

matic hydrocarbons in the Athabasca oil sands region // Environmental Science & Technology. 2016. V. 50. No. 4. P. 1711–1720.

8. Vingiani S., De Nicola F., Purvis W. O., Concha-Grana E., Muniategui-Lorenzo S., Lopez-Mahia P., Giordano S., Adamo P. Active biomonitoring of heavy metals and PAHs with mosses and lichens: a case study in the cities of Naples and London // Water Air and Soil Pollution. 2015. V. 226. No. 8. P. 240.

9. Doegowska S., Migaszewski Z.M. PAH concentration in the moss species *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G. and *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. from the Kielce area (south-central Poland) // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2011. V. 74. P. 1636–1644.

10. Foan L., Domercq M., Bermejo R., Santamaria J.M., Simon V. Mosses as an integrating tool for monitoring PAH atmospheric deposition: Comparison with total deposition and evaluation of bioconcentration factors. A year-long case-study // Chemosphere. 2015. V. 119. P. 452–458.

11. Migaszewski, Z.M., Galuszka A., Crock J.G., Lamothe P.J., Dołęgowska S. Interspecies and interregional comparisons of the chemistry of PAHs and trace elements in mosses *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G. and *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. from Poland and Alaska // Atmospheric Environment. 2009. V. 43. P. 1464–1473.

12. Skert N., Falomo J., Giorgini L., Acquavita A., Capriglia L., Grahonja R. Biological and artificial matrixes

as PAH accumulators: an experimental comparative study // Water Air Soil Pollut. 2010. V. 206. No. 1. P. 95–103.

13. Lankin A.V., Kreslavski V.D., Zharmukhamedov S.K., Allakhverdiev S.I., Khudyakova A.Yu. Effect of naphthalene on photosystem 2 photochemical activity of pea plants // Biochemistry (Moscow). 2014. V. 79. No. 11. P. 1216–1225.

14. Yakovleva E.V., Gabov D.N., Beznosikov V.A., Kondratenok B.M. Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils and lower-layer plants of the southern shrub tundra under technogenic conditions // Eurasian Soil Science. 2014. V. 47. No. 6. P. 562–572.

15. Atlas of the Komi Republic on climate and hydrology / Ed. A.I. Taskaev. M.: DiK, Drofa, 1997. 116 p. (in Russian)

16. Soil atlas of the Komi Republic / Ed. A.I. Taskaev. Syktyvkar: Komi Respublikanskaya Tipografiya, 2010. 356 p. (in Russian).

17. Beznosikov V.A., Lodygin E.D. Fraction-group humus composition of cryogenic surface-gley and hydromorphic soils of the Bolshezemelskaya tundra // Vestn. S.-Peterb. un-ta. 2012. V. 3. No. 1. P. 107–120 (in Russian).

18. Gorshkov A.G., Mikhailova T.A., Berezhnaya N.S., Vereshchagin A.L. Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in needles of Scots pine in Near-Baikal region // Lesovedeniye. 2008. No. 2. P. 21–26 (in Russian).

УДК 597.2.5:574.583:592(282.247.1)

## Оценка состояния гидробиоценозов малых водотоков бассейна р. Аргунь

© 2017. Е. Ю. Афонина, к. б. н., н. с., А. В. Афонин, с. н. с.,  
Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,  
672014, Россия, г. Чита, ул. Недорезова, 16 а,  
e-mail: kataf@mail.ru, AlexAA@yandex.ru

Гидробиологические исследования проводились в июле 2006, 2013 и 2015 гг. в реках бассейна р. Аргунь. Район работ условно подразделён на три участка: естественные ненарушенные речные экосистемы (Малая Борзя, Чиндаготай, Кутомара, Донинская Борзя, Верхняя Борзя, Средняя Борзя (верхнее течение); ранее подвергшиеся воздействию золотодобычи (Средняя Борзя (среднее течение), карьеры № 1, № 3); находящиеся в настоящее время под влиянием промывки золота (Средняя Борзя (нижнее течение, пруд-отстойник, карьер № 2). Всего в составе планктонной фауны отмечено 73 вида и подвида, в составе ихтиофауны – 18 видов. В бассейне р. Верхняя Борзя отмечено 16 видов беспозвоночных и 8 – рыб, в бассейне р. Средняя Борзя – 70 и 17 соответственно. В зоопланктоне к фоновым отнесены широко распространенные и эврибионтные виды: *Euchlanis dilatata* Ehrenberg, *Bosmina longirostris* (Müller), *Chydorus sphaericus* (Müller), *Eucyclops denticulatus* (Graeter). Общими видами в ихтиофауне являлись *Carassius auratus gibelio* (Bloch), *Leuciscus waleckii* (Dybowski), *Rhodeus sericeus sericeus* (Pallas), *Phoxinus lagowskii* Dybowski, *Cobitis melanoleuca* Nichols, *Percottus glenii* Dybowski, *Parasilurus asotus* (Linnaeus). Экосистемы верхних участков рек Верхняя Борзя и Средняя Борзя и их притоки сохранили свое естественное состояние. Наибольшей трансформации подверглись экосистемы среднего течения р. Средняя Борзя. Зоопланктон естественных участков водотоков характеризовался бедным составом (2–3 таксона), общая численность варьировала в пределах 20–90 экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 0,03–0,56 мг/м<sup>3</sup> при доминировании младшевозрастных стадий ракообразных. В техногенных водоёмах число видов увеличивалось до 19–25, а количественные показатели – до 100–111640 экз./м<sup>3</sup>

и 0,45–561,5 мг/м<sup>3</sup>. В составе ихтиофауны р. Верхняя Борзя доминировали представители бореального равнинного комплекса, ихтиоценоз характеризовался как чебаково-карасевый. В р. Средняя Борзя преобладали рыбы китайского равнинного комплекса, ихтиоценоз – чебаково-карасево-сомовый. Техногенные ландшафты способствовали распространению чужеродного вида – ротана и практически полному уничтожению среды обитания ценных видов рыб (ленок, хариус и налим).

