

Министерство природных ресурсов Забайкальского края  
Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Забайкальский государственный университет»  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
«Институт природных ресурсов, экологии и криологии  
Сибирского отделения Российской академии наук»  
Администрация городского округа «Город Чита»  
Гидробиологическое общество при Российской академии наук  
Забайкальское региональное отделение  
Всероссийской общественной организации  
«Русское географическое общество»  
Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Российский фонд фундаментальных исследований»  
Публичное акционерное общество  
«Территориальная генерирующая компания № 14»

## **ЭКОЛОГИЯ ВОДОЕМОВ – ОХЛАДИТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

*Всероссийская научно-практическая конференция  
с международным участием*

13–16 сентября 2017 г.

г. Чита

Чита  
Забайкальский государственный университет  
2017

УДК 502.51(082)

ББК 20.1я43

Э 40

Рекомендовано к изданию организационным комитетом  
научно-практического мероприятия  
Забайкальского государственного университета  
и ученым советом Института природных ресурсов, экологии  
и криологии СО РАН

*Издание осуществлено при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований  
по научному проекту № 17-04-20438*

#### **Редакционная коллегия**

*Г. Ц. Цыбекмитова*, канд. биол. наук (отв. редактор)

*Л. В. Замана*, канд. геол.-минерал. наук

*Т. В. Воропаева*, канд. геогр. наук

*П. В. Матафонов*, канд. биол. наук

*Е. Ю. Афонина*, канд. биол. наук (отв. секретарь)

Э 40 **Экология водоемов – охладителей энергетических станций** : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / Забайкал. гос. ун-т ; [отв. ред. Г.Ц. Цыбекмитова]. – Чита : ЗабГУ, 2017. – 350 с.

ISBN 978-5-9293-1965-5

В сборнике представлены материалы по особенностям формирования и функционирования экосистем водоемов – охладителей энергетических станций. Рассматриваются некоторые аспекты технологий предотвращения и ликвидации загрязнения окружающей среды энергетическими комплексами.

Представленные материалы ориентированы на широкий круг исследователей и специалистов в области природопользования и управления, занимающихся проблемами техноэкосистем и защиты окружающей среды в процессе хозяйственного освоения территории.

Сборник статей публикуется в авторской редакции в электронном виде.

**УДК 502.51(082)**

**ББК 20.1я43**

ISBN 978-5-9293-1965-5

© Забайкальский государственный университет, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Афонина Е. Ю.</i> Зоопланктон водоёма – охладителя Харанорской ГРЭС (по данным 2013 г.) .....	6
<i>Баженова О. П., Гульченко Я. И.</i> К вопросу о методах выделения доминирующих видов фитопланктона .....	14
<i>Бурдуковская Т. Г., Дугаров Ж. Н., Толочко Л. В., Батуева М. Д., Мазур О. Е., Сондуева Л. Д., Жепхолова О. Б.</i> Многолетние изменения паразитофауны щуки оз. Гусиное – водоема – охладителя Гусиноозерской ГРЭС .....	23
<i>Бутенко М. Н., Цыбекмитова Г. Ц.</i> Динамика биогенных элементов (азот и фосфор) в воде озера Кенон .....	29
<i>Васин А. В.</i> Установившиеся вихревые течения и загрязнение водоемов .....	33
<i>Верещагина Е. А.</i> Мониторинг водоемов – охладителей АЭС: от проектирования к эксплуатации .....	36
<i>Герасимов А. Г., Шаранова Т. А., Герасимова А. А.</i> Зооперифитон в годы с различной термической нагрузкой (водоем – охладитель ТЭЦ-1, г. Тюмень, Западная Сибирь) .....	42
<i>Герасимов А. Г., Шаранова Т. А., Герасимова А. А.</i> Комплексы хириноид озера Оброчное (водоем – охладитель ТЭЦ-1, г. Тюмень, Западная Сибирь) .....	46
<i>Григорьева Н. Ю.</i> Методы конфокальной микроспектроскопии для мониторинга биологического разнообразия и физиологического состояния цианобактерий в водоемах .....	51
<i>Гуржапов Б. О., Цыдыпов Б. З., Андреев С. Г., Аюржанаев А. А., Содномов Б. В., Батоцыренов Э. А., Павлов И. А., Ширеторова В. Г., Ульзетуева И. Д., Раднаева Л. Д., Гармаев Е. Ж.</i> Оценка влияния сбросов Гусиноозерской ГРЭС на термический и гидрохимический режим оз. Гусиное .....	57
<i>Девятков В. И., Евсеева А. А., Куанышбекова Г. К.</i> Зоопланктон, макрозообентос и ихтиофауна водоемов-охладителей экибастузских ГРЭС .....	65
<i>Джалилов А. Г.</i> Распределения сообществ мезопланктона Азербайджанской акватории Южного Каспия после вселения <i>Mnemiopsis leidyi</i> .....	73
<i>Дугаров Ж. Н.</i> Паразиты ротана <i>Perccottus glenii</i> озера Гусиное .....	79
<i>Дугаров Ж. Н., Жепхолова О. Б., Толочко Л. В.</i> Зараженность щуки <i>Esox lucius</i> озера Гусиное (бассейн оз. Байкал) плероцеркоидами лентеца широкого .....	87
<i>Дулмаа А., Аюушсүрэн Ч., Итигилова М. Ц.</i> Популяционная структура и сравнительная биологическая характеристика серебряного карася <i>Carassius gibelio</i> (bloch, 1782), интродуцированного в оз. Хух-нуур .....	92

