическая диагностика и оценка устойчивости ландшафтной структуры Азовского моря. – Ростов-на-Дону: Изд-во ООО «ЦВВР», 2006. – 271 с.  
 2. Клёнкин А.А. Обоснование обобщающего показателя качества экологического состояния донных отложений / А.А. Клёнкин, Л.Ф. Павленко, И.Г. Корпакова, З.А. Темердашев // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2007. – № 8. – Т. 73. – С. 11–14.

3. Локтионова Е.Г. Изучение загрязнения внутренних водоёмов г. Астрахани тяжёлыми металлами / Е.Г. Локтионова, Г.В. Болонина, Л.В. Яковлева // Вестник Московского государственного областного университета. Серия «Естественные науки». – 2012. – Вып. Химия и химическая экология. – № 2. – С. 79–88.  
 4. Локтионова Е.Г. Изучение состояния пляжей нижевольтских агломераций / Е.Г. Локтионова, А.Н. Бармин, А.М. Пучкова / Геология, география и глобальная энергия. – 2010. – № 4. – С. 122–131.

5. Михайлова Л.В. Разработка нормативов загрязняющих веществ в донных грунтах (на примере нефти) // VII Съезд гидробиологического общества РАН: тезисы докладов. – Калининград, 2001. – С. 152–153.

6. Новиков В.В. Содержание тяжёлых металлов в Волгоградском водохранилище / В.В. Новиков, Е.Б. Воробьев, Р.И. Лопатин // Эколого-биологические проблемы бассейна Каспийского моря: материалы IX Международной научной конференции. 10–11 октября 2006 г. – Астрахань: Издат. Дом «Астраханский университет», 2006. – С. 45–46.

7. Нормы и критерии оценки загрязнённости донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга / Региональный норматив, разработанный в рамках российско-голландского сотрудничества по программе PSO 95/RF/3/1 – СПб., 1996 – 20 с.

8. Пучков, М.Ю. Изучение агроэкологических свойств некоторых почв Северного Прикаспия / М.Ю. Пучков, В.М. Струков, Е.Б. Хлебцова // Юг России: экология, развитие. – 2009. – № 1. – С. 99.

9. Томила И.И. Эколого-токсикологическая характеристика донных отложений водоемов северо-запада России: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – 2000. – 21 с.

10. Чуйков Ю.С. Изучение химического и биологического загрязнения вод: учебное пособие / Ю.С. Чуйков, Е.Г. Локтионова, М.Ю. Пучков, Л.В. Ларцева. – Астрахань: Изд-во Нижневолжского центра экологического образования. – 124 с.

11. Янин Е.П. Техногенные геохимические ассоциации в донных отложениях малых рек. – М.: ИМГРЭ, 2002. – 52 с.

12. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control - a sedimentological approach // *Water Res.* – 1980. – Vol. 14. – P. 975–1001.

### References

1. Bepalova L.A. Jekologičeskaja diagnostika i ocenka ustojčivosti landšaftnoj struktury Azovskogo morja – Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo OOO «CVVR», 2006. 271 p.

2. Kljonkin A.A., Pavlenko L.F., Korpakova I.G., Ternerdashev Z.A. Obosnovanie obobshhahushhego pokazatelja kachestva jekologičeskogo sostojanija donnyh otlozhenij, *Zavodskaja laboratorija*. Diagnostika materialov. no. 8, 2007, T. 73, pp. 11–14.

3. Loktionova E.G., Bolonina G.V., Yakovleva L.V. Izučenie zagrijaznenija vnutrennih vodojomov g. Astrahani tjazhjolymi metallami, *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta*. Serija «Estestvennye nauki», 2012, Vyp. Himija i himičeskaja jekologija, no. 2, pp. 79–88.

4. Loktionova E.G., Barmin A.N., Puchkova A.M. Izučenie sostojanija pljazhej nizhnevolzhskih aglomeracij, *Geologija, geografija i global'naja jenergija*, 2010, no. 4, pp. 122–131.

5. Mihajlova L.B. Razrabotka normativov zagrijaznjajushih veshhestv v donnyh gruntah (na primere nefii), *VII Sezid gidrobiologičeskogo obshhestva RAN: tezisy dokladov*. Kaliningrad, 2001, pp. 152–153.

6. Novikov V.V., Vorob'ev E.B., Lopatin R.I. Soderzhanie tjazhjolih metallov v Volgogradskom vodohranilishhe, *Jekologo-biologičeskije problemy bassejna Kaspijskogo morja: materialy IX Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii*. 10–11 oktjabrja 2006 g.: Astrahan': Izdat. Dom «Astrahanskij universitet», 2006, pp. 45–46.

7. Normy i kriterii ocenki zagrijaznenosti donnyh otlozhenij v vodnyh ob'ektah Sankt-Peterburga, Regional'nyj normativ, razrabotannyj v ramkah rossijsko-gollandskogo sotrudničestva po programme PSO 95/RF/3/1 SPb., 1996. 20 p.

8. Puchkov M.Yu., Strukov V.M., Hlebцова E.B. Izučenie agrojekologičeskijh svojstv nekotoryh pochv Severnogo Prikaspija, *Jug Rossii: jekologija, razvitie*, 2009, no. 1. pp. 99.

9. Tomilina I.I. Jekologo-toksikologičeskaja harakteristika donnyh otlozhenij vodoemov severo-zapada Rossii. Avtoref. diss. kand. biol. nauk. 2000. 21 p.

10. Chujkov Yu.S., Loktionova E.G., Puchkov M.Yu., Larceva L.V. Izučenie himičeskogo i biologičeskogo zagrijaznenija vod (učebnoe posobie), Astrahan': Izd-vo Nizhnevolzhskogo centra jekologičeskogo obrazovanija, 124 p.

11. Janin E.P. Tehnogennye geohimičeskije asociacii v donnyh otlozhenijah malyh rek, M., IMGRJe, 2002. 52 p.

12. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control - a sedimentological approach, *Water Res.*, 1980, Vol. 14, pp. 975–1001.

### Рецензенты:

Бухарин П.И., д.г.н., профессор, ведущий научный сотрудник ИВП РАН, председатель Астраханского отделения Русского географического общества, г. Астрахань;

Насибулина Б.М., д.б.н., профессор кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет», г. Астрахань.

Работа поступила в редакцию 08.04.2013.