**Ключевые слова:** зоопланктон, ихтиофауна, трансформация гидробиоценозов, золотодобыча, реки Верхняя Борзя, Средняя Борзя, Аргунь.

## Assessment of hydrobiocenoses in the small rivers of Argun river basin

E. Yu. Afonina, A. V. Afonin,

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology Siberian Branch RAS,  
16 a Nedorezova St., Chita, Russia, 672014,  
e-mail: kataf@mail.ru, AlexAA@yandex.ru

Hydrobiological studies were conducted in July 2006, 2013 and 2015 on the Argun river basin tributaries. The area of work is conditionally divided into three sections: natural undisturbed river ecosystems (Malaya Borzya, Chingoratay, Kutomara, Doninskaya Borzya, Verkhnyaya Borzya, Srednyaya Borzya (the upper river part), previously affected by gold mining (Srednyaya Borzya (the middle river part), quarry No. 1, No. 3), currently under the influence of gold washing (Srednyaya Borzya (the lower river part), sediment pond, quarry No. 2.) In total, 73 species and subspecies were recorded in the plankton fauna, 18 species were recorded in the ichthyofauna. 16 species of invertebrates and 8 species of fish were marked in the Verkhnyaya Borzya river basin, 70 and 17 species respectively were in the Srednyaya Borzya river basin. In the zooplankton, widely distributed and eurybiont species are classified as background ones: *Euchlanis dilatata* Ehrenberg, *Bosmina longirostris* (Müller), *Chydorus sphaericus* (Müller), *Eucyclops denticulatus* (Graeter), *Carassius auratus gibelio* (Bloch), *Leuciscus waleckii* (Dybowski), *Rhodeus sericeus sericeus* (Pallas), *Phoxinus lagowskii* Dybowski, *Cobitis melanoleuca* Nichols, *Percottus glenii* Dybowski, *Parasilurus asotus* (Linnaeus) were the common species in the ichthyofauna. The ecosystems of the Verkhnyaya Borzya and Srednyaya Borzya rivers upper sections and their tributaries have preserved their natural state. The greatest transformation was made by the ecosystems in the Srednyaya Borzya river middle part. The zooplankton on the natural sections was characterized by a poor composition (2–3 taxa), the total number varied within the range of 20–90 ind./m<sup>3</sup>, biomass varied 0.03–0.56 mg /m<sup>3</sup> with dominance of the crustaceans juvenile stages. In technogenic reservoirs, the its number of species increased to 19–25, and quantitative indices – up to 100–111640 ind./ m<sup>3</sup> and 0.45–561.5 mg/m<sup>3</sup>. In the ichthyofauna of the Srednyaya Borzya river was dominated by fish from the boreal plain complex, the ichthyocenosis was characterized as ide-crucian. The fish from the chinese flat complex dominated in the Srednyaya Borzya river, the ichthyocenosis was as ide-crucian-catfish. Technogenic landscapes promoted the spread of the alien species (ratan) and almost complete habitat destruction of the valuable fish species (lenok, grayling and burbot).

**Keywords:** zooplankton, ichthyofauna, transformation of hydrobiocenosis, gold mining, Verkhnyaya Borzya, Srednyaya Borzya and Argun rivers.

Речные экосистемы, функционирующие в условиях сурового климата и низкого потенциала самоочищения и самовосстановления, весьма уязвимы ко всем видам природных и антропогенных факторов воздействия. Добыча полезных ископаемых из россыпей – одно из самых кардинальных антропогенных влияний, которое приводит к уничтожению всех компонентов местной экосистемы [1]. Формирующиеся на месте разработок экосистемы существенно отличаются по рельефу, составу флоры и фауны от незатронутых золотодобычей экосистем, поскольку изменение морфодинамического типа русла рек приводит к возникновению биотопов участков рек с особыми условиями существования водных биоценозов.

На территории Забайкальского края наибольшему влиянию золотодобывающих пред-

приятий подвержены реки Верхнего Амура, основным ключевым участком которого является трансграничный природный комплекс р. Аргунь. Продолжительное воздействие золотодобычи на водные ресурсы Аргуни привело к существенному изменению основных характеристик речных экосистем.

Цель работы – определение состояния речных сообществ в нарушенных и естественных участках водотоков и их трансформации.