<i>Дулмаа А., Итигилова М. Ц., Слынько Ю. В.</i> Изменения состава и состояния рыбного населения водоемов Амурского бассейна Монголии под влиянием климатических и антропогенных факторов .....	104
<i>Еремкина Т. В., Изиметова М. Ф., Климова Н. Б., Силивров С. П., Цурихин Е. А., Чечулина Н. В.</i> Экология Исетского водохранилища – водоема – охладителя Среднеуральской ГРЭС .....	109
<i>Жирехин В. И., Буторина А. П., Кудинов М. Ю., Смирнов В. А.</i> Мониторинг состояния водных биологических ресурсов озер – охладителей Калининской АЭС .....	117
<i>Жирехин В. И., Жирехин Р. В., Кудинов М. В., Скоробогатов М. А.</i> Комбинированные рыбозащитные сооружения водозаборов Конаковской ГРЭС .....	124
<i>Замана Л. В., Усманова Л. И.</i> Гидрохимия озера Кенон – водоема – охладителя Читинской ТЭЦ-1 .....	130
<i>Зиновьев Е. А., Китаев А. Б., Носков В. М.</i> Влияние сбросов теплых вод Пермской ГРЭС на гидроэкологическую обстановку в Камском водохранилище .....	137
<i>Китаев А. Б.</i> Гидрофизическая и гидрохимическая характеристика вод, поступающих в Камское водохранилище от Пермской ГРЭС .....	145
<i>Кондратьев В. Г.</i> Из опыта предпроектных научных проработок вариантов размещения новых площадок при реконструкции золоотвала Читинской ТЭЦ-1 .....	153
<i>Кривенкова И. Ф.</i> Влияние тепловой электростанции на зоопланктон озера Кенон .....	158
<i>Куклин А. П.</i> Пресноводные макроводоросли в мониторинге загрязнения вод токсичными металлами .....	165
<i>Кулаков Д. В.</i> Зоопланктон Копорской губы Финского залива в условиях влияния Ленинградской АЭС .....	171
<i>Лепихин А. П., Ляхин Ю. С.</i> Технологические аспекты повышения эффективности использования водоемов-охладителей крупных промышленных комплексов (на примере ОАО «ММК») .....	178
<i>Лубенцова А. С., Верецагина Е. А., Дмитриев В. В.</i> Оценка состояния водных экосистем, испытывающих влияние предприятий атомной энергетики, на примере Калининской АЭС .....	185
<i>Мазур О. Е.</i> Оценка иммунного статуса сибирской плотвы в зоне влияния теплых вод Гусиноозерской ГРЭС (Восточная Сибирь) .....	193
<i>Матафонов Д. В., Базова Н. В.</i> «Белые пятна» в гидробиологии озера Гусиное – крупнейшего естественного водоема и водоема-охладителя Бурятии .....	201
<i>Матафонов П. В., Афонин А. В., Горлачева Е. П.</i> К созданию единой системы мониторинга оз. Кенон .....	205

