

РАЗДЕЛ II

ЭКОЛОГИЯ. БИОРАЗНООБРАЗИЕ

[ECOLOGY. BIODIVERSITY]

УДК: 574.5

DOI: 10.24412/2658-4441-2023-4-36-42

Н.А. КИРОВА¹, С.О. ОНДАР²

¹ *Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)*

² *Тувинский государственный университет (Кызыл, Россия)*

ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ НА ЗООПЛАНКТОННОЕ СООБЩЕСТВО ВОДОЁМОВ БАССЕЙНА р. МЕЖЕГЕЙ (РЕСПУБЛИКА ТЫВА)

На примере гидробиологических данных, полученных при мониторинге водных объектов, расположенных в пределах лицензионного участка разрабатываемого Межегейского угольного месторождения (Республика Тыва), рассматривается влияние угледобычи на состояние зоопланктона до и после начала работы предприятия. Основными источниками загрязнения являются сточные воды, сбрасываемые непосредственно в речное русло и содержащие высокие концентрации угольного шлама. В результате наблюдается уменьшение видового разнообразия зоопланктона. Состояние зоопланктона водоёмов, не затронутых угледобычей, зависит от естественно-гидрологических особенностей.

Ключевые слова: зоопланктон, угледобыча, загрязнение.

Рис 3. Библ. 15 назв. С. 36–42.

N.A. KIROVA¹, S.O. ONDAR²

¹ *Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)*

² *Tuvan State University (Kyzyl, Russia)*

IMPACT OF COAL MINING WASTE TO ZOOPLANKTON COMMUNITY FROM RESERVOIRS IN THE MEZHEGEY RIVER BASIN (REPUBLIC OF TYVA)

The influence of coal mining on the state of zooplankton before and after the start of the enterprise is considered using the example of hydrobiological data obtained during monitoring of water bodies located within the license area of the developed Mezhegeysky coal deposit (the Republic of Tyva). The main source of pollution is wastewater discharged directly into the riverbed and containing high concentrations of coal sludge. As a result, there is a decrease in biological diversity. The condition of zooplankton within the limits not affected by coal mining operations depends on natural hydrological features.

Keywords: zooplankton, coal mining, pollution.

Figures 3. References 15. P. 36–42.

АКТУАЛЬНОСТЬ. Добыча полезных ископаемых приводит к загрязнению окружающей среды, биота претерпевает изменения, вплоть до полного исчезновения. Один из компонентов водных экосистем (зоопланктон) обладает высокой чувствительностью к разного рода загрязнениям, что используется в диагностике состояния водоёмов.

Ведущие разработки месторождений в Туве не могут не отразиться на состоянии водоёмов, попадающих в зону их влияния, а границы этой зоны обычно оказываются значительно шире. Река Межегей с её притоками относится к категории малых рек. Известно, что малые реки особо уязвимы перед антропогенным воздействием, из них техногенное — наиболее агрессивное (Счастливец, 2006). На примере данных, полученных в ходе мониторинга водных объектов Межегейского угольного месторождения, рассматриваются изменения в зоопланктонном сообществе водоёмов после запуска предприятия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Межегейское угольное месторождение расположено в Улуг-Хемской котловине, в правобережье нижнего участка р. Межегей (притока р. Элегест) одного из крупных притоков бассейна Верхнего Енисея (Улуг-Хема). Общая площадь месторождения составляет 270 км², площадь лицензионного участка 70 км² (рис. 1). Разведка и поисково-оценочные работы выполнялись в 1946–1956 гг. и 1985–1988 гг., разработка начата в 2013–2014 гг. Согласно типизации угольных месторождений, по условиям обводнения горных выработок гидрогеологические условия месторождения являются сложными (Лебедев, 2007).

Сборы зоопланктона выполнены в 2013 г. (до начала функционирования предприятия), далее — в 2015–2018 гг. В 2014 г. появился основной источник загрязнения — сточные воды, поступающие в русло р. Дурген (правый приток р. Межегей). Для сбора материала и его обработки применялись общепринятые методики (Руководство..., 1992). Индекс сапробности высчитывали по методу Пантле и Букк (Pantle, Buck, 1955) в модификации Сладечека (Sladecsek, 1971), доминантами считали виды с обилием >10% (Андроникова, 1996).