### Материалы и методы

Гидробиологические исследования бассейнов рек Верхняя Борзя и Средняя Борзя проводились в июле 2006, 2013, 2015 гг. Район работ условно был подразделён на три участка. Первый – это естественные ненарушенные

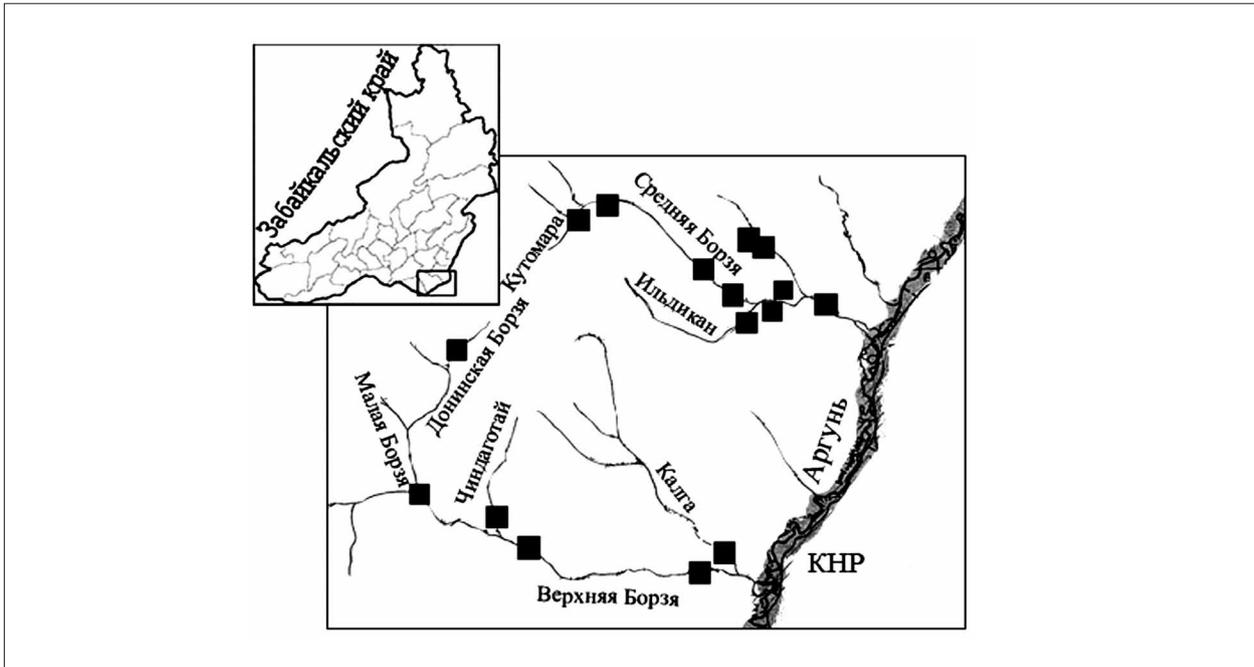


Рис. 1. Карта-схема мест отбора гидробиологических проб

Таблица 1

Некоторые гидрологические характеристики обследованных водотоков

Река	Площадь водосбора, км <sup>2</sup> *	Длина, км*	Скорость течения, м/сек**	Ширина, м**
Малая Борзя	0	менее 10	0,3	5–10
Верхняя Борзя	4040	153	0,5–0,8	10–25
Чиндаготай	0	22	–	5–10
Донинская Борзя	0	56	0,5–1,0	5–15
Калга	856	71	0,3–0,5	2–5
Средняя Борзя	1410	118	0,5–1,0	5–40
Кутомара	0	26	0,5	2–5

Примечание: \* – [2]; \*\* – данные авторов; «–» – не определяли.

участки речной экосистемы – Малая Борзя, Чиндаготай, Кутомара, Донинская Борзя, Верхняя Борзя, Средняя Борзя (верхнее течение); второй – участки, ранее подвергшиеся воздействию золотодобычи – Средняя Борзя (среднее течение), карьеры № 1 и № 3; третий – участки, находящиеся в настоящее время под влиянием промывки золота – Средняя Борзя (нижнее течение, пруд-отстойник, карьер № 2) (рис. 1).

Некоторые гидрологические характеристики обследованных рек представлены в таблице 1.

Обследованные водотоки протекают по лесостепной местности. Река Верхняя Борзя и притоки имеют заросшие растительностью берега, медленное течение. Русло в нижнем течении, при выходе на пойму р. Аргунь, глубоко

врезано в пойму. Поверхностный сток р. Чиндаготай в 2015 г. отсутствовал, стоячая вода наблюдалась только в уловах (глубиной до 1 м).

Верхнее течение р. Средняя Борзя (длиной 15–20 км от истока) характеризуется глубоким руслом, болотистыми и заросшими кустарниками берегами, наличием перекатов с произрастанием мхов. Вода чистая и прозрачная, в ямах глубина достигает до 1 м. В среднем течении река практически полностью нарушена отработками золотодобывающих предприятий и представляет собой каскад различных техногенных водоёмов. Русло частично отведено в руслоотводной канал, но в основном идёт по дражным отработкам. В нижнем течении река имеет естественное русло с уловами (до 2 м) и мелководными перекатами. Вода мутная, белёсого цвета.

Таблица 2

Некоторые характеристики обследованных водоёмов

Водоём	Глубина, м	Прозрачность, м	Температура воды, °С
Пруд-осветлитель	0,5–2,0	0,5–2,0	20,4–24,5
Карьер (1986 г. отработки)	6,0	1,0	23,6
Карьер (р. Большой Кору́й)	3,0	1,5	22,4
Карьер № 1	0,5–4,0	1,6	22,6
Карьер № 2	2,0–3,5	1,2	21,8
Карьер № 3 (дренажный)	0,5–1,0	0,5–1,0	21,6

Обследовались также техногенные водоёмы (табл. 2).