<b>Мухутдинов В. Ф., Фоминых А. С., Бутакова Е. А.</b>	
Гидробиологическая оценка состояния Верхнетагильского водоема-охладителя .....	210
<b>Мязин В. П., Мязина В. И., Размахнин К. К., Шумилова Л. В.</b> Золошлаковые отходы ТЭК	
Забайкалья – основной источник загрязнения окружающей среды и направления снижения их негативного воздействия .....	218
<b>Новоселова Т. Н.</b> Сезонная динамика фитопланктона водоемов-охладителей .....	
225	
<b>Павлов И. А., Тулохонов А. К., Ширеторова В. Г., Раднаева Л. Д.</b> Микроэлементный состав вод озера Гусиное .....	
232	
<b>Протасов А. А.</b> Изучение техноэкосистем тепловых и атомных электростанций: некоторые итоги и перспективы .....	
235	
<b>Силаева А. А.</b> Особенности структуры зообентоса техноэкосистем АЭС и ТЭС .....	
243	
<b>Ситникова Ю. И., Батухтин А. Г.</b> Загрязнение конденсаторов и способы очистки .....	
251	
<b>Ситникова Ю. И., Батухтин А. Г.</b> Экологические проблемы ТЭЦ .....	
259	
<b>Сондуева Л. Д., Дугаров Ж. Н., Батуева М. Д.-Д., Бурдуковская Т. Г., Мазур О. Е., Жепхолова О. Б.</b>	
Паразитофауна плотвы ( <i>Rutilus rutilus lacustris</i> ) озера Гусиное – водоема – охладителя Гусиноозерской ГРЭС .....	264
<b>Сутурин А. Н.</b> Количественная оценка поглощения углекислого газа ( $CO_2$ ) прудами – золоотстойниками ТЭЦ .....	
270	
<b>Сутурин А. Н.</b> Предотвращение теплового и биологического загрязнения озер в качестве водоёмов-охладителей .....	
273	
<b>Таилыкова Н. А.</b> Фитопланктон водоема – охладителя Харанорской ГРЭС (по данным 2012–2013 гг.) .....	
276	
<b>Цхай А. А., Агейков В. Ю., Кириллов В. В.</b> Моделирование состояния экосистем водохранилищ с учетом сукцессии сообществ гидробионтов .....	
285	
<b>Цыденова Б. В., Матафонов Д. В., Дамбаев В. Б., Дагурова О. П.</b>	
Бактериопланктон озера Гусиное (Бурятия) – водоема – охладителя Гусиноозерской ГРЭС .....	292
<b>Чебыкин Е. П., Минаев А. В., Дамбинов Ю. А., Хахураев О. А., Сутурин А. Н.</b> Влияние золо-шлако-шламоотстойника Селенгинского целлюлозно-картонного комбината на окружающую среду .....	
296	
<b>Чечель А. П.</b> Институциональные проблемы рационального использования ресурсов водоемов-охладителей (на примере озера Кенон) .....	
303	
<b>Шевелева Н. Г., Неронова С. Ю.</b> Зоопланктон водоема – охладителя Гусиноозерской ГРЭС в 2014 г. ....	
311	

<b>Горлачева Е.П., Афонин А.В.</b> Характеристика ихтиофауны водоемов-охладителей Забайкальского края.....	317
<b>Замана Л.В., Усманова Л.И., Усманов М.Т.</b> Гидрохимия пруда-отстойника золоотвала Читинской ТЭЦ-1 и подземных вод в зоне его влияния.....	325
<b>Итигилова М.Ц.</b> Гидробиологические исследования оз. Кенон (1965-2017 гг.).....	330
<b>Матвеев А.Н., Юрьев А.Л., Самусенок В.П., Вокин А.Л., Самусенок И.В.</b> Изменение состава ихтиофауны оз. Гусиное (водоема-охладителя Гусиноозерской ГРЭС) и роли в ней чужеродных видов.....	340
<b>Матвеев А.Н., Юрьев А.Л., Самусенок В.П., Вокин А.И., Самусенок И.В.</b> Некоторые черты биологии ротана ( <i>Percottus glenii</i> Dybowski, 1877) оз. Гусиное.....	345
<b>Цыбекмитова Г.Ц., Куклин А.П., Базарова Б.Б., Итигилова М.Ц., Таилыкова Н.А., Афонина Е.Ю., Матафонов П.В., Горлачева Е.П., Афонин А.В.</b> Эколого-геохимическая роль гидробионтов в накоплении тяжелых металлов в экосистеме оз. Кенон.....	349