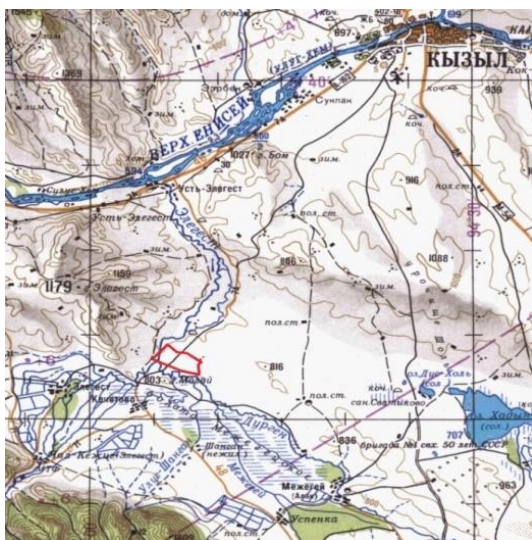


Рисунок 1. Локализация участка разработки Межегейского угольного месторождения

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

Отрезок р. Дурген с пойменными водоёмами выше сброса сточных вод, является фоновым. Здесь русло сильно меандрирует, часто образует широкие (до 8–10 м) разливы, где скорость течения нивелируется полностью, не высока она и в самом русле — до 1,5 м/с. Развитая водная растительность создаёт ещё более комфортные условия для существования зоопланктона (Крылов, 2005). В русло он попадает из вышерасположенных пойменных водоёмов, коими изобилует речная долина, чему способствуют заболоченность и колебания уровня воды. Зона загрязнения (с 2014 г.) начинается от места сброса сточных и шахтных вод в русло р. Дурген (правый приток р. Межегей) (рис. 2).

Всего найдено 38 видов (коловраток — 6, кладоцер — 23, веслоногих — 9). В пределах фонового участка — 31 вид, в зоне загрязнения — 7 видов (табл. 1). Редкими для фауны России являются *Scapholeberis rammneri* и *Treptocephala ambigua* (Определитель..., 2010). Палеарктов — 44%, космополитов — 38%, голарктов — 18%. По биотопической приуроченности эвритопных форм — 36%, с выраженной в разной степени фитофилией — 37%, литоральных — 10%, бентосных — 9%, планктонных — 1%.

Таблица 1. Таксономический состав зоопланктона исследуемого участка

Таксон	Зоогеографическая хар-ка	Сапробность	Участки			
			фоновый Дурген	загрязнённый		
				Дурген	водоём	Элегест
Rotifera						
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	К	0-β	+	–	+*	+*
<i>Kerathella quadrata</i> (Muller, 1786)	К	0-β	+	+*	+	–
<i>Platias quadricornis</i> (Ehrenberg, 1838)	К	β	–	–	+*	–
<i>Trichocerca longiseta</i> (Schränk, 1802)	К	0	+	+*	+*	–
<i>Trichotria truncata</i> (Whitelegge, 1889)	К	0	+	–	+*	+*
<i>Polyartra dolichoptera</i> Idelson, 1925	Π	0-β	–	–	+	–
<i>Bdelloida</i> sp	–	–	+	–	+*	+*
Cladocera						
<i>Daphnia longispina</i> O.F. Muller, 1785	Г	β	+	+*	+*	–
<i>D. pulex</i> Leydig, 1860	Г	α	–	–	+	–
<i>Megafenestra aurita</i> (Fisher, 1849)	Π	–	+	–	+*	–
<i>Scapholeberis rammeri</i> Dumont et Pansaert, 1983	Π	–	+	–	+*	–
<i>S. mucronata</i> (O.F. Müller, 1776)	Π	β	+	–	+	–
<i>Simocephalus vetulus</i> Müller, 1776	Π	0-β	+	–	+	–
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine, 1820)	Π	β	+	–	+	–
<i>C. pulchella</i> Sars, 1862	Π	0-β	+	–	+*	–
<i>Eurycerus lamellatus</i> Müller, 1785	Π	0	+	+*	+	–
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1834)	К	0-β	–	–	+	–
<i>Acroperus angustatus</i> Sars, 1962	Г	–	+	–	+*	–
<i>Captocercus uncinatus</i> Smirnov, 1971	Π	–	+	–	–	–
<i>Tretocephala ambigua</i> (Lilleborg, 1901)	Π	–	+	–	+*	–
<i>Pleuroxus trigonellus</i> Müller, 1785	Г	β	+	–	+	+*
<i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine, 1820)	Π	0	–	–	+	–
<i>Alonella excisa</i> Fischer, 1854	К	0	+	+*	+	–
<i>Alonella exigua</i> (Lilleborg, 1901)	Г	0	+	+*	+	+*
<i>Chydorus sphaericus</i> Müller, 1785	К	0-β	+	+*	+*	+*
<i>Coronatella rectangula</i> Sars, 1862	К	0-β	+	+*	+*	–
<i>Dunhevedia crassa</i> King, 1853	Π	–	+	–	–	–
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841)	Π	0	+	–	–	+*
<i>Grapholeberis testudinaria</i> (Fisher, 1851)	К	0-β	+	–	+	+*
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	К	0-β	+	–	+*	+*
<i>Polyphemus pediculus</i> O.F. Müller, 1785	Г	0	+	–	–	–
Copepoda						
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	Π	β	+	–	+	–
<i>Paracyclops affinis</i> Fischer, 1853	К	–	+	+*	+*	–
<i>Eucyclops serrulatus</i> Fischer, 1851	К	0-β	+	+*	+*	+*
<i>E. macruroides</i> (Lilleborg, 1901)	К	0	+	–	+*	–
<i>Cyclops visinus</i> Uljjanin, 1875	Π	β	+	–	+	–
<i>Megacyclops viridis</i> Jurine, 1820	К	0-β	+	+*	+*	+*
<i>Neutrodiaptomus incongruens</i> (Poppe, 1888)	Π	–	+	+*	+*	+*
<i>Hemidiaptomus amblyodon</i> (Mazenzeller, 1873)	Π	–	+	–	–	–
Harpacticoida gen. spp.	–	–	+	+*	+*	+*