Прибрежная зона «старых» водоёмов (1986 г. отработки и на р. Большой Кору́й, пруд-осветлитель) с обильным развитием водной и околородной растительности. Карьер № 1 извилистый, состоит из множества заливов и перешейков; карьер № 2 представляет собой две озёровидные чаши, соединяющиеся между собой и с рекой; карьер № 3 – дренажный, с рекой не соединяется, питание за счёт подземных дренажных вод и атмосферных осадков. В пруд-осветлитель впадает ручей Ильдикан.

При отборе проб зоопланктона применяли сеть Джели средней модели (с диаметром входного отверстия 25 см) и фильтрующим конусом из капронового сита с диаметром ячеи

0,064 мм и гидробиологический сачок (диаметр входного отверстия 38 см, размер ячеек 0,094 мм), через который проливали 100–150 л воды. Всего собрано и обработано 27 проб. Лабораторную обработку фиксированных 4%-м раствором формальдегида образцов проводили по стандартной количественно-весовой методике [3].

Лов рыб осуществляли при помощи сетей с ячейей от 10 мм до 45 мм, длиной 10–30 м, применяли также ловушки типа «морда» и «верша», сачок и мальковый невод с мотнёй из мельничного газа, длиной 10 м. Обработку проб осуществляли в соответствии с общепринятыми методами [4]. Полный биологический анализ рыб проводили в полевых условиях. Возраст рыб определяли по [5].

Таблица 3

Численность, биомасса и доминантные виды зоопланктона

Объекты	Дата отбора	N, экз./м <sup>3</sup>	B, мг/м <sup>3</sup>	Доминанты	
Верхняя Борзя	нижнее теч.	15.07.2006 г.	90	0,33	Nauplii Cyclopoida
	среднее теч.	07.07.2015 г.	30	0,03	нет
			20	0,03	нет
Донинская Борзя, нижнее течение	13.07.2015 г.	110	0,22	<i>Notholca squamula</i> (Müller)	
Средняя Борзя	верхнее теч.	13.07.2006 г.	30	0,03	нет
		22.07.2013 г.	50	0,56	нет
			20	0,02	нет
	среднее теч.	13.07.2015 г.	430	0,71	<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer)
	нижнее теч.		20	0,24	нет
Кутомара, нижнее теч.	12.07.2015 г.	30	0,07	нет	
Пруд-осветлитель	14.07.2006 г.	680	20,79	<i>E. denticulatus</i> , <i>B. longirostris</i>	
	15.07.2013 г.	100	0,45	<i>E. denticulatus</i>	
	09.07.2015 г.	30–4190	0,06–10,02	<i>E. denticulatus</i> , <i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg	
Карьер (1986 г. отработки)	13.07.2006 г.	20390	21,64	<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer),	
Карьер (р. Большой Кору́й)	14.07.2006 г.	45050	66,09	<i>B. longirostris</i>	
Карьер № 1	11.07.2015 г.	111640	561,50	<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus) + <i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer)	
Карьер № 2		54050	190,03	<i>S. pectinata</i> , <i>M. leuckarti</i> + <i>T. crassus</i>	
Карьер № 3 (дренажный)		10720	4,18	<i>T. crassus</i>	

Коэффициент общности состава животных рассчитывали по индексу видового сходства Чекановского-Сёренсена [6]. Для оценки разнообразия зоопланктона применялись индексы Шеннона ( $H_n$ ), Пielу ( $e$ ), Симпсона ( $D_s$ ) [7].

### Результаты и обсуждение

Показателем разнообразия планктонной фауны обследованных водных объектов является наличие 73 таксономических единиц, из которых 43 вида и подвида относятся к Rotifera, 19 видов – к Cladocera, 11 – к Copepoda. Обнаружены также представители отрядов Bdelloida и Harpacticoida. В р. Верхняя Борзя зарегистрировано 16 видов, в р. Средняя Борзя – 70. К фоновым отнесены космополитные и эврибионтные виды: *Euchlanis dilatata* Ehrenberg, *Bosmina longirostris* (Müller), *Chydorus sphaericus* (Müller), *Eucyclops denticulatus* (Graeter). В составе зоопланктона идентифицировано 3 новых, ранее не зарегистрированных в нашем регионе видов коловраток: *Trichocerca pusilla* (Jennings), *Lecane luna balatonica* (Varga), *Cephalodella ventripes* (Dixon-Nutall), являющиеся обитателями заросших прибрежий техногенных водоёмов. В р. Верхняя Борзя от истока к устью количество видов планктонных животных сокращалось от 6 до 2, в р. Средняя Борзя наибольшее число видов (7) отмечалось на среднем участке. В р. Малая Борзя зоопланктеры не встречались.

Зоопланктон естественных участков водотоков характеризовался бедным составом (2–3 таксона), общая численность варьировала в пределах 20–90 экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 0,03–0,56 мг/м<sup>3</sup> при доминировании младше возрастных стадий ракообразных. В техногенных водоёмах число видов увеличивалось до 19–25, а количественные показатели – до 100–111640 экз./м<sup>3</sup> и 0,45–561,5 мг/м<sup>3</sup> (табл. 3).

В водоёмах (кроме карьера № 2) развивался трансформированный неустойчивый зоопланктоценоз с усилением доминирования одного-двух эврибионтных видов ( $H_n = 1,01–1,82$ ;  $e = 0,42–0,57$ ;  $D_s = 0,34–0,45$ ). Зоопланктон карьера № 2 многовидовой, его основой являлись эврибионтные и литоральные формы ( $H_n = 2,24$ ,  $e = 0,82$ ,  $D_s = 0,73$ ).

Ихтиофауна бассейна р. Верхняя Борзя состояла из 8 видов, р. Средняя Борзя – из 17, общим количеством 18 видов, относящихся к шести семействам. Преобладали рыбы семейства карповых (70,6%). Общими видами являлись: *Carassius auratus gibelio* (Bloch) – ка-

рась серебряный, *Leuciscus waleckii* (Dybowski) – чебак или амурский язь, *Rhodeus sericeus sericeus* (Pallas) – обыкновенный амурский горчак, *Phoxinus lagowskii* Dybowski – голянь Лаговского, *Cobitis melanoleuca* Nichols – сибирская щиповка, *Perccottus glenii* Dybowski – головешка-ротан, *Parasilurus asotus* (Linnaeus) – амурский сом. В р. Верхняя Борзя встречался также *Gobio gobio cynocephalus* Dybowski – сибирский пескарь, в р. Средняя Борзя – *Brachymystax lenok* (Pallas) – ленок, *Cyprinus carpio haematopterus* (Temminick et Schlegel) – амурский сазан, *Phoxinus percnurus* (Pallas) – озёрный голянь, *Pseudorasbora parva* (Temminick et Schlegel) – амурский чебачёк, *Sarcocheilichthys czerskii* (Berg) – пескарь-губач Черского, *Gobio soldatovi* Berg – пескарь Солдатова, *Squalidus chankaensis* Dybowski – ханкинский пескарь, *Ladislavia taczanowskii* Dybowski – владиславия, *Hemiculter leucisculus* (Basilewsky) – востробрюшка и *Barbatula toni* (Dybowski) – сибирский голец, *Phoxinus lagowskii* Dybowski – голянь Лаговского отмечался на всех станциях опробования. Количество видов рыб в водотоках увеличивалось от истока к устью. В составе ихтиофауны р. Верхняя Борзя доминировали представители бореального равнинного комплекса (62,5%), ихтиоценоз характеризовался как чебаково-карасёвый, промысловых видов – 3. В р. Средняя Борзя преобладали рыбы китайского равнинного комплекса (47%), ихтиоценоз – чебаково-карасёво-сомовый, промысловых видов рыб – 5.

В уловах присутствовали рыбы младшего возраста. Линейно-весовые показатели и упитанность рыб в среднем и нижнем течении рек и в карьерах отличий не имели (табл. 4).

Сооружение различных водоёмов на малых реках приводит к образованию новых, не типичных для реки условий обитания, к изменению структуры и состава ихтиофауны и экобиологических параметров гидробионтов. На данном участке реки происходит увеличение числа видов и численности рыб и беспозвоночных, ранее встречающихся единично, и/или доминирующие до этого виды становятся малочисленными [1], что отражено и в наших исследованиях. Появление в реках Верхняя Борзя и Средняя Борзя новых видов рыб (ханкинский пескарь, владиславия, востробрюшка) и фитофильных и литоральных форм зоопланктона произошло вследствие их проникновения из р. Аргунь и пойменных озёр, стариц во время летнего паводка 2013 г., а также в результате целенаправленного или случай-

Линейно-весовые показатели и упитанность промысловых видов рыб (2015 г.)

Возраст (лет)	n	L <sub>1</sub> , мм	L <sub>2</sub> , мм	Q <sub>1</sub> , г	Q <sub>2</sub> , г	Уф	Ук
<b>р. ВЕРХНЯЯ БОРЗЯ</b>							
<i>Чебак</i>							
Среднее течение							
1+	11	<u>110–138</u> 124	<u>135–160</u> 149	<u>21–37</u> 28	<u>18–33</u> 25	<u>1,08–1,97</u> 1,53	<u>1,62–1,97</u> 1,36
2+	6	<u>135–170</u> 155	<u>160–200</u> 184	<u>37–80</u> 61	<u>33–71</u> 52	<u>1,41–1,71</u> 1,60	<u>1,13–1,51</u> 1,38
3+	6	<u>172–188</u> 179	<u>202–220</u> 211	<u>81–107</u> 95	<u>73–95</u> 83	<u>1,58–1,77</u> 1,64	<u>1,37–1,53</u> 1,45
4+	3	<u>198–223</u> 214	<u>230–260</u> 250	<u>140–191</u> 170	<u>127–175</u> 155	<u>1,69–1,80</u> 1,74	<u>1,54–1,64</u> 1,58
Нижнее течение							
1+	6	<u>108–125</u> 116	<u>130–150</u> 140	<u>20–33</u> 26	<u>16–28</u> 22	<u>1,50–1,69</u> 1,60	<u>1,27–1,50</u> 1,39
2+	2	<u>150–160</u> 155	<u>178–190</u> 184	<u>60–75</u> 66	<u>46–65</u> 56	<u>1,78–1,83</u> 1,80	<u>1,36–1,59</u> 1,47
3+	6	<u>168–185</u> 176	<u>200–220</u> 211	<u>86–108</u> 95	<u>83–100</u> 87	<u>1,54–2,00</u> 1,76	<u>1,42–1,81</u> 1,61
4+	6	<u>195–212</u> 203	<u>230–250</u> 241	<u>114–165</u> 141	<u>108–146</u> 126	<u>1,43–1,79</u> 1,68	<u>1,35–1,59</u> 1,50
<i>Карась</i>							
Среднее течение							
2+	2	95	120	27	22	3,1	2,59
3+	1	130	158	62	52	2,82	2,37
Нижнее течение							
0+	1	68	82	9	7	2,86	2,23
2+	1	100	125	32	30	3,2	3
3+	1	130	160	62	56	2,82	2,55
<i>Сом</i>							
Нижнее течение							
2+	2	306	–	166	151	0,57	0,52
<b>р. СРЕДНЯЯ БОРЗЯ</b>							
<i>Чебак</i>							
Средняя Борзя, давно нарушенный участок дражной отработки							
1+	1	100	120	17	16	1,7	1,6
2+	4	<u>140–145</u> 142	<u>170–75</u> 173	<u>47–57</u> 50	<u>40–45</u> 42	<u>1,68–1,87</u> 1,75	<u>1,46–1,53</u> 1,47
3+	1	152	185	69	60	1,96	1,71
4+	4	<u>210–228</u> 219	<u>242–265</u> 256	<u>144–226</u> 187	<u>130–186</u> 163	<u>1,55–2,07</u> 1,74	<u>1,40–1,70</u> 1,53
Карьер № 2							
1+	7	<u>110–120</u> 111	<u>130–142</u> 132	<u>18–25</u> 21	<u>16–23</u> 18	<u>1,35–1,65</u> 1,49	<u>1,20–1,50</u> 1,32
2+	2	188	220	119	111	1,79	1,67
Пруд-осветлитель							
1+	27	<u>100–125</u> 99	<u>120–150</u> 132	<u>12–31</u> 20	<u>11–25</u> 18	<u>1,13–1,88</u> 1,52	<u>1,05–1,57</u> 1,35
2+	8	<u>128–170</u> 147	<u>155–200</u> 175	<u>33–80</u> 52	<u>28–68</u> 44	<u>1,50–1,66</u> 1,60	<u>1,19–1,48</u> 1,37
3+	2	<u>160–170</u> 165	<u>190–200</u> 195	<u>69–84</u> 77	<u>62–74</u> 68	<u>1,68–1,71</u> 1,70	<u>1,51–1,51</u> 1,51

<i>Карась серебряный</i>							
Средняя Борзя, давно нарушенный участок дражной отработки							
2+	4	<u>118–122</u> 120	<u>148–150</u> 145	<u>56–62</u> 60	<u>49–53</u> 51	<u>3,24–3,65</u> 3,47	<u>2,84–3,04</u> 2,92
3+	6	<u>120–150</u> 132	<u>160–180</u> 166	<u>70–92</u> 78	<u>60–80</u> 67	<u>2,73–4,46</u> 3,46	<u>2,37–3,70</u> 2,97
4+	1	160	220	129	111	3,15	2,73
Карьер № 1							
2+	4	99	121	31	27	3,19	3,78
3+	6	<u>120–140</u> 128	<u>150–170</u> 63	<u>54–80</u> 63	<u>47–72</u> 56	<u>2,73–3,76</u> 3	<u>2,18–2,72</u> 2,62
Карьер № 2							
4+	2	188	220	119	111	1,79	1,97
Сом							
Средняя Борзя, давно нарушенный участок дражной отработки							
2+	5	<u>260–280</u> 276	–	<u>102–174</u> 128	<u>90–159</u> 115	<u>0,48–0,79</u> 0,61	<u>0,44–0,72</u> 0,66
3+	2	331	–	209	188	0,57	0,51
Пруд-осветитель							
2+	1	190	–	151	190	2,2	2,7
3+	6	<u>290–355</u> 335	–	<u>163–279</u> 229	<u>135–262</u> 206	<u>0,50–0,65</u> 0,61	<u>0,45–0,61</u> 0,55
Ленок							
Карьер № 2							
3+	1	255	275	238	226	1,39	1,36

Примечание:  $L_1$  – длина промысловая,  $L_2$  – длина всей рыбы;  $Q_1$  – полный вес рыбы;  $Q_2$  – вес после порки;  $Уф$  – упитанность по Фультону;  $Ук$  – упитанность по Кларку; в числителе – тах-тип; в знаменателе – среднее значение.

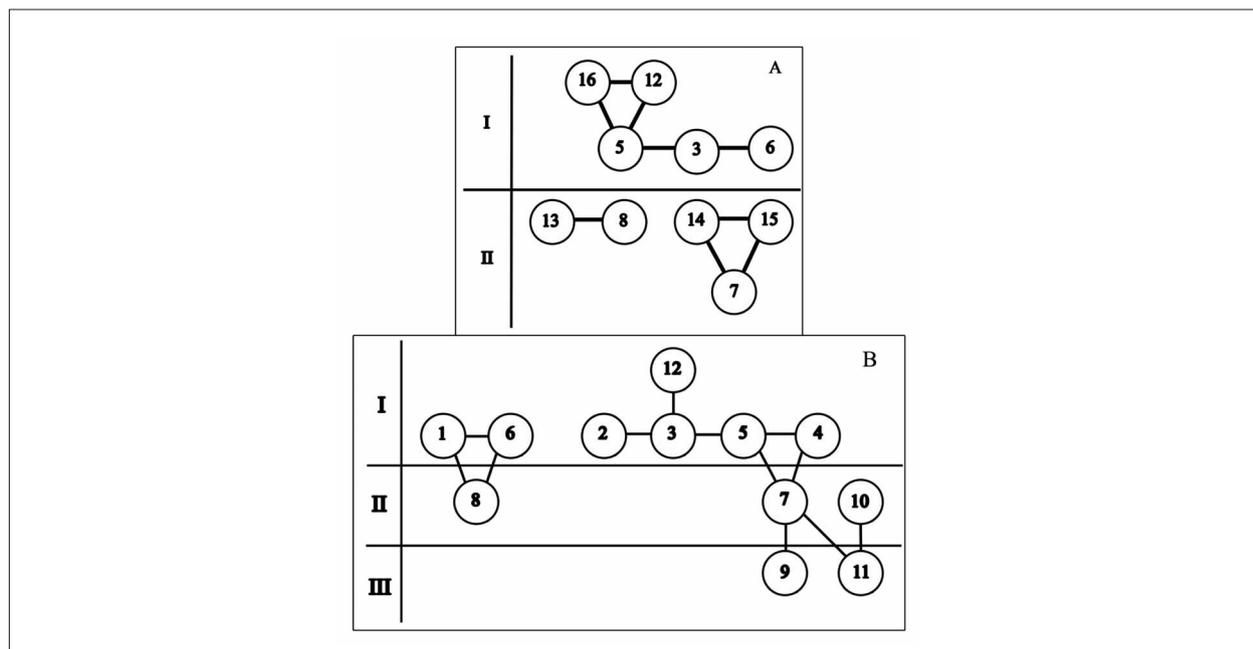


Рис. 2. Граф связи сходства участков рек по составу зоопланктона (А) и ихтиофауны (В).

Показан наибольший уровень связи. Участки: I – естественные экосистемы, II – нарушения 30-ти летней давности, III – современное воздействие. Цифрами обозначены: 1 – р. Малая Борзя; 2 – р. Чиндагатай; 3 – р. Верхняя Борзя, среднее течение; 4 – р. Калга, нижнее течение; 5 – р. Верхняя Борзя, нижнее течение; 6 – р. Средняя Борзя, верхнее течение; 7 – р. Средняя Борзя, среднее течение; 8 – карьер № 3; 9 – р. Средняя Борзя, выше моста автодороги Калга-Нер-Завод; 10 – карьер № 2; 11 – пруд-отстойник; 12 – р. Средняя Борзя, нижнее течение; 13 – карьер № 1; 14 – карьер 1986 г. отработки; 15 – карьер р. Большой Коруй; 16 – р. Кутомара.

ного вселения человеком (сазан). Техногенные ландшафты способствовали распространению чужеродного вида – ротана, темп роста которого гораздо выше, чем в естественных водоёмах [8], и практически полному уничтожению среды обитания ценных видов рыб, таких как ленок, хариус и налим, ранее обитавших в р. Средняя Борзя [9].

Для количественного определения степени сходства видового состава зоопланктона и ихтиофауны в естественных условиях и на нарушенных участках был рассчитан коэффициент Сёренсена-Чекановского, согласно которому минимальные значения коэффициента видового сходства отмечались между беспозвоночными и рыбами на ненарушенных участках и в изменённых. Максимальное видовое сходство (для зоопланктона составило 0,40–0,50, для ихтиофауны – более 0,75) установлено между составом биоценозов в естественных экосистемах и между составом животных в нарушенных. На основе индекса были построены графы связи (рис. 2).

Трансформация зоопланктоценозов осуществлялась в направлении смены реофильного сообщества (бедный качественный и количественный состав, доминирование Rotifera и ювенильных стадий ракообразных) на естественных участках рек на лимнофильное (увеличение числа видов и обилия с преобладанием наиболее устойчивых к неблагоприятным воздействиям среды Cyclopoidea) на участках, подверженных золотодобыче.

Изменение ихтиоценозов проявилось в уменьшении реофильных видов рыб в верхнем течении рек и увеличении лимнофильных – в среднем и нижнем. В р. Верхняя Борзя число реофильных видов колебалось от 33 до 50% (39% в среднем), а в р. Средняя Борзя – от 16 до 42% (29%).

Следует отметить, что трансформация биоценозов рек из разных природных ландшафтов отличаются. Речные сообщества горных таёжных долин менее подвержены модификации. Так, в ихтиоценозах нарушенных золотодобычей верхних притоков р. Онон преобладали такие виды рыб, как ленок, хариус, являющиеся обитателями богатых кислородом, чистых и прозрачных вод. В составе зоопланктона преобладали представители семейства Chydoridae [10].

### Заключение

Видовой состав беспозвоночных планктона бассейнов рек Верхняя Борзя и Средняя

Борзя включал 73 вида и подвида, состав ихтиофауны – 18 видов. Такие виды, как *Euchlanis dilatata*, *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*, *Eucyclops denticulatus*, гольян Лаговского встречались практически на всем протяжении водотоков. Количество видов беспозвоночных сокращалось от истока к устью, рыб – увеличивалось. В сообществе зоопланктона преобладали веслоногие ракообразные, в ихтиоценозе – чебак амурский и карась серебряный.

Оценка трансформации экосистем рек от истока к устью, показала, что наименее изменёнными являются экосистемы верхних участков рек Средняя Борзя и Верхняя Борзя и их притоки. Наибольшей модификации подверглись экосистемы среднего течения р. Средняя Борзя, проявившиеся в увеличении в гидробиоценозах доли лимнофильных видов, за счёт уменьшения скорости течения и повышении площади зарастаемости водной растительностью. Экосистема р. Средняя Борзя, несмотря на сильное воздействие золотодобывающей промышленности, сохраняет облик, близкий к естественному, хотя по ряду показателей (видовое богатство, структура и обилие) отмечается деградация. Отмеченные признаки последней соответствуют уровню экологического стресса, однако не выходят за пределы адаптационного потенциала экосистем водотоков в целом.

*Авторы благодарят сотрудников лаборатории водных экосистем в помощи отбора гидробиологических проб. Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту IX.137.1.1.*

### Литература

1. Reshetnik O.S. The anthropogenic transformation of the water bodies of the European North of Russia // Russian Journal of General Chemistry. 2010. V. 80. No. 13. P. 2738–2753.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 18. Дальний Восток. Вып. 1. Амур / Под ред. С.Д. Шабалина. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1966. 488 с.
3. Киселёв И.А. Планктон морей и континентальных водоёмов. Л.: Наука, 1969. Т. 1. 658 с.
4. Правдин Н.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
5. Чугунова Н.Н. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: АН СССР, 1959. 164 с.
6. Вайнштейн Б.А. Об оценке сходства между биоценозами // Биология, морфология и систематика водных организмов. Л.: Наука, 1976. С. 156–164.
7. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 198 с.

8. Горлачева Е.П., Афонин А.В. Проблема внедрения чужеродных видов рыб в Верхнеамурском бассейне // Современные проблемы экологической безопасности трансграничных регионов. Новосибирск: Наука, 2013. С. 146–157.

9. Горлачёва Е.П., Афонин А.В. Причины изменения качественного и количественного состава ихтиофауны водотоков Верхнего Амура // VIII съезд гидробиологического общества РАН. Калининград, 2001. С. 95–97.

10. Афонина Е.Ю., Афонин А.В. Фауна рыб и планктонных беспозвоночных некоторых притоков верхнего течения реки Онон (Забайкальский край) // Амурский зоологический журнал. 2015. Т. VII (1). С. 3–13.

### References

1. Reshetnik O.S. The Anthropogenic transformation of the water bodies of the European North of Russia // Russian Journal of General Chemistry. 2010. V. 80. No. 13. P. 2738–2753.

2. Surface water resources of the USSR. Vol. 18. Far East. Issue 1. Amur / Ed. C.D. Shabalin. L.: Gidrometeorologicheskoye izd., 1966. 488 p. (in Russian).

3. Kiselev I.A. Plankton in the seas and inland waters. Leningrad: Nauka, 1969. V. 1. 658 p. (in Russian).

4. Pravdin I.F. A Fish study guide. M.: Pishchevaya promyshlennost, 1966. 376 p. (in Russian).

5. Chugunova N.N. Guidance on studying the age and growth of fish. Moskva: Izd. AN SSSR, 1959. 164 p. (in Russian).

6. Vainshtein B.A. Estimation of similarity between biocenoses // Biology, morphology and systematics of aquatic organisms. Leningrad: Nauka, 1976. P. 156–164 (in Russian).

7. Megarran E. Ecological diversity and its measurement. Moskva: Mir, 1992. 198 p. (in Russian).

8. Gorlacheva E.P., Afonina A.V. The problem of alien species introduction in the Upper Amur basin // Modern problems of ecological safety in cross-border regions. Novosibirsk: Nauka, 2013. P. 146–157 (in Russian).

9. Gorlacheva E.P., Afonina A.V. Reasons for qualitative and quantitative composition changes of fish fauna in the Upper Amur rivers // VIII RAS Hydrobiological Society Congress. Kaliningrad, 2001. P. 95–97 (in Russian).

10. Afonina E.Yu., Afonin A.V. Fauna of fishes and planktonic invertebrates in some tributaries of the upper Onon river (Zabaikalskykrai) // Amurian Zoological Journal. 2015. V. VII (1). P. 3–13 (in Russian).

УДК 543.3

## Содержание фторид-ионов в поверхностных водах урбанизированных территорий Московского региона

© 2017. Д. Б. Петренко, старший преподаватель,  
О. А. Гладнева, магистрант,

К. А. Ворончихина, мастер производственного обучения,  
Н. В. Васильев, д. х. н., профессор, заведующий кафедрой,  
Московский государственный областной университет,  
141014, Россия, Московская область, г. Мытищи, ул. Веры Володиной, 24,  
e-mail: DBPetrenko@yandex.ru, Gladneva93@mail.ru,  
voronchikhina.ksenia@yandex.ru, nikolai-vasiliev@mail.ru

Приводятся результаты оценки содержания фторид-ионов в поверхностных водах урбанизированных территорий Московского региона. Концентрации фторид-ионов в исследованных водоёмах находятся в диапазоне 0,09–1,1 мг/дм<sup>3</sup> и в большинстве случаев не превышают предельно допустимую концентрацию (0,75 мг/дм<sup>3</sup>). В 83% случаев концентрации фторид-ионов не превышают фоновых значений. Обнаружен ряд гидрохимических аномалий с повышенными содержаниями фторид-ионов относительно фоновых значений. Рассмотрено влияние состава вод на накопление ими фторид-ионов. Показано, что концентрация фторидов варьирует независимо от минерализации, рН, Eh, цветности, жёсткости и содержания отдельных катионов и анионов. Для поверхностных малокальциевых гидрокарбонатно-натриевых вод урбанизированных территорий Московского региона характерны более высокие концентрации фтора, чем для вод со сравнительно высоким содержанием кальция.

**Ключевые слова:** фторид-ионы, Московский регион, поверхностные воды, урбанизированные территории.