## **Зоопланктон водоема – охладителя Харанорской ГРЭС (по данным 2013 г.)<sup>1</sup>**

***Е. Ю. Афонина,***

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,  
ул. Недорезова, 16а, г. Чита, Россия,  
e-mail: kataf@mail.ru*

В работе представлены результаты исследований зоопланктона водоема – охладителя Харанорской ГРЭС в 2013 г.

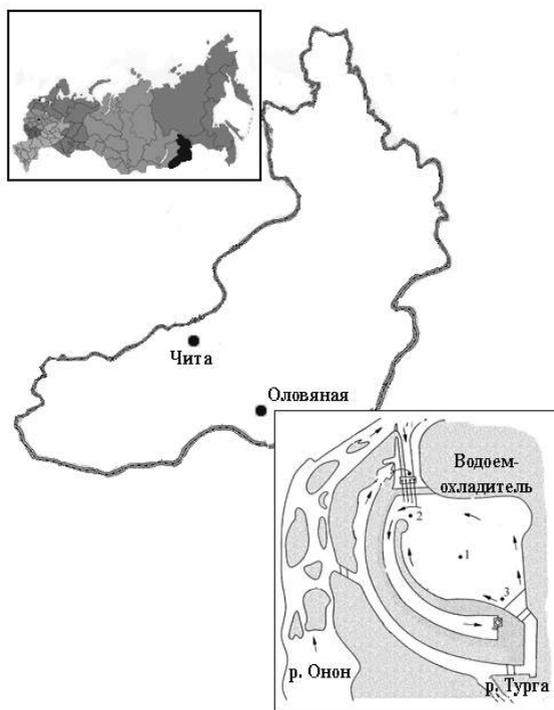
*Ключевые слова:* зоопланктон, численность, биомасса, сезонная динамика, водоем-охладитель

Гидробиологические исследования водоема-охладителя Харанорской ГРЭС начаты с первого года его существования. Динамика формирования разнообразия зоопланктона водоема-охладителя в условиях резко-континентального климата и высокой аридизации при повышенной тепловой нагрузке в период с 1995 по 2005 гг. подробно представлена в работах автора [1; 2].

Водохранилище Харанорской ГРЭС (50°28.563' N; 116°20.682' E) – это единственный на территории Забайкалья искусственный водоем с наливным характером наполнения, служащий водоемом-охладителем тепловой электростанции. Наливное водохранилище образовано путем обвалования дамбами участка поймы р. Онон в месте впадения в нее р. Турга. Площадь водного зеркала (при НПУ 574 м БС) составляет 4.1 км<sup>2</sup>, объем водной массы – 15,6 млн м<sup>3</sup>, средняя глубина – 4 м, периметр по урезу воды – 8,6 км. Заполнение и подпитка водохранилища осуществляется путем подкачки воды насосами из дренажного канала, соединенного р. Турга (в зимний период) и подводящего канала, соединенного с р. Онон (в летний) (рис. 1).

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке ОАО ОГК-3 «Харанорская ГРЭС».



**Рис. 1.** Карта-схема водоема-охладителя Харанорской ГРЭС  
Станции отбора проб: 1 – Центральная (Центр), 2 – Береговая  
насосная станция (БНС), 3 – Водосбросный канал (Сброс)

Температурный режим водоема-охладителя в 2001–2003 гг. отличался отсутствием закономерного изменения температур с глубиной и довольно высокой температурой придонных слоев воды из-за интенсивного ее перемешивания под действием ветровых и стоковых течений [2]. В 2013 г. наблюдалось термальное расслоение водной толщи. Так, в июне температура воды изменялась от 26,3 °С до 16,9 °С в поверхностном слое и от 22,0 °С до 14,3 °С – в придонном. Наибольшая разница между слоями (8–10 °С) отмечалась летом на фоновом участке и в районе сброса горячих вод. Поступление дополнительного тепла инициировало рост температуры воды

в водохранилище. Среднемесячная температура воды в августе за период с 1995 по 2013 гг. в районе водосбросного канала повысилась более, чем на 10 °С. Значительный подъем тепловой нагрузки способствовал увеличению вегетационного сезона в водохранилище, который в настоящее время начинается во второй декаде апреля и заканчивается в третьей декаде октября [4].