Примечание. Π — палеаркты, Г — голаркты, К — космополиты (Определитель..., 2010); сапробность вида (Макрушин, 1974); * — виды, найденные до года сброса сточных вод; прочерк — не определено.

В русле р. Дурген фонового участка в разные годы массовое развитие получили ветвистоусые ракообразные — *Daphnia longispina* (22–66%), *Chydorus sphaericus*

(36–58 %), *Alona rectangula* (11–44 %), *Bosmina longirostris* (34 %), *Acroperus angustatus* (22–33 %), *Pleuroxus trigonellus* (14 %), *Alonella exisa* (19 %), *A. exigua* (17 %), из копепод — *Eucyclops serrulatus* (21 %), *Magacyclops viridis* (12 %), копеподитные стадии Cyclopoida (11 %), из коловраток — *Kerathella quadrata* (40 %), *Euclanis dilatata* (12–17 %).

Межгодовые значения численности колебались в диапазоне от 0,03 до 6,67 тыс. экз./м³, показатели биомассы — от 0,01 до 1,38 г/м³. Ветвистосые ракообразные доминируют по численности ($\geq 58\%$) и биомассе ($\geq 75\%$). Между станциями степень сходства показатели составляли 0,65–0,87, значения индекса видового разнообразия Шеннона–Уивера, рассчитанного по численности варьировали от 1,41 до 3,3. В реке обнаружено 24 вида — показателя сапробности, из них доля 0 и 0- β -сапробов составляет 75 % (см. табл. 1). Показатели индекса сапробности (1,43–1,95) соответствуют чистым и умеренно-загрязнённым (с учётом заболоченной местности). Значения индекса разнообразия — от 1,41 до 3,35 (Кирова, 2019) (рис. 2).



Рисунок 2. Фоновый участок реки Дурген

Отсутствие зоопланктона в р. Дурген начиная от места сброса сточных вод и ниже по течению — следствие их воздействия на водную биоту (рис. 3). Оно прослеживается вплоть до устья р. Межегей и далее — по р. Элегест. Это выражается в сокращении числа найденных видов в руслах рек Межегей и Элегест, их протоках с 5–6 видов, найденных до запуска предприятия, до единичных экземпляров или полного отсутствия организмов в последующие годы (см. табл. 1). Отметим, что выше устья р. Межегей, в р. Элегест зоопланктонные организмы обнаружены во все годы, в пойменных водоёмах численность составляет 0,1–0,25 тыс. экз./м³.



