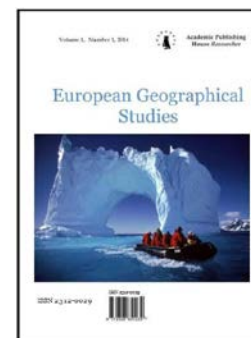


Copyright © 2014 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation  
European Geographical Studies  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2312-0029  
Vol. 1, No. 1, pp. 12-20, 2014

DOI: 10.13187/issn.2312-0029

[www.ejournal9.com](http://www.ejournal9.com)

UDC 504.064.36:574

### Pollution of Volga Delta Watercourses With Heavy Metals

E.G. Loktionova, V.A. Andrianov, L.V. Yakovleva

Astrakhan State University, Russian Federation  
eleloktionova@yandex.ru

**Abstract.** Considered in the paper, is the analysis of water quality data in the various areas of the Volga River, including urban regions. As the bio-indicators of pollution we used mollusca of the family *Unionidae*, which are characterized by a high capacity of metal concentrations. Chemical analysis was carried out by means of atomic absorption spectrometry. The main stream of the Volga River 80 km upstream of Astrakhan was chosen as a reference area. The most polluted areas were revealed and recommendations for the effective use of geo-environmental monitoring methods were given.

**Keywords:** delta, natural water, geo-ecological monitoring, bioindication, clams, heavy metals, atomic absorption spectrometry

#### Введение.

Одним из основных факторов, определяющих закономерности функционирования экосистем в условиях техногенеза, является химическое загрязнение. Поэтому для оценки качества природных вод в настоящее время, активно разрабатывается и применяется биомониторинг [1-4]. Среди многочисленных поллютантов приоритетное место принадлежит металлам, особенно, так называемым, тяжелым. В основном, это связано с их биологической активностью. Металлы не подвергаются трансформации и, попав в биогеохимический цикл, очень медленно покидают его. Нижнее течение Волги (Волго-Ахтубинская пойма и дельта Волги) – единственный участок реки, где сохранились естественные гидродинамические условия. Весь режим данного участка, расположенного в аридной зоне, определяется, в основном, только за счет напусков воды из Волгоградского водохранилища. Волжская вода, сбрасываемая из водохранилища, имеет в своем составе как биогенные, так и токсичные компоненты, что и создаёт гидрохимический режим водотоков. Основными источниками загрязнения вод низовья Волги является транзитный сток, речной транспорт, сельское хозяйство, Астраханский газовый комплекс (АГК), сточные воды г. Астрахани и промышленные предприятия. Технологическая схема деятельности АГК исключает прямое воздействие на водотоки поймы и дельты в связи с отсутствием сброса сточных вод непосредственно в них. Стоки, пройдя систему очистки, утилизируются на сельскохозяйственных полях орошения. Поэтому на поверхностные водотоки оказывают влияние, в основном, атмосферные выбросы [5].

Распределение металлов в воде схоже с распределением их в пелагических гидробионтах и несколько отличается в донных отложениях и бентоса. Для решения данной проблемы необходимо изучить их концентрации и поведение в различных гидробионтах,

выявить организмы-индикаторы и разработать метод оценки качества водных экосистем. Использование организмов для мониторинга тяжелых металлов в природных водах имеет важное экологическое значение, хотя применение биоиндикации сдерживается из-за отсутствия единых методических принципов [1]. В США и странах Европы в качестве биоиндикаторов используют многолетние виды, которые широко распространены, ведут малоподвижный образ жизни, легко добываются. Среди них особое значение имеют беспозвоночные, особенно моллюски, которые характеризуются высокой способностью к концентрации металлов, интенсивность их накопления зависит от содержания в окружающей среде [6-11]. Таким образом, одним из наиболее удобных объектов для изучения накопления металлов в дельте Волги являются моллюски. Моллюски имеют широкое распространение, доступны для сбора в течение года, а их малая миграционная активность и способность накапливать высокие концентрации тяжелых металлов позволяет использовать их в качестве биоиндикаторов мониторинга водной среды, тем более что накопление микроэлементов в моллюсках Нижней Волги изучается достаточно давно [9].