Вода по химическим показателям относится к сульфатно-гидрокарбонатному или гидрокарбонатному классу с преобладанием натриево-магниевых-кальциевых (лето) и магниевых-натриево-кальциевых (осень) солей с минерализацией 162–242 мг/дм<sup>3</sup> [2]. Согласно гидрохимическим исследованиям 2013 г., общая жесткость воды соответствовала рамкам мягких вод (2,6–3,1). Среда слабощелочная (рН = 7,1–8,6). Содержание растворенного кислорода было высоким и изменялось от 7,9 (в июле) до 11,1 мг/л (в январе) [4]. Содержание ионов Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup> и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и концентрация биогенных элементов увеличились по сравнению с результатами предыдущих исследований [2]. По данным показателям водоем относится к умеренно загрязненному и загрязненному типу.

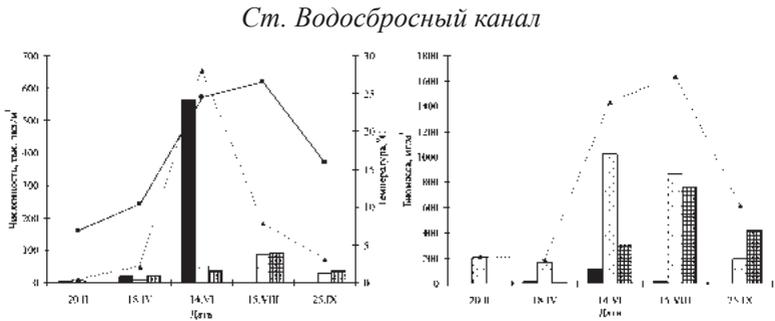
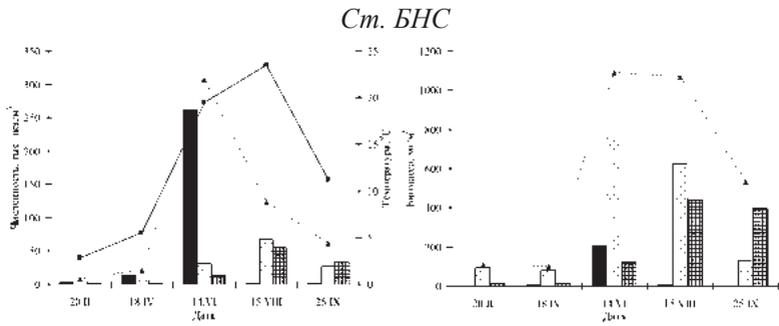
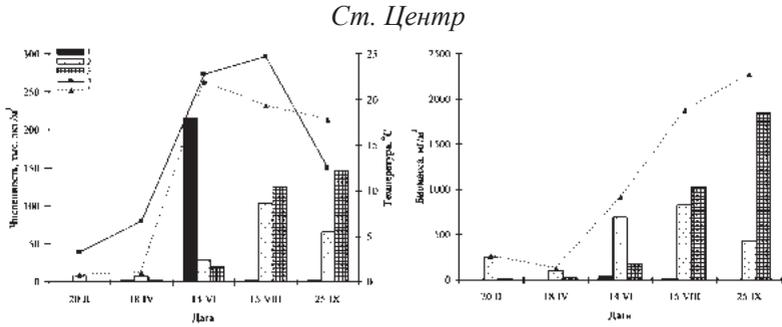
Полевой материал собирался в 2013 г. (февраль, апрель, июнь, август, сентябрь) на трех постоянных станциях: «Центр» – фоновая зона, «Сброс» – зона влияния подогретых вод, «БНС» – район подкачки воды (рис. 1). Отбор и обработка зоопланктонных проб осуществлялись по общепринятым в гидробиологии методикам [3].