Рисунок 3. Сброс сточных вод в русло реки (вывод трубы на дно)

Влияние сточных вод отразилось на пойменном водоёме перед дамбой — самом крупном в районе исследований (глубина — 2,5 м, площадь — 35 м²), расположенном в предустьевой части р. Межегей. Свою роль в сохранении его зоопланктонного сообщества сыграли отдалённость от источника загрязнения (фактор разбавления) и уровневый режим, обеспечивающий периодичность поступления биогенных, абиогенных компонентов, загрязняющих веществ. Кардинальные структурные изменения зоопланктона в 2015 г. связаны с высоким уровнем воды предыдущего, 2014 г., что проявилось в редукции видового состава (с 18 до 7), сокращении общей численности (с 68,0 до 6,64 тыс. экз./м³), замене доминирующего комплекса с планктонного фильтратора *D. longispina* (79 %) на бентический вид *A. rectangula* (44 %). Изоляция от речного русла в последующие годы (2016–2018 гг.) способствовала частичному восстановлению видового состава, структурообразующего ядра (*D. longispina* (85 %), *N. incongruence* (9 %)), восстановлению численности (36,43–42,6 тыс. экз./м³) (Кирова, 2019). Значения индекса сапробности (1,7–2,11) соответствуют загрязнённым водам, максимальные его значения приходится на последующий после загрязнения год

(табл. 3). Надо учитывать тот факт, что аккумуляция в донных осадках загрязнителей чревата возможностью стать источником вторичного загрязнения водоёма при изменении гидрологического режима (Маркина и др., 2016).

Таблица 2. Основные показатели зоопланктона пойменного водоёма

Год	n	N	B	H	S	Доминанты по численности (в скобках — %)
2013	18	68,21	22,5	1,39	1,98	<i>D. longispina</i> (81), <i>Megacyclops</i> juv. (9)
2015	13	6,64	0,85	2,74	2,11	<i>A. rectangula</i> (44), <i>M. viridis</i> (14), копеподиты Cyclopoida (11)
2016	7	36,43	12,5	0,8	1,98	<i>D. longispina</i> (85), <i>N. incongruense</i> (9)
2017	10	42,38	3,96	1,44	1,74	<i>D. longispina</i> (78), <i>N. incongruense</i> (11)
2018	5	86,67	27,8	0,63	1,84	<i>D. longispina</i> (83), <i>P. dolychoptera</i> (15)

Примечание. n — число видов, шт.; N — общая численность, тыс. экз./м³; B — общая биомасса, г/м³; H — значение индекса разнообразия, бит/числ.; S — значение индекса сапробности.

По данным С.О. Ондар, концентрация тонкодисперсного угля (размеры частиц от 26 мкм и меньше) в сточных водах превышала фоновые показатели (50,25 мг/л) в 2015 г. в 17,5 и 19,9 раз, в 2018 г. — в 27,3 раза (Ondar et al., 2018). Известно, что взвесь угольной пыли, окислов железа, других металлов и прочих компонентов повышает мутность воды, усиливает токсическое действие фенолов (компоненты шахтных вод) (Гутельмахер, 1986; Горбунова, 1993; Черевичко, 2011; Вандыш и др., 2015; Маркина и др., 2016). Все это нарушает равновесие в водных экосистемах, в естественных условиях поддерживаемое многочисленными сложнейшими связями организмов между собой и окружающих их материей, и приводит структурным, функциональным изменениям сообщества и дальнейшей закономерной деградации (Горбунова, 1993).

Угледобыча является одним из экологически опасных направлений отрасли по масштабам воздействия на окружающую среду (Счастливец, 2006). Предусмотренное увеличение мощности годовой выработки угля с 0,265 млн т/год в 2015 г. до 1,5 млн т/год предполагает увеличение объёма сбрасываемых вод. Учитывая, что по геохимическим критериям, состояние литосферы по содержанию угольного шлама в поверхностных водах уже соответствует катастрофически высокой (Ondar et al., 2018), это может привести к катастрофическим последствиям, когда локальная экологическая проблема угледобывающего предприятия переходит в региональную геоэкологическую (Счастливец, 2006).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Нами рассмотрен результат воздействия сбросов вод угледобывающего предприятия только на одну группу гидробионтов из всего разнообразного водного населения. Изменения структуры зоопланктона являются показателем деградации водотоков, что говорит об отрицательном воздействии на водные экосистемы в целом. При сохранении темпов загрязнения, предусмотренное расширение угледобывающих работ приведёт к перерастанию локальной экологической проблемы в региональную, тем более что локализация угледобычи приурочена к бассейну р. Элегест — одному из крупных притоков р. Енисей.

ЛИТЕРАТУРА

- Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озёрных экосистем. — СПб.: Наука, 1996. — 189 с.
- Вандыш О.И., Черепанов А.А., Кацулин Н.А., Денисов Д.Б. Влияние стоков горнорудного производства на зоопланктонное сообщество губы Белой оз. Имандра // Тр. Карельского науч. центра РАН. — 2015. — № 1. — С. 48–62.
- Горбунова А.В. Влияние повышенной мутности воды на планктонных ветвистоусых ракообразных-фильтраторов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. ВАК 03.00.18. — М., 1993. — 25 с.

- Гутельмахер Б.Р. Метаболизм планктона как единого целого. Трофометаболическое взаимодействие зоо- и фитопланктона. – Л., 1986. – 155 с.
- Кирова Н.А. Влияние сточных вод угледобывающего предприятия Межегейского месторождения (Республика Тыва) на зоопланктон близлежащих водоёмов // *Естеств. и техн. науки.* – 2019. – № 9 (135). – С. 71–82.
- Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек. – М.: Наука, 2005. – 263 с.
- Лебедев Н.И. Угли Тувы: состояние и перспективы освоения сырьевой базы / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук В.И. Лебедев. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2007. – 180 с.
- Макушин А.В. Биологический анализ качества вод с приложением списка организмов индикаторов загрязнения. – Л.: ЗИН АН СССР, 1974. – 53 с.
- Маркина Н.К., Бабаяев М.В., Доценко Е.А. Повышение экологической безопасности отведения шахтных вод во Львовско-Волынском угольном бассейне // *Технологии пищевой, лёгкой и химической промышленности.* – 2016. – № 6/3 (32). – С. 57–63.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России.* Т. 1: Зоопланктон. – М.: КМК, 2010. – 495 с.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем* / Под ред. проф. В.А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеоздат, 1992. – 318 с.
- Счастливцев Е.Л. Техногенное воздействие угледобывающих предприятий на окружающую среду (на примере Кузбасса): Автореф. дисс. ... докт. техн. наук: 25.00.36. – Кемерово, 2006. – 43 с.
- Черевичко А.В. Влияние дноуглубительных работ на зоопланктон малых рек // *Экология малых рек в XXI веке: биоразнообразие, глобальные изменения и восстановление экосистем: Материалы Всерос. конф. с междунар. участием (05–08.09.2011, Тольятти)* / Отв. ред.: Т.Д. Зинченко, Г.С. Розенберг. – Тольятти: Кассандра, 2011. – С. 183.
- Ondar S.O., Khovalyg A.O., Ondar U.V., Sodnam N.I. Monitoring of the State of the Left-Bank of the Upper Enisey Basing in the Zone of Impact of the Coal Industry Enterprise // *International Journ. of Engineering and Technology.* – 2018. – Vol. 7 (3). – P. 206–214.
- Pantle F., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse // *Gas und Wasserfach.* – 1955. – Bd. 96. – № 18. – 604 s.
- Sladeczek V. Rotifers as indicators of water quality // *Hydrobiologia.* – 1983. – Vol. 100. – № 32. – P. 169–201.

REFERENCES

- Andronikova I.N. *Strukturno-funktional'naya organizatsiya zooplanktona ozornyykh ekosistem* [Structural and functional organization of zooplankton in lake ecosystems]. St. Petersburg, Nauka Publ., 1996, 189 p. (In Russ.)
- Cherevichko A.V. Vliyaniye dnouglubitel'nykh rabot na zooplankton malykh rek [The influence of dredging on the zooplankton of small rivers]. *Ekologiya malykh rek v XXI veke: bioraznoobraziye, global'nyye izmeneniya i vosstanovleniye ekosistem* [Ecology of small rivers in the 21st century: biodiversity, global changes and restoration of ecosystems]: Proceedings of the All-Russian conference with international participation (05–08.09.2011, Togliatti) / ed. by: T.D. Zinchenko, G.S. Rosenberg. Tolyatti, Kassandra Publ., 2011, pp. 183. (In Russ.)
- Gorbuonova A.V. *Vliyaniye povyshennoy mutnosti vody na planktonnykh vetvistousykh rakoob-raznykh-fil'tratorov* [The influence of increased water turbidity on planktonic cladocerans filter feeders]: Abstract of the dissertation ... candidate of biological sciences: 03.00.18. Moscow, 1993, 25 p. (In Russ.)
- Gutel'makher B.R. *Metabolizm planktona kak yedinogo tselogo. Trofometabolicheskoye vzaimodeystviye zoo- i fitoplanktona* [Metabolism of plankton as a whole. Trophometabolic interaction of zoo- and phytoplankton]. Leningrad, 1986, 155 p. (In Russ.)
- Kirova N.A. Vliyaniye stochnykh vod ugledobyvayushchego predpriyatiya Mezhegeyskogo mestorozhdeniya (Respublika Tyva) na zooplankton blizlezhashchikh vodoyomov [The influence of wastewater from a coal mining enterprise at the Mezhegeysky deposit (Republic of Tyva) on the zooplankton of nearby reservoirs]. *Yestestvennyye i tekhnicheskkiye nauki = Natural and technical sciences*, 2019, no. 9 (135), pp. 71–82. (In Russ.)

- Krylov A.V. *Zooplankton ravninnykh malykh rek* [Zooplankton of small lowland rivers]. Moscow, Nauka Publ., 2005, 263 p. (In Russ.)
- Lebedev N.I. *Ugli Tuvy: sostoyaniye i perspektivy osvoyeniya syr'yevoy bazy* [Coals of Tuva: state and prospects for development of the raw material base] / ed. by V.I. Lebedev. Kyzyl, TuvIENR SB RAS, 2007, 180 p. (In Russ.)
- Makrushin A.V. *Biologicheskiy analiz kachestva vod s prilozheniyem spiska organizmov indikatorov zagryazneniya* [Biological analysis of water quality with the application of a list of organisms that are indicators of pollution]. Leningrad, Publishing House Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences, 1974, 53 p. (In Russ.)
- Markina N.K., Babayev M.V., Dotsenko Ye.A. Povysheniye ekologicheskoy bezopasnosti otvedeniya shakhtnykh vod vo L'vovsko-Volynskom ugol'nom bassejne [Increasing the environmental safety of mine water disposal in the Lvov-Volynsky coal basin]. *Tekhnologii pishchevoy, logkoy i khimicheskoy promyshlennosti = Technologies of food, light and chemical industry*, 2016, no. 6/3 (32), pp. 57–63. (In Russ.)
- Ondar S.O., Khovalyg A.O., Ondar U.V., Sodnam N.I. Monitoring of the State of the Left-Bank of the Upper Enisey Basing in the Zone of Impact of the Coal Industry Interprise. *International Journal of Engineering and Technology*, 2018, vol. 7 (3), pp. 206–214.
- Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Yevropeyskoy Rossii. Tom. 1: Zooplankton* [The determinant of zooplankton and zoobenthos of Fresh waters of European Russia. Volume. 1: Zooplankton]. Moscow, KMK Publ., 2010, 495 p. (In Russ.)
- Pantle F., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas und Wasserfach*, 1955, bd. 96, № 18, 604 s. (Auf Deutsch)
- Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem* [Guide to hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems] / ed. by V.A. Abakumova. St. Petersburg, Gidrometeoizdat Publ., 1992, 138 p. (In Russ.)
- Schastlivtsev Ye.L. *Tekhnogennoye vozdeystviye ugledobyvayushchikh predpriyatiy na okruzhayushchuyu sredu (na primere Kuzbassa)* [Technogenic impact of coal mining enterprises on the environment (using the example of Kuzbass)]: Abstract of the dissertation ... Doctor of Technical Sciences: 25.00.36. Kemerovo, 2006, 43 p. (In Russ.)
- Sladeczek V. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 1983, vol. 100, no. 32, pp. 169–201.
- Vandysh O.I., Cherepanov A.A., Kashulin N.A., Denisov D.B. Vliyaniye stokov gornorudnogo proizvodstva na zooplanktonnoye soobshchestvo guby Beloy oz. Imandra [The influence of mining wastewater on the zooplankton community of Belaya Bay of Imandra Lake]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Proceedings of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2015, no. 1, pp. 48–62. (In Russ.)