### **Материал и методика.**

В качестве биоиндикаторов были выбраны моллюски-фильтраторы семейства *Unionidae*, которые характеризуются высокой способностью к концентрации металлов, и самое важное – интенсивность их накопления зависит от содержания в окружающей среде. Моллюски семейства *Unionidae* не имеют определённых отличий по способу питания и отношению к субстрату. Все они являются представителями инфауны и обитают в слое песчано-илистого грунта (пелофилы, псаммофилы). Ранее проведённые исследования по выявлению их отличия на генетическом уровне по белковым спектрам, наоборот, показали высокий уровень сходства [10]. Находясь в грунте, моллюски активно фильтруют воду, непосредственно примыкающую ко дну, питаются при этом взвешенными частицами. В качестве индикатора были использованы моллюски двух видов принадлежащих к роду *Unio Philipsson*, 1788 виды: *U. Tumidus Philipsson*, 1788; *U. Pictorum* (Linne, 1758).

Анализ гидрохимических данных и косвенных реакций гидробионтов не всегда позволяет выявить металлы в комплексе загрязнителей, попадающих в исследуемые водотоки от промышленных объектов городов Волгограда и Астрахани, АГК так как смена воды в р. Волга происходит каждые 10 суток. В то же время в состав стоков и выбросов предприятий входит большое количество поллютантов в том числе и тяжёлые металлы.

С целью выявления возможного загрязнения водной территории тяжелыми металлами нами были использованы методы биоиндикации на четырёх водотоках поймы и дельты р. Волга (рис. 1-4). Ввиду того, что в настоящее время невозможно найти незагрязненную среду, нами в качестве фона был выбран участок основного русла Волги, расположенный на 80 км выше г. Астрахани. Говоря о поступлении металлов в пресноводные экосистемы, необходимо учитывать два типа оптимумов для организмов физиологический и экологический [12]. Физиологический оптимум всегда постоянен, а экологический зависит от состояния окружающей среды.

Рукав Бузан является одним из основных водотоков реки Волга и находится в непосредственной близости от объектов АГК. Ахтуба – левый рукав Волги, отделяется выше г. Волгограда. Рукав Прямая Болда проходит в северо-восточной части г. Астрахани где размещены промышленные предприятия (судостроительные и судоремонтные заводы, городская ГРЭС и др.). Ерик Кутум проходит непосредственно через г. Астрахань и подвержен различному антропогенному воздействию [13].



Рис. 1. Фоновый участок р. Волги

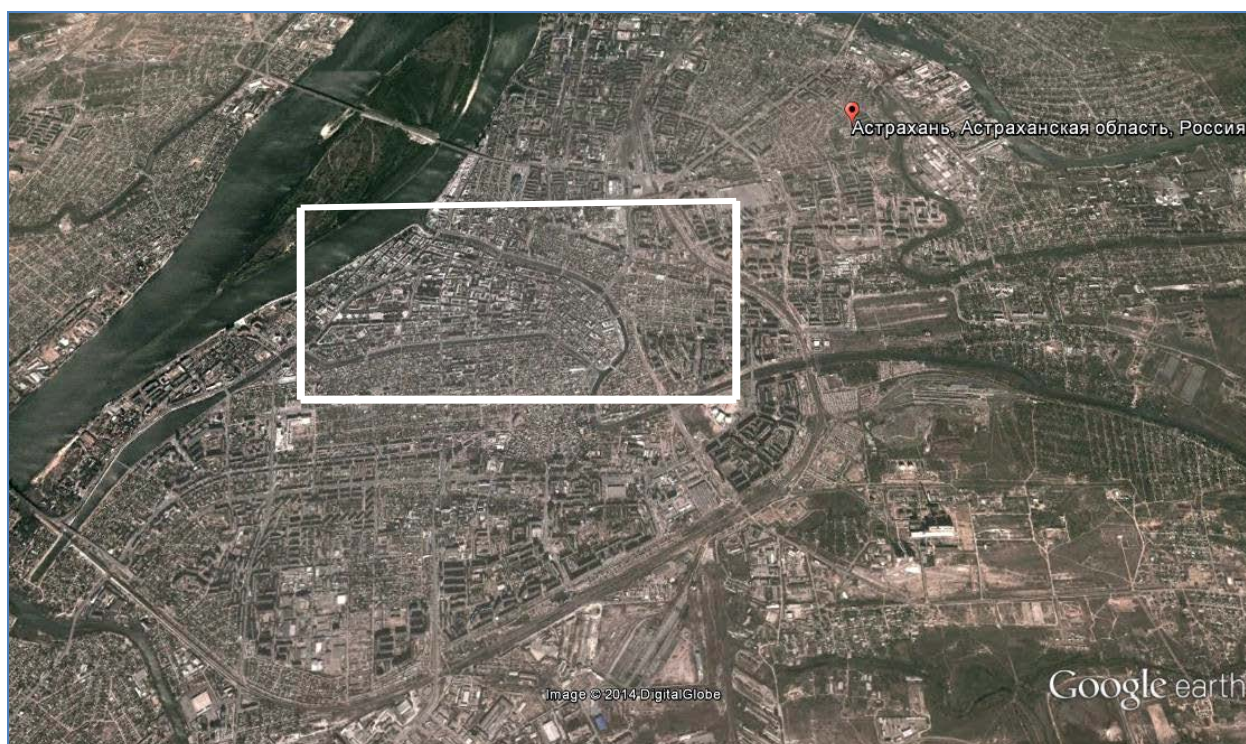
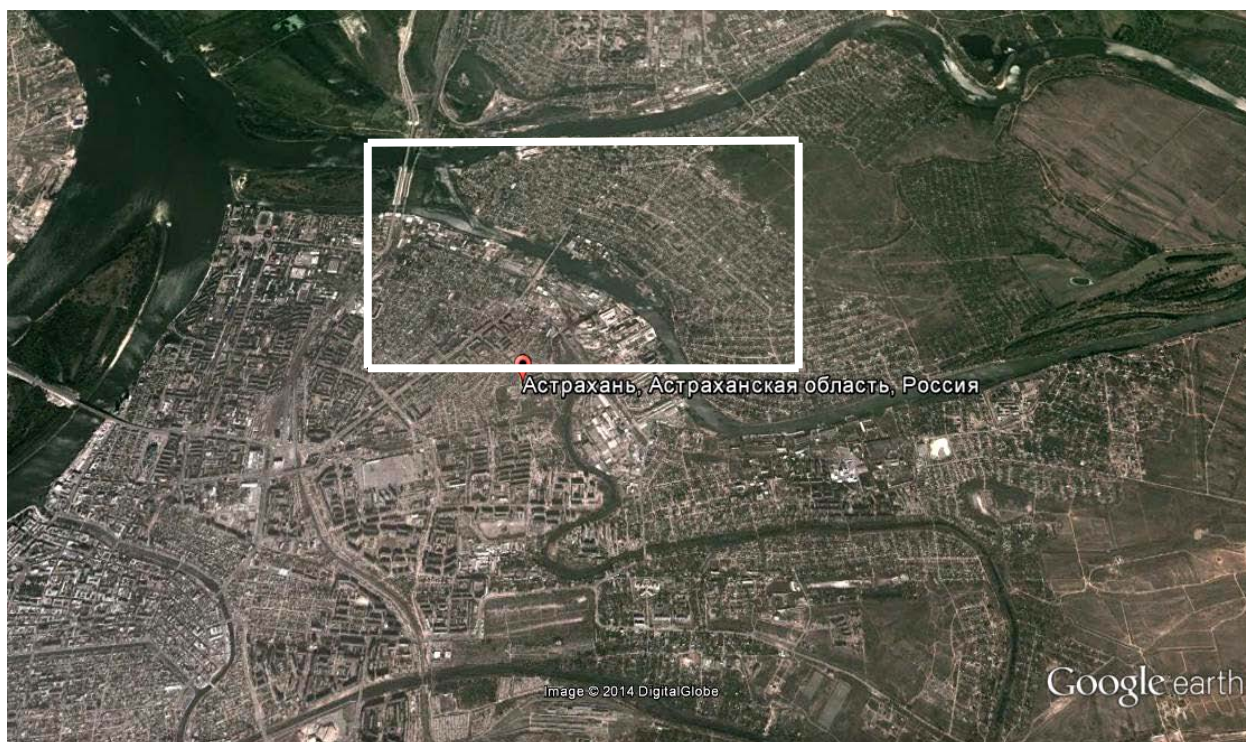


Рис. 2. Ерик Кутум



*Рис. 3. Рукав Прямая Болда*



*Рис. 4. Рукав Бузан*



Рис. 5. Рукав Ахтуба

Используемая для исследования сетка станции позволяла контролировать уровень загрязнения тяжелыми металлами водотоков, находящихся на урбанизированной территории г. Астрахани и техногенной территории АГК.

Сбор моллюсков проводили летом в меженный период с помощью скребка на глубине 1-2 метра. Для анализа отбирали взрослых одноразмерных особей [14]. Спектральный анализ биоматериала проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии на спектрофотометре фирмы Hitachi (AAS-180-50) [15]. Определение содержания тяжелых металлов в природной воде проводили с использованием стандартных методик [16].

### Результаты.

Полученные данные (табл. 1) свидетельствуют, что содержание металлов в теле моллюсков отвечает их количеству в абиотической среде. Учитывая биологические особенности моллюсков, нами было отмечено, что содержание металлов в них зависит от места обитания и биологических особенностей. Так железо и цинк значительно преобладают в теле моллюсков как в загрязнённых водотоках, так и фоновом. Наибольшее содержание Fe обнаружено в раковинах и тканях моллюсков отобранных в водотоках рук. Прямая Болда и ерик Кутум. Данный факт легко объяснить наличием крупных промышленных предприятий, расположенных на данной территории. Тоже самое относится к Zn и Cd, (220-320 и 0.5-5.2 мкг/кг соответственно), но их повышенное содержание отмечено также и в рук. Бузан, где расположен причал по отгрузки элементарной серы с предприятия АГК, железнодорожный и автомобильные мосты (табл. 1). Содержание Cu, как в раковине, так и в теле моллюсков довольно равномерно во всех исследуемых водотоках и не превышает 9,7 мкг/кг. Концентрация кадмия в тканях также довольно равномерна с небольшим превышением в теле на всех станциях. Установлено, что содержание Pb, Ni и Co в раковине значительно выше, чем теле моллюсков. Накопление металлов в раковине происходит в течение всей жизни моллюсков, и их содержание определяется не только физиологическими особенностями, но и экологической ситуацией реки. Всё это не может отражать реальную картину в водоёме на данный момент времени. Наиболее высокие концентрации исследуемых микроэлементов отмечены в жабрах, мантии и гепатопанкреасе моллюсков во всех водотоках.

Таблица 1

**Сравнительный анализ содержания металлов в теле и раковине моллюсков семейства *Unionidae* в разных водотоках поймы и дельты Волги**

Металлы	Р. Волга (фон)		Рук. Болда город		Ер. Кутум город		Рук. Бузан АГК	
	раковина	тело	раковина	тело	раковина	тело	раковина	тело
Fe	45,0-150,0	400,0-500,0	220,0-580,0	980,0-1370,0	240,0-420,0	1000,0-1400,0	50,0-220,0	500,0-587,0
Zn	5,0-20,0	110,0-170,0	40,0-75,0	240,0-320,0	20,0-50,0	220,0-270,0	20,0-51,0	180,0-239,0
Cu	5,8-6,6	5,4-6,5	4,5-5,5	4,6-6,2	6,6-9,7	5,4-8,9	3,4-4,5	4,6-5,7
Pb	15,0-23,0	3,1-6,2	22,5-31,0	3,2-8,1	21,7-34,0	7,5-15,1	8,1-15,2	3,5-6,7
Ni	3,5-8,2	1,3-6,2	32,2-55,0	5,2-14,8	19,0-37,1	4,1-12,5	15,8-32,4	4,9-12,3
Co	3,6-5,2	0,8-2,7	5,05-7,1	2,1-3,7	5,8-7,8	2,2-4,9	5,6-8,0	1,2-2,8
Cd	0,5-1,8	1,1-3,9	0,8-2,3	3,1-5,2	1,5-2,2	0,5-2,9	1,3-3,7	2,1-3,8

Таким образом, в качестве органов биоиндикаторов желательно использовать только внутренние органы и ткани моллюсков. На основании полученных результатов биоиндикации выявлено повышенное содержание микроэлементов в воде исследуемых водотоков и установлены специфические локальные участки с их высоким содержанием в воде водотоков г. Астрахани.

Нами также были проведены гидрохимические исследования (таблица 2). Полученные данные сравнивались с ПДК для рыбохозяйственных водоемов и фоновыми значениями.

Таблица 2

**Некоторые экологические показатели качества природных вод в 2013 г.**

Наименование показателя	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	январь	февраль	март	апрель	май
<b>Общее железо</b>	0,1					
Р.Волга (фон)		0,28±0,04	0,29±0,02	0,33±0,03	0,35±0,03	0,37±0,04
Рук.Бузан		0,32±0,07	0,32±0,08	0,35±0,02	0,36±0,08	0,31±0,07
Рук.Ахтуба		0,16±0,05	0,31±0,09	0,32±0,04	0,23±0,07	0,31±0,07
Пр. Болда		0,22±0,02	0,21±0,01	0,25±0,01	0,26±0,02	0,30±0,08
Ер. Кутум		0,18±0,01	0,17±0,02	0,18±0,02	0,20±0,02	0,21±0,04
<b>Медь</b>	0,01					
Р.Волга (фон)		0,17±0,02	0,19±0,03	0,15±0,02	0,19±0,03	0,24±0,04
Рук.Бузан		0,16±0,04	0,20±0,05	0,14±0,03	0,18±0,05	0,24±0,06
Рук.Ахтуба		0,19±0,05	0,07±0,02	0,12±0,03	0,19±0,05	0,20±0,05
Пр. Болда		0,18±0,02	0,17±0,02	0,20±0,01	0,21±0,03	0,24±0,03
Ер. Кутум		0,16±0,02	0,10±0,02	0,12±0,02	0,23±0,03	0,25±0,03
<b>Марганец</b>	0,01					
Р.Волга (фон)		0,07±0,01	0,08±0,02	0,07±0,01	0,08±0,02	0,10±0,02
Рук.Бузан		0,07±0,02	0,08±0,02	0,02±0,01	0,10±0,03	0,11±0,03
Рук.Ахтуба		0,07±0,02	0,06±0,39	0,06±0,02	0,05±0,02	0,08±0,02
Пр. Болда		0,07±0,01	0,09±0,06	0,09±0,07	0,10±0,02	0,11±0,03
Ер. Кутум		0,06±0,01	0,08±0,03	0,07±0,02	0,06±0,02	0,07±0,02

**Заклучение.**

Как показывают данные, представленные в таблице 2, содержание железа, меди во все исследуемые месяцы не превышало нормативных значений. Согласно сезонной динамики значения концентраций в фоновой точке и других местах отбора незначительно отличались,

что свидетельствует о сравнительно низком антропогенном влиянии на данные водные объекты.

Содержание общего железа было максимальным в марте, что обусловлено периодом половодья, попаданием железа вместе с талыми водами. Содержание марганца в одной из точек (рукав Ахтуба) в феврале 2013 г. превышало норматив. Однако в других местах отбора проб превышений выявлено не было. Это может указывать на небольшое локальное загрязнение вод непосредственно около места забора воды. Из примененных методов наибольшей чувствительностью для определения загрязнения в определенный момент времени обладает атомно-абсорбционная спектрометрия. Однако для определения общего уровня загрязнения тяжелыми металлами более подходящим является метод биоиндикации с использованием моллюсков. Исследуемые металлы накапливаются во внутренних органах моллюсков, поэтому этот метод можно использовать для оценки уровня загрязнения исследуемых водоемов.

### Литература:

1. Никаноров А.М. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах / А.М. Никаноров, А.В. Жулидов. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 312 с.
2. Kwan K.M., Chan H.M., Lafontaine Y. Metal contamination in zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) along the St. Lawrence river // *Ibid.* 2003. 88. P. 193–219.
3. Киричук Г.Е. Особенности накопления ионов тяжелых металлов в организме пресноводных моллюсков // *Гидробиол. журн.* 2006. 42, № 4. С. 99–110.
4. Брень Н.В. Биологический мониторинг и общие закономерности накопления тяжелых металлов пресноводными донными беспозвоночными // *Гидробиол. журн.* 2008. 44, № 2. С. 96–115.
5. Андрианов В.А. Оценка воздействия Астраханского газового комплекса на качество воздушного бассейна Северо-Западного Прикаспия // *Экологические системы и приборы.* М., 2001, № 3. С. 23–25.
6. Zadory L. Freshwater molluscs accumulation indicators for monitoring heavy metal pollution. *Fresenius Z Anal., Chem.*, 1984. 317 P. 375–379.
7. Hemelraad J., Holwerda DA., Zandee D.I. Cadmium Kinetics in Freshwater Clams I. The Pattern of Cadmium Accumulation in *Anodonta cygnea* Arch. Environ. Contam. Toxicol. 1986. 15, № 1. P. 1-7.
8. 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.
9. Пирогов В.В. Микроэлементы у моллюсков Нижней Волги / В.В. Пирогов, Р.А. Зайнутдинова, В.В. Залепухин, В.А. Андрианов, В.Н. Кириллов, В.И. Воробьев // *Роль микроэлементов в жизни водоёмов.* М.: Наука, 1980. С. 112–121.
10. Андрианов В.А. Геоэкологические аспекты деятельности Астраханского газового комплекса. Астрахань; АГМА, 2002. 245 с.
11. Шаплыгина Ю.Н. Особенности воздействия тяжёлых металлов на донные организмы дельты р. Волга / Ю.Н. Шаплыгина, Т.Ф. Курочкина, Б.М. Насибулина // *Естественные науки.* 2013. № 3 (44). С. 51–60.
12. Вальтер Г. Растительность земного шара. Эколого-физиологическая характеристика. Т. 1. М.: Прогресс, 1968. 552 с.
13. 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.
14. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос). Л.: Гидрометииздат, 1977. 510 с.
15. Прайс В. Аналитическая атомно-абсорбционная спектрометрия. М.: Мир, 1976. 355 с.
16. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под общ. ред. Семенова А.Д. Л.: Гидрометииздат, 1977. 524 с.

**References:**

1. Nikanorov A.M. Biomonitoring metallo v presnovodnykh ekosistemakh / A.M. Nikanorov, A.V. Zhulidov. L.: Gidrometeoizdat, 1991. 312 s.
2. Kwan K.M., Chan H.M., Lafontaine Y. Metal contamination in zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) along the St. Lawrence river // *Ibid.* 2003. 88. P. 193–219.
3. Kirichuk G.E. Osobennosti nakopleniya ionov tyazhelykh metallo v organizme presnovodnykh mollyuskov // *Gidrobiol. zhurn.* 2006. 42, № 4. S. 99–110.
4. Bren' N.V. Biologicheskii monitoring i obshchie zakonomernosti nakopleniya tyazhelykh metallo presnovodnymi donnymi bespozvonochnyimi // *Gidrobiol. zhurn.* 2008. 44, № 2. S. 96–115.
5. Andrianov V.A. Otsenka vozdeistviya Astrakhanskogo gazovogo kompleksa na kachestvo vozdušnogo basseina Severo-Zapadnogo Prikaspiya // *Ekologicheskie sistemy i pribory.* M., 2001, № 3. S. 23–25.
6. Zadory L. Fzeshwater molluses accmulation indicators for monitoring heavy metal pollution. *Fresenius Z Anal., Chem.*, 1984. 317 P. 375–379.
7. Hemelraad J., Holwerda DA., Zandee D.I. Cadmium Kinetics in Freshwater Clams I. The Pattern of Cadmium Accumulation in *Anodonta cygnea* Arch. *Environ. Contam. Toxicol.* 1986. 15, № 1. P. 1-7.
8. 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.
9. Pirogov V.V. Mikroelementy u mollyuskov Nizhnei Volgi / V.V. Pirogov, R.A. Zainutdinova, V.V. Zalepukhin, V.A. Andrianov, V.N. Kirillov, V.I. Vorob'ev // *Rol' mikroelementov v zhizni vodoemov.* M.: Nauka, 1980. S. 112–121.
10. Andrianov V.A. Geoekologicheskie aspekty deyatelnosti Astrakhanskogo gazovogo kompleksa. Astrakhan'; AGMA, 2002. 245 s.
11. Shaplygina Yu.N. Osobennosti vozdeistviya tyazhelykh metallo na donnye organizmy del'ty r. Volga / Yu.N. Shaplygina, T.F. Kurochkina, B.M. Nasibulina // *Estestvennye nauki.* 2013. № 3 (44). S. 51–60.
12. Val'ter G. Rastitel'nost' zemnogo shara. Ekologo-fiziologicheskaya kharakteristika. T. 1. M.: Progress, 1968. 552 s.
13. Loktionova E. G., Izuchenie zagryazneniya vnutrennikh vodoemov g. Astrakhani tyazhelymi metallami / E. G. Loktionova, G. V. Bolonina, L. V. Yakovleva // *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya «Estestvennye nauki».* 2012. Vyp. Khimiya i khimicheskaya ekologiya. № 2. S. 79–88.
14. Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Evropeiskoi chasti SSSR (plankton i bentos). L.: Gidrometeoizdat, 1977. 510 s.
15. Prais V. Analiticheskaya atomno-absorbtsionnaya spektrometriya. M.: Mir, 1976. 355 s.
16. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu poverkhnostnykh vod sushi / pod obshch. red. Semenova A.D. L.: Gidrometeoizdat, 1977. 524 s.

УДК 504.064.36:574

**Загрязнение водотоков дельты Волги тяжелыми металлами**

Е.Г. Локтионова, В.А. Андрианов, Л.В. Яковлева

Астраханский государственный университет, Российская Федерация  
eleloktionova@yandex.ru

**Аннотация.** В статье приводится анализ данных мониторинга качества природных вод дельты р. Волги на различных участках, в том числе и на урбанизированных территориях. Используются данные биологического мониторинга, полученные с применением моллюсков семейства *Unionidae* и данные химического анализа методом атомно-абсорбционной спектроскопии. В качестве биоиндикаторов были выбраны



моллюски-фильтраторы семейства *Unionidae*, которые характеризуются высокой способностью к концентрации металлов. В качестве объектов исследования выбраны четыре водотока дельты р. Волги. В качестве фона был выбран участок основного русла Волги, расположенный на 80 км выше г. Астрахани. Выявлены наиболее загрязненные участки, даются рекомендации по эффективному применению использованных методов для проведения геоэкологического мониторинга.

**Ключевые слова:** дельта, природные воды, геоэкологический мониторинг, биоиндикация, моллюски, тяжелые металлы, атомно-абсорбционная спектрометрия