Видовой состав планктонных беспозвоночных слагался из 27 таксонов рангом ниже рода (Rotifera 11 видов и подвидов, Cladocera – 10 видов, Copepoda – 6), что в два раза меньше, чем за аналогичный период в 2001 г. [1]. В зоогеографическом отношении большинство видов зоопланктона являлись космополитами (46 %), голарктические и палеарктические виды составляли 31 % и 23 %, соответственно. По биотопической приуроченности преобладали эврибионтные виды (58 %), на втором месте – планктонные (23 %), доля литоральных и бентических форм составляла 11 % и 8 %. Из общего числа видов 21 (78 %) являются видами-индикаторами раз-

личных зон сапробности. Среди них большую часть составляют олигосапробы (43 %), к олиго-бетамезосапробам – 24 %, к бетамезосапробам – 33 %.

Сезонная динамика. С февраля по август прослеживалось закономерное увеличение температуры воды. Температурные условия на разных участках водоема были весьма неоднородны. Наименьшие значения температуры воды регистрировались в районе подкачки воды, наибольшие – в районе сброса горячих вод. В подледный период температура воды изменялась от 2,8 °С до 7 °С. После полного распаления льда температура в апреле в среднем по водоему равнялась 7 °С при колебаниях от 5,5 °С до 10,4 °С. В начале лета температура воды поднялась до отметки 19,5–24,5 °С. В августе вода прогрелась до максимальных величин (23,5–26 °С). С наступлением осени температура воды снизилась и варьировала от 11,2 °С до 16 °С (рис. 2).

Подледный зоопланктон характеризовался началом размножения холодолюбивой формы веслоного рачка *Cyclops vicinus*, младшевозрастные стадии которого создавали 56–83 % всей численности (4,49–7,59 тыс. экз./м<sup>3</sup>) и 89–99 % всей биомассы (95,71–251,71 мг/м<sup>3</sup>). Им сопутствовали коловратки (*Keratella quadrata*, *Kellicottia longispina*, *Filinia longiseta*, *Polyarthra dolychoptera*), составляющие 12–26 % общей численности. Отмечались первые науплиусы диаптомусов. Ветвистоусые ракообразные были представлены единичными экземплярами яйценосных самок *Bosmina longirostris*. Общие значения численности и биомассы были очень низкими и колебались от 8,0 до 9,64 тыс. экз./м<sup>3</sup> и от 107,258 до 258,20 мг/м<sup>3</sup> соответственно).



**Рис. 2.** Сезонная динамика численности (тыс. экз./м<sup>3</sup>), биомассы (мг/м<sup>3</sup>) зоопланктона и температуры воды на разных станциях водоема-охладителя Харанорской ГРЭС в 2013 г. (1 – колловатки, 2 – веслоногие, 3 – ветвистые, 4 – температура, 5 – весь зоопланктон)

С наступлением весны качественное разнообразие животных планктона увеличилось, однако, количественные показатели оставались по-прежнему невысокими и составляли в среднем 23,17 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 178,16 мг/м<sup>3</sup> при колебаниях от 11,77 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 126,63 мг/м<sup>3</sup> (в центре) до 48,72 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 183,0 мг/м<sup>3</sup> (в районе сброса). Доминирующее положение на станциях БНС и Водосбросный канал занимал весенний комплекс коловраток с общей численностью 12,47–19,28 тыс. экз./м<sup>3</sup> (60–67 %). Из них на долю *K. quadrata* приходилось 36–42 %, на *K. longispina* – 14–17 %, на *P. dolychoptera* – 5–7 %. Подчиненное положение занимали копеподы, представленные всеми возрастными группами (6,79–8,76 тыс. экз./м<sup>3</sup> или 11–17 % всей численности). Причем, *Eudiaptomus graciloides* концентрировался в основном в термальной зоне, *C. vicinus* – в районе подкачки воды. В центральной части водоема и на водозаборном канале ювенильные стадии рачков занимали первое место (61 % – 7,09 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 50 % – 6,48 тыс. экз./м<sup>3</sup>, соответственно). Коловратки и кладоцеры имели второстепенное значение (16–20 % и 9–19 %, соответственно). Основную часть биомассы (82–94 %) на всех станциях формировали веслоногие ракообразные.

