

24. Tanasiychuk N. P. *Izmeneniya v sostave i raspredelenii ikhtiofauny Severnogo Kaspiya, proiskhodyashchie v svyazi s izmeneniem rechnogo stoka i ponizheniem urovnya morya* [Changes in the composition and distribution of the fish fauna of the North Caspian occurring due to changes in river flow and a decrease in sea level]. *Voprosy ekologii* [Issues of Ecology], 1957, vol. 1, pp. 257–266. (in Rus.)
25. Tanasiychuk N. P. *Leshch Severnogo Kaspiya (raspredelenie, izmeneniya vozrastnoy sostavy, vliyaniye promysla na sostav populyatsii)* [Northern Caspian Sea Bream (distribution, changes in the age structure, the impact of fisheries on the composition of the population)]. *Trudy Kaspiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta morskogo rybnogo khozyaystva i okeanografii* [Proceedings of the Caspian Research Institute of Fisheries], 1959, vol. 15, pp. 3–38. (in Rus.)
26. Tereshchenko I. N. *Leshch Kaspiysko-Volzhskogo rayona, ego promysel i biologiya* [Bream Caspian-Volga region, its fishery and biology]. *Trudy Astrakhanskoy ikhtologicheskoy laboratorii* [Proceedings of the Astrakhan ichthyological laboratory], 1917, vol. 4, issue 2, 159 p. (in Rus.)
27. Tolstoy V. K. *Sazan i leshch* [Carp and bream]. *Materialy k poznaniyu russkogo rybolovstva* [Materials to the knowledge of Russian fisheries], 1915, vol. 4, issue 10, pp. 191–209. (in Rus.)
28. Chugunova N. I. *Rukovodstvo po izucheniyu vozrasta i rosta ryb* [Study Guide age and growth of fish]. Moscow, Publ. House Academy of Sciences of the USSR, 1959, 164 p. (in Rus.)
29. Shorygin A. A. *Pitanie i pishchevye vzaimootnosheniya ryb Kaspiyskogo morya* [Nutrition and relationship Caspian Sea fish]. Moscow, Publ. Food Industry, 1952, p. 267. (in Rus.)
30. Bertalanffy L. Basic concepts in quantitative biology of metabolism. *Helgolander Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, 1964, vol. 9, no. 4, pp. 5–37.

УДК 574.586

#### **ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ДОННЫЕ ОРГАНИЗМЫ ДЕЛЬТЫ р. ВОЛГА**

**Юлия Николаевна Шаплыгина**, аспирант, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, shaplugina@yandex.ru

**Татьяна Федоровна Курочкина**, доктор биологических наук, профессор, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, kurtf@mail.ru

**Ботагоз Мурасовна Насибулина**, доктор биологических наук, профессор, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, BellaNasib@yandex.ru

Целью работы является изучение накопительной способности пресноводных моллюсков дельты р. Волга по отношению к тяжёлым металлам. Проведённые исследования, направленные на изучение накопительной способности пресноводных моллюсков, показали, что изучаемые виды организмов осуществляют детоксикацию особо опасных загрязнителей, что играет положительную роль в процессах самоочищения дельты р. Волга и являются барьером для поступающих взвешенных минеральных веществ. Результаты исследований позволяют использовать пресноводных моллюсков видов *Unio* и *Anadonta* для биологической очистки водоёмов за счёт искусственного восстановления видового состава данных организмов. Следует отметить, что при попадании в организм моллюсков тяжёлых металлов активизируются транспортные системы, которые способствуют перераспределению металла и оказывают связывание тяжёлых металлов со специфическими белками металлотионеинами, которые участвуют в механизме детоксикации организма от избытка металлов, выполняя защитную функцию.

**Ключевые слова:** пресноводные моллюски, загрязнение окружающей среды, очищение пресноводных водоёмов, сорбция тяжёлых металлов, металлотионеины, детоксикация, концентрация тяжёлых металлов, донные организмы, донные отложения, водная экосистема, микроэлементы, *Anadonta*, *Unio*

## THE FEATURES OF INFLUENCE OF THE HEAVY METALS TO THE GROUND ORGANISMS OF THE DELTA OF THE RIVER VOLGA

*Yulia Nikolaevna Shaplygina*, post-graduate student, Astrakhan State University, 1 Shaumyan Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, shaplugina@yandex.ru

*Tatyana Feodorovna Kurochkina*, D.Sc. (Biology), Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyan Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, kurtf@mail.ru

*Botagoz Murasovna Nasibulina*, D.Sc. (Biology), Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyan Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, BellaNasib@yandex.ru

The aim of the work is to study an accumulative function of fresh-water mollusks of the delta of the river Volga in the ratio to the heavy metals. The done researches directed on the study of the accumulative function of fresh-water mollusks showed that the studied types of organisms carry out a detoxication of especially dangerous pollutants and it plays a positive role in the processes of (auto) self-purification of the delta of the river Volga and is a barrier to the arriving suspended mineral substances. The results of researches allow to use freshwater mollusks, of *Unio* and *Anadonta* species, for biological cleaning of reservoirs by means of artificial regeneration of the specific compound of these organisms. It should be noted, that at penetration of the heavy metals in the mollusks' organism the transport systems become active and promote metal's redistribution. The transport systems make linkage of heavy metals with specific proteins "metallothioneins" which takes part in the mechanism of a detoxication of an organism from abundance of metals, executing a protective function.

**Keywords:** fresh-water mollusks, environmental contamination, clarification of fresh-water reservoirs, absorbing heavy metals, detoxification, concentration of heavy metals in benthic organisms, sediments, aquatic ecosystem, microelements, *Anadonta*, *Unio*

Проблема загрязнения природной среды тяжёлыми металлами, в том числе и водоёмов, остается одной из наиболее актуальной в современном индустриальном обществе. Известно, что огромную роль в миграции элементов и веществ в экосистемах принадлежит живым организмам, которые накапливают в себе микроэлементы, вовлекая их в трофический круговорот. В последнее время эти процессы были нарушены в связи с увеличением поступления металлов в окружающую среду в результате промышленной деятельности. В процессе эволюции у живых организмов выработались механизмы, позволяющие концентрировать атомы в клетке, содержащиеся в окружающей среде даже в самых ничтожных количествах. Эволюция шла по пути приспособления к геохимическим факторам среды, что позволило организмам отобрать тот комплекс элементов, который создает структурную и динамичную основу жизни [1].

Техногенное загрязнение водной среды представляет собой одну из глобальных экологических проблем современного общества и в ряду с климатическими изменениями температуры, освещенности, газового, солевого состава и других параметров – едва ли не главный по значимости средовой фактор, воздействию которого нередко подвергаются водные животные. Сила воздействия этого фактора на организм гидробионтов определяется его качественными и количественными признаками. Первые обусловлены вероятностью попадания в гидросферу какого-либо не встречавшегося ранее токсического вещества (некоторые тяжёлые металлы, ксенобиотики и др.), вторые – концентрацией в воде и продолжительностью воздействия на биоту. Если по силе воздействия какой-либо фактор среды выходит за привычные рамки, освоенные животными в результате естественного отбора (популяционно-генетическая адаптация) или онтогенеза (индивидуальная адаптация), организм переходит в состояние стресса – органического или физиологического расстройства, сопровождаемого нарушением обмена веществ [2; 7].

Среди веществ, загрязняющих дельту реки Волга, тяжёлые металлы (ТМ) занимают второе место по токсикологическим оценкам стресс-индексов, уступив первое место по этому показателю только пестицидам. Опасность заключается не только

в их биологической активности или токсичности, но и в способности к аккумуляции в многочисленных компонентах экосистем. В отличие от органических загрязняющих веществ, которые со временем утилизируются и выводятся из биосферы, ТМ способны сохранять биологическую активность практически бесконечно. Для ТМ не существует механизмов самоочищения, так как они свободно перемещаются из одного природного резервуара в другой. Взаимодействуя с различными категориями живых организмов, они повсюду оставляют видимые нежелательные последствия такого взаимодействия.

Цель работы – изучение накопительной функции пресноводных моллюсков дельты р. Волга по отношению к тяжёлым металлам.

Основным источником для изучения накопления тяжёлых металлов в организме были выбраны пресноводные моллюски, отобранные со станций водоемов дельты р. Волги, так как данный вид организмов ведет малоподвижный образ жизни и, соответственно, небольшой радиус индивидуальной активности.

В данной работе представлен материал исследований по накоплению тяжёлых металлов в организме пресноводных моллюсков за 2008 по 2011 г. на основных рукавах дельты р. Волга. Пробы отбирались в весенне-летний период на 3 станциях: 1 – с. Чаган, 2 – с. Полднеевое, 3 – култучная зона в районе Дамчикского участка заповедника. С каждой станции было отобрано 130 моллюсков. Собранных моллюсков не фиксировали и в течение суток доставляли в лабораторию.

В ходе работы предварительно определялись размеры моллюсков (в см). Для анализа отобраны образцы одинаковые по размеру и по массе. Длина моллюсков составила в среднем 4–5 см.

Наличие концентрации тяжёлых металлов, таких как Cd, Pb, Zn, Cu, определяли методом пламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии в ацетиленовом пламени на спектрофотометре “Hitachi 180-70”. Средние значения концентраций металлов и стандартное отклонение определяли с помощью пакета программ “Excel”.

В таблице представлены результаты исследований по накоплению тяжёлых металлов в организме пресноводных моллюсков.

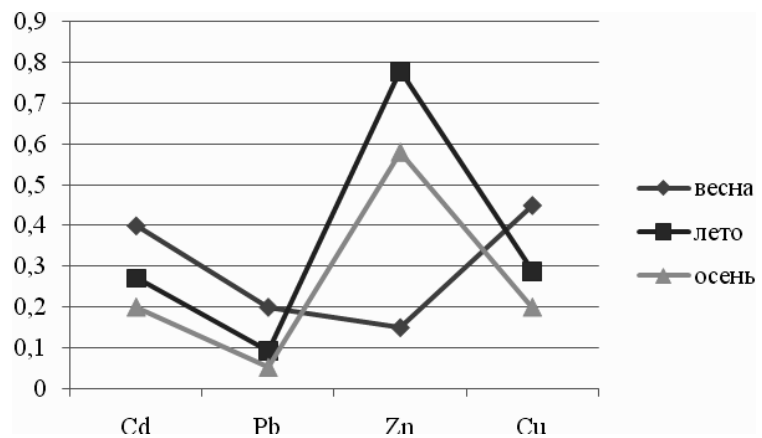
Таблица

**Накопление тяжёлых металлов в организме пресноводных моллюсков по районам дельты р. Волга (мкг/г)**

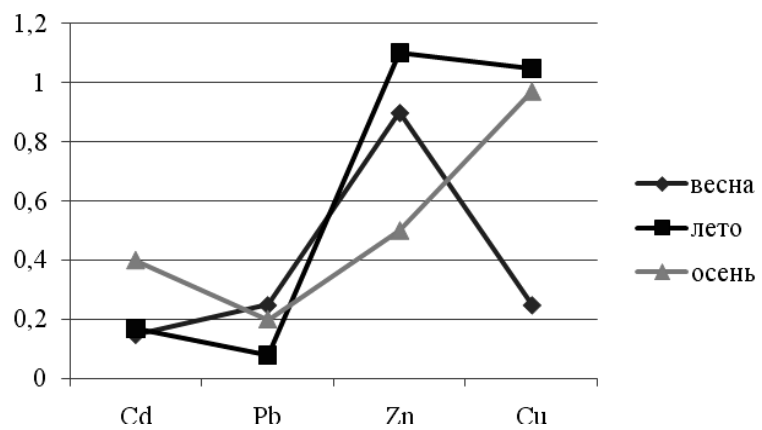
Год	Cd	Pb	Zn	Cu
<i>с. Чаган</i>				
2008	0,19	0,086	0,64	0,245
2009	0,25	0,073	0,56	0,259
2010	0,24	0,089	0,65	0,274
2011	0,27	0,091	0,78	0,288
<i>с. Полднеевое</i>				
2008	0,158	0,074	0,56	0,54
2009	0,167	0,069	0,61	0,96
2010	0,21	0,053	1,023	1,21
2011	0,17	0,08	1,103	1,048
<i>Култучная зона</i>				
2008	0,156	0,086	0,42	0,56
2009	0,209	0,106	0,614	0,77
2010	0,2201	0,095	0,89	1,032
2011	0,24	0,058	1,27	1,32

Результаты исследований показали, что содержание тяжёлых металлов (ТМ) в водотоках дельты р. Волга возрастает в направлении движения воды от с. Чаган к култучной зоне. Высокие концентрации ТМ отмечались по кадмию в с. Чаган и култучной зоне (2011), концентрация свинца сначала увеличивалась, а к 2010 г. резко уменьшилась, концентрация цинка резко увеличилась по сравнению с 2008–2010 гг., концентрация меди возросла почти в 2 раза по сравнению с 2008–2010 гг.

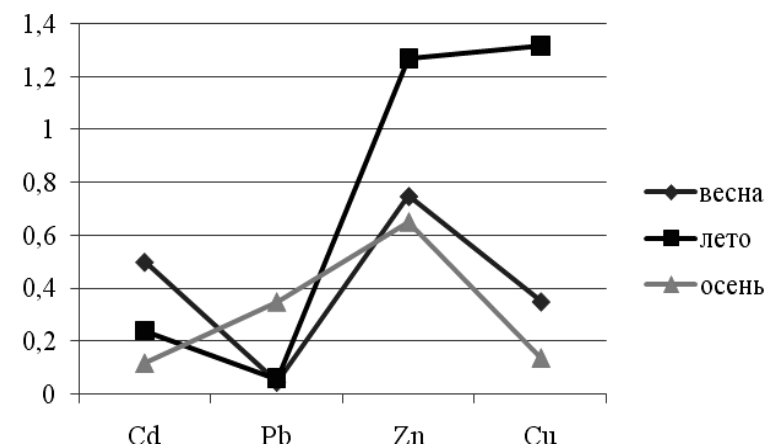
Наличие тяжёлых металлов в организме моллюсков увеличивается с увеличением размера и, соответственно, в зависимости от времени года (рис. 1).



а



б



в

Рис. 1. Накопление тяжёлых металлов организмом моллюсков в зависимости от времени года (2011 г.): а – станция 1; б – станция 2; в – станция 3

Таким образом, проведённые исследования свидетельствуют о том, что донные организмы, в частности, моллюски, являются барьером для поступающих взвешенных минеральных веществ и играют положительную роль в процессах самоочищения дельты р. Волга.

Тяжёлые металлы, накапливаясь в организме гидробионтов, могут вызвать нарушения клеточного метаболизма. Вместе с тем, в ответ на постороннее вмешательство моллюски обладают определёнными механизмами детоксикации, которые служат для ограничения или устранения токсического вещества организма.

Однако следует отметить, что во избежание повреждения клеточных структур при попадании в организм моллюсков тяжёлых металлов активизируются транспортные системы, которые способствуют перераспределению металла таким образом, что через короткое время большая часть металла оказывается связанной со специфическими белками металлотионеинами.

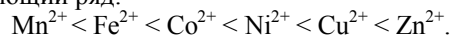
Металлотионеины участвуют в механизме детоксикации организма от избытка металлов, выполняя защитную функцию [11]. Данные соединения существуют короткое время, т.е. являются комплексами, функционирующими в момент интоксикации и ещё некоторое время (период стресса). Доказательством участия металлотионеинов в детоксикации металлов является повышение уровня металлотионеина в ответ на действие таких тяжёлых металлов, как Zn, Cu, Cd и Hg, в зависимости от содержания данного металла внутри клетки [5].

Биологическое действие металла определяется его состоянием в водах, например, по образованию комплексов с различными компонентами. Так, комплексообразование с органическими соединениями естественного происхождения приводит не только к снижению токсичности соединения, но и оказывает стимулирующее действие на развитие гидробионтов.

Тяжёлые металлы обладают способностью образовывать прочные комплексы со многими органическими и неорганическими соединениями, окружающими живую клетку [3; 11]. Такие соединения называются металлоорганическими комплексами – ионы металлов соединяются с биомолекулами. В качестве биомолекул-лигандов выступают липиды, белки, пептиды, аминокислоты и их производные, полисахариды и их производные, карбоновые кислоты, витамины, флавины, гормоны, нуклеиновые кислоты и т.д., т.е. все соединения, в которых есть группы, способные соединять металлы. Как правило, ионы металлов связываются в комплексном соединении через атомы серы, азота и кислорода. Иногда образуются смешанные комплексы, в которых атомы металлов служат мостиками, соединяющими группы в белках и липидах, в аминокислотах и сахарах, липидах и металлоферментах.

Особый интерес представляет образование комплексов между металлом и органическим соединением, одна молекула которого содержит несколько групп-лигандов. Ионы металлов способны вступать в реакцию как с двумя лигандами основной природы (линейное расположение), так и с четырьмя (расположение лигандов в одной плоскости в углах тетраэдра), с шестью лигандами (расположение лигандов в углах октаэдра при центральном размещении иона металла). Когда ион металла связывается с двумя или более атомами одного лиганда, говорят об образовании хелатного комплекса. Наиболее распространенными типами хелатных соединений являются Me (O, N), Me (N,N), Me(N,S), Me (S,S).

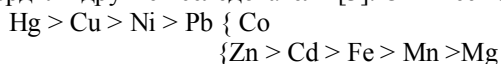
По стабильности хелатных комплексов металлы первой переходной группы располагаются в следующий ряд:



В клетках ионы переходных металлов предпочтительнее связываются с атомами серы и азота. Ионы щелочных металлов присутствуют как в свободном виде, так и в виде комплексов с фосфатными и карбоксильными ионами, и связаны со специфическими участками в белках.

Все металлы можно расположить в ряд по убыванию констант устойчивости образуемых ими комплексных соединений. Этот ряд «жадности металлов» был впер-

вые предложен в 1939 г. Пфейфером, а затем его расширили D.P. Mellor и L. Maley (1948), а позднее подтвердили другие исследователи [3]. Он имеет следующий вид:



Кроме того, исследования показали, что в природных поверхностных водах содержится множество органических веществ. Высокоокисленные полимеры (гумусовые вещества), проникающие в воду из почв, составляют около 80 %, остальные 20 % органических веществ, растворимых в воде, – это продукты жизнедеятельности организмов (полипептиды, полисахариды, жирные и аминокислоты) или же подобные по химическим свойствам примеси антропогенного происхождения. Все они, конечно, претерпевают различные превращения в водной среде, но, в то же время, являются своего рода комплексообразующими реагентами, связывающими ионы металлов в комплексы и уменьшающими тем самым токсичность вод.

Поверхностные воды по-разному связывают ионы металлов-токсикантов, проявляя при этом различную буферную ёмкость. Так, воды волжского бассейна, несущие в себе большой набор природных компонентов (гумусовые вещества, гуминовые кислоты) и их высокую концентрацию, способны к более эффективной природной детоксикации по сравнению с водами водоёмов Севера и умеренной полосы.

Анализ динамики микроэлементного состава водотоков дельты р. Волга позволил установить на современном этапе явление стабилизации ряда элементов (Mn, Ni, Co), для Zn, Pb, Cd – снижение их концентрации в воде, а содержание меди несколько увеличилось (на 0,6 ПДК). Выявленные уровни микроэлементов можно рассматривать как фоновые, характерные для вод дельты р. Волга и определяемые геофизическими и геохимическими особенностями региона. Превышение ПДК выявлено только для цинка и меди – 1,7 и 5,0 раз соответственно. По остальным показателям выявленные значения не выходили за пределы установленных нормативов.

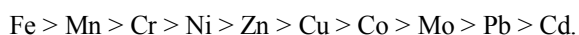
Пространственное распределение микроэлементов по водотокам отличалось мозаичностью без определённых закономерностей. Возрастание концентраций отдельных элементов до максимальных величин фиксировалось эпизодически на исследуемых участках. Сезонная динамика характеризовалась увеличением содержания тяжёлых металлов на начальном этапе прохождения половодья и в период летней межени.

Анализируя данные по содержанию тяжёлых металлов в водной среде дельты р. Волга можем сказать, что поступления тяжёлых металлов в зону авандельты обусловлено как техногенными, так и природными источниками, среди которых основным является поверхностный сток, а также разработки по добыче нефтеуглеводородного сырья, так как тяжёлые металлы являются сопутствующие компоненты буровых отходов (рис. 2).

Состав и свойства донных отложений также определяют их роль в водном объекте, т.е. участие во вторичном загрязнении воды и её самоочищении. Под вторичным загрязнением воды понимается способность грунтов поставлять в воду органические вещества, ионы фосфата, аммония, железа, марганца, кремния.

Донные отложения в водотоках дельты р. Волга по станциям исследования: у с. Чаган, с. Полднеевое, протоки Быстрой также характеризуются достаточно низким уровнем загрязнения металлами по сравнению с фоном. При приближении к кулгучной зоне наблюдается рост концентраций Cu, Zn и Ni, но даже в этом случае концентрации указанных микроэлементов были на уровне фоновых или ниже их (рис. 3).

Результаты исследования по содержанию металлов в составе донных отложений дельты р. Волга позволили представить ряд убывания данных элементов в следующем виде:



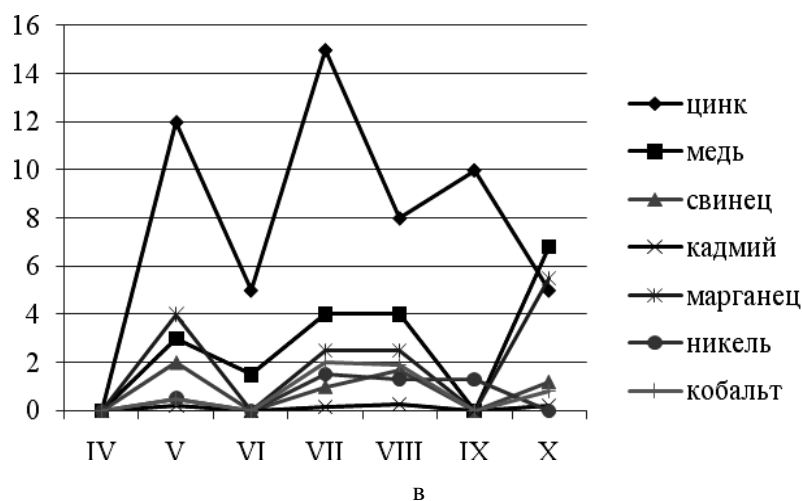
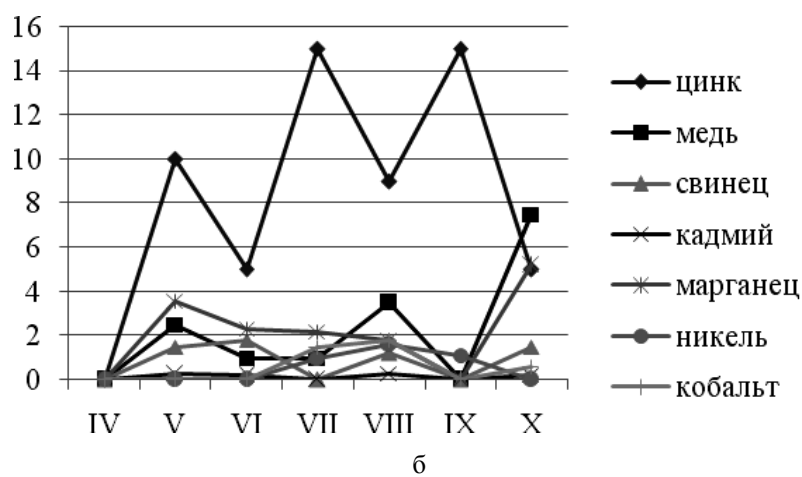
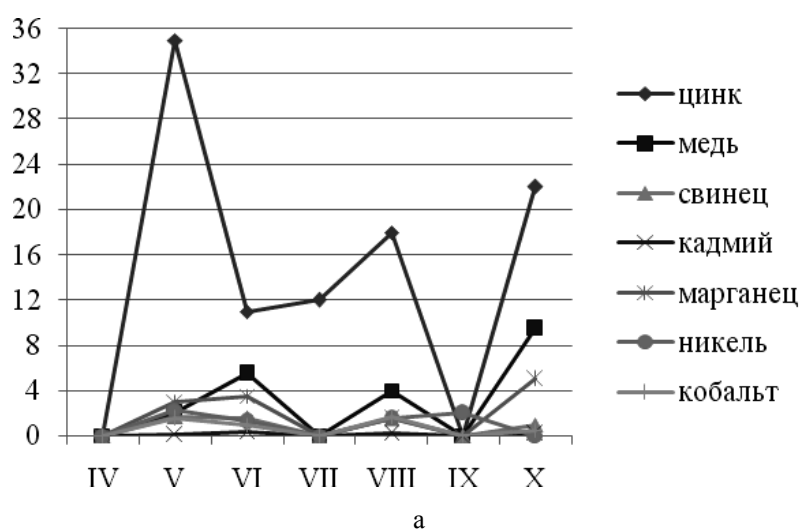
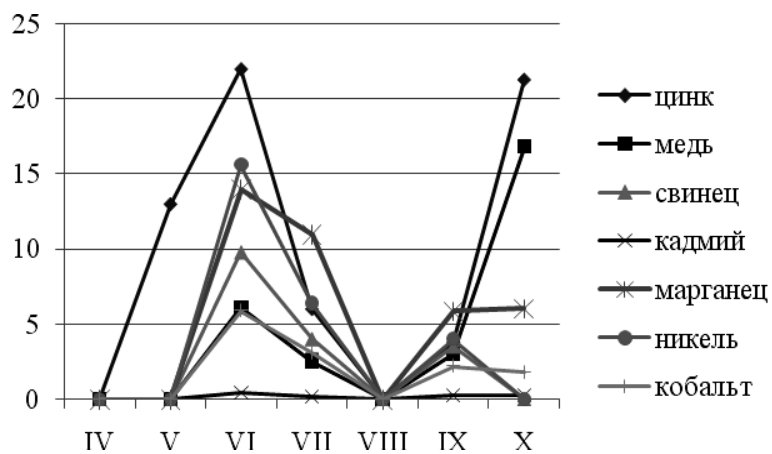
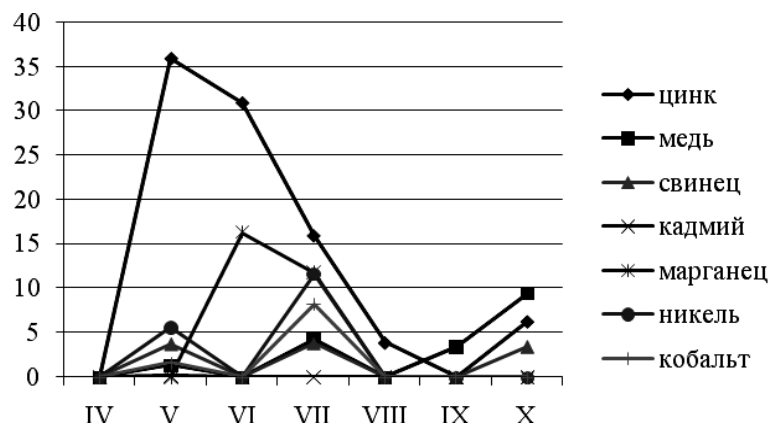


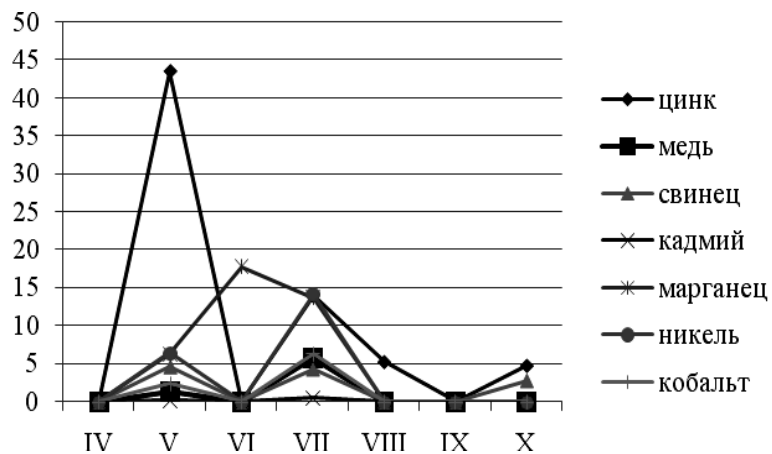
Рис. 2. Сезонная динамика микроэлементного состава (в мкг/л): а – р. Волга у с. Чаган; б – р. Волга у с. Полдневое; в – в протоке Быстрая



а



б



в

Рис. 3. Сезонная динамика микроэлементного состава донных отложений (в мкг/г сухого грунта):  
 а – р. Волга у с. Чаган; б – р. Волга у с. Полдневое; в – в протоке Быстрая



Основными определяющими факторами скорости процесса аккумуляции тяжёлых металлов в донных отложениях являются особенности гранулометрического состава в каждой конкретной точке, а также гидродинамические процессы и морфометрия реки [4; 8]. Из-за высокой турбулентной активности на стрежне р. Волга содержание в донных отложениях большинства тяжёлых металлов, за исключением Мо и Cd, более низкое, чем в прибрежных частях реки, т.е. в донных отложениях водотоков дельты Волги аккумуляция тяжёлых металлов происходит с большей или меньшей интенсивностью. Результаты исследования показали, что наиболее вероятной причиной накопления тяжёлых металлов в донных отложениях водотоков дельты является уменьшение гидродинамической активности вследствие дробления р. Волга на отдельные рукава [6; 9; 10].

Таким образом, токсичность вод, в которых присутствуют загрязнители, зависит и от климатических условий исследуемой водной среды. Буферная ёмкость поверхностных вод по отношению к металлам-токсикантам определяется не только наличием растворённого органического вещества и взвесей, но и аккумулирующей способностью гидробионтов и, кроме того, кинетикой поглощения ионов металлов всеми компонентами экосистемы, включая комплексообразование с растворёнными органическими веществами. Все это говорит о сложности процессов, протекающих в поверхностных водах при попадании в них металлов-загрязнителей.

#### *Список литературы*

1. *Дмитриева А. Г.* Физиология растительных организмов и роль металлов / А. Г. Дмитриева, О. Н. Кожанова, Н. Л. Дронина. – Москва : Московский гос. ун-т, 2002. – 160 с.
2. *Курочкина Т. Ф.* Экологическая безопасность при проведении геолого-разведочных работ на северном Каспии / Т. Ф. Курочкина, А. Г. Алексеев // *Естественные науки.* – 2008. – № 4 (25). – С. 235.
3. *Курочкина Т. Ф.* Использование донных организмов в качестве природных индикаторов качества воды в экосистеме дельты и авандельты реки Волги / Т. Ф. Курочкина, Ю. Н. Шаплыгина // *Естественные науки.* – 2011. – № 3 (36). – С. 59–64.
4. *Насибулина Б. М.* Оценка качества воды водоемов дельты Волги по гидробиологическим и гидрохимическим показателям / Б. М. Насибулина, Е. Г. Локтионова // *Экология и промышленность России.* – 2009. – № 9. – С. 48–51.
5. *Насибулина Б. М.* Многолетняя динамика качественных и количественных показателей донных биоценозов водоемов дельты р. Волги / Б. М. Насибулина // *Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии.* – 2006. – № 1 (14). – С. 254–261.
6. *Пыхтеева Е. Г.* Металлотионеин: биологические функции. Роль металлотионеина в транспорте металлов в организме / Е. Г. Пыхтеева // *Актуальные проблемы транспортной медицины.* – 2009. – № 4 (18). – С. 44–58.
7. *Ashton E. C.* A base line study of the diversity and community ecology of crab and molluscan macrofauna in the Sematan mangrove forest, Sarawak, Malaysia / E. C. Ashton, D. J. Macintosh, and P. J. Hogarth // *Journal of Tropical Ecology.* – 2003. – № 19. – P. 127–142.
8. *Beldi H.* Seasonal variation of Cd, Cu, Pb and Zn in the edible mollusks *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba, Algeria / H. Beldi, F. Gimbert, S. Maas et al. // *Afr. J. Agricult. Research.* – 2006. – Vol. 1, № 4. – P. 85–90.
9. *Boening D. W.* An evaluating of bivalves as biomonitors of heavy metals pollution in marine waters / D. W. Boening // *Environmental monitoring and assessment.* – 1999. – Vol. 55. – P. 459–470.
10. *Bryan G. W.* The effects of heavy metals (other than mercury) on marine and estuarine organisms / G. W. Bryan // *Proc. Roy. Soc. London. Ser. B.* – 1971. – Vol. 177. – P. 389–410.
11. *Constable D. J.* Ecology of benthic macro-invertebrates in soft-sediment environment: A review of progress towards quantitative models and predictions / D. J. Constable // *Australian Journal of Ecology.* – 1999. – Vol. 24. – P. 452–476.
12. *George S. G.* Metallothioneins as indicators of trace metal pollution / S. G. George and P.-E. Olsson // *Biomonitoring of Coastal Waters and Estuaries* / K. J. M. Kramer (ed.). – CRC Press, Boca Raton, 1994. – P. 151–171.

**References**

1. Dmitrieva A. G., Kozhanova O. N., Dronina N. L. *Fiziologiya rastitelnykh organizmov i rol metallov* [Physiology of the plant organisms and the role of metals]. Moscow, Publ. house Moscow State University, 2002, 160 p. (in Rus.)
2. Kurochkina T. F., Alekseev A. G. Ekologicheskaya bezopasnost pri provedenii geologo-razvedochnykh rabot na severnom Kaspii [The environmental safety during exploration activities in the north Caspian]. *Yestestvennye Nauki* [Natural Sciences], 2008, no. 4 (25), p. 235. (in Rus.)
3. Kurochkina T. F., Shaplygina Yu. N. Ispolzovanie donnykh organizmov v kachestve prirodnykh indikatorov kachestva vody v ekosisteme delty i avandelty reki Volgi [The use of bottom organisms as indicators of the quality of natural water in the ecosystem of the delta and delta of the Volga River]. *Yestestvennye Nauki* [Natural Sciences], 2011, no. 3 (36), pp. 59–64. (in Rus.)
4. Nasibulina B. M., Loktionova Ye. G. Otsenka kachestva vody vodoemov delty Volgi po gidrobiologicheskim i gidrokhimicheskim pokazatelyam [Assessment of water quality of reservoirs of the Volga delta on hydrobiological and hydrochemical parameters]. *Ekologiya i promyshlennost Rossii* [Ecology and Industry of Russia], 2009, no. 9, pp. 48–51. (in Rus.)
5. Nasibulina B. M. Mnogoletnyaya dinamika kachestvennykh i kolichestvennykh pokazateley donnykh biotsenozov vodoemov delty r. Volgi [The long-term dynamics of qualitative and quantitative indicators of bottom water biocenosis delta. Volga]. *Yuzhno-Rossiyskiy vestnik geologii, geografii i globalnoy energii* [South Russian Journal of Geology, Geography and Global Energy], 2006, no. 1 (14), pp. 254–261. (in Rus.)
6. Pykhteeva Ye. G. Metallothionein: biologicheskie funktsii. Rol metallothioneina v transporte metallov v organizme [The metallothionein: biological functions. The role of metallothionein in the transport of metals in the body]. *Aktualnye problemy transportnoy meditsiny* [Actual Problems of Transport Medicine], 2009, no. 4 (18), pp. 44–58. (in Rus.)
7. Ashton E. C., Macintosh D. J., Hogarth P. J. A base line study of the diversity and community ecology of crab and molluscan macrofauna in the Sematan mangrove forest, Sarawak, Malaysia. *Journal of Tropical Ecology*, 2003, no. 19, pp. 127–142.
8. Beldi H., Gimbert F., Maas S. et al. Seasonal variation of Cd, Cu, Pb and Zn in the edible mollusks *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba, Algeria. *Afr. J. Agricult. Research.*, 2006, vol. 1, no. 4, pp. 85–90.
9. Boening D. W. An evaluating of bivalves as biomonitors of heavy metals pollution in marine waters. *Environmental monitoring and assessment*, 1999, vol. 55, pp. 459–470.
10. Bryan G. W. The effects of heavy metals (other than mercury) on marine and estuarine organisms. *Proc. Roy. Soc. London. Ser. B.*, 1971, vol. 177, pp. 389–410.
11. Constable D. J. Ecology of benthic macro-invertebrates in soft- sediment environment: A review of progress towards quantitative models and predictions. *Australian Journal of Ecology*, 1999, – vol. 24, pp. 452–476.
12. George S. G., Olsson P.-E. Metallothioneins as indicators of trace metal pollution. *Kramer K. J. M. (ed.). Biomonitoring of Coastal Waters and Estuaries*. CRC Pres, Boca Raton, 1994, pp. 151–171.