В июньском зоопланктоне продолжалось массовое размножение ракообразных. *C. vicinus* встречался в основном в стадии старших копеподит, появились науплии *Thermocyclops crassus*, популяция *E. graciloides* состояла из разновозрастных групп, увеличилось количество молоди *B. longirostris*. Однако, основным компонентом зоопланктонного сообщества являлась коловратка *K. longispina* с численностью 214,2–559,3 тыс. экз./м<sup>3</sup> (77–89 %). Основным поставщиком биомассы выступали Соперода (237,6–1021,78 мг/м<sup>3</sup> – 47–77 %). Преобладание в зооценозе мелких форм гидробионтов обусловило максимальную среднюю численность (375,9 тыс. экз./м<sup>3</sup>) при средней биомассе 983,6 мг/м<sup>3</sup>. Наибольшая плотность организмов регистрировалась в районе сброса горячих вод (306,56 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 1088,94 мг/м<sup>3</sup>), наименьшая – в центральной части водохранилища (262,96 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 905,32 мг/м<sup>3</sup>).

В период максимального прогрева воды на всех станциях водохранилища, кроме центральной, наблюдалось резкое снижение численности планктонных организмов. Так, в районе подкачки воды она снизилась до 123,8 тыс. экз./м<sup>3</sup>, на сбросе – до 182,5 тыс. экз./м<sup>3</sup>. А в центре их количество практически не изменилось и составляло 231,3 тыс. экз./м<sup>3</sup>. При этом значения биомассы по всей акватории водоема оставались высокими и равнялись в среднем 1481,31 мг/м<sup>3</sup> при колебаниях от 1078,5 до 1816,18 мг/м<sup>3</sup>. Наибольшее скопление зоопланктеров наблюдалось в центре, наименьшее – на участке БНС. Доминирующее ядро ценоза определяли мелкие формы зоопланктеров: ювенильные стадии *T. crassus* (67,08–102,46 тыс. экз./м<sup>3</sup> – 44–54 % и 390,64–812,88 мг/м<sup>3</sup> – 44–58 %) и молодь *B. longirostris* (53,74–120,76 тыс. экз./м<sup>3</sup> – 43–52 % и 423,45–941,37 мг/м<sup>3</sup> – 39–50 %). Следует отметить, что коловратки в планктоне практически не встречались, их численность не превышала 1,11 тыс. экз./м<sup>3</sup> и биомасса – 14,68 мг/м<sup>3</sup>, что составляло не более 1 %. Среди них отмечались только *Synchaeta* и *Asplanchna*.

С понижением температуры воды структура зоопланктоценоза, по сравнению с предыдущим месяцем, мало изменилась. На всех обследованных станциях водохранилища, кроме центральной, количественные показатели гидробионтов продолжали снижаться (до 61,12–93,11 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 531,25–766,5 мг/м<sup>3</sup>). А на фоновом участке численность оставалась прежней (213,07 тыс. экз./м<sup>3</sup>) при максимальном значении биомассы (2272,93 мг/м<sup>3</sup>). В планктоне преобладали половозрелые особи *B. longirostris*, формирующие 39–60 % всей численности (31,37–127,26 тыс. экз./м<sup>3</sup>) и 51–67 % всей биомассы (347,03–1400,90 мг/м<sup>3</sup>). Субдоминантом выступал *T. crassus*, главным образом, его копеподитные стадии (26,29–62,59 тыс. экз./м<sup>3</sup> или 29–56 % и 120,61–249,05 мг/м<sup>3</sup> или 11–33 %). В планктоне станции Центр часто встречалась *Diaphanasoma amurensis* с наибольшей численностью 18,33 тыс. экз./м<sup>3</sup> и биомассой 448,07 мг/м<sup>3</sup>. Среди коловраток встречались единичные экземпляры *Synchaeta oblonga* и *K. Longispina*.

Таким образом, сезонная динамика развития организмов планктона не изменилась, по сравнению с предыдущими годами [2]. В центральной части водоема в июне наблюдался пик численности гидробионтов за счет коловраток, и в августе-сентябре количество их оставалось на таком же высоком уровне, вследствие массового развития ракообразных. Биомасса в течение всего периода исследования повышалась, достигая осеннего максимума, за счет кладоцер. На станциях БНС и Водосбросный канал численность зоопланктона достигала максимума также в начале лета, но затем отмечено ее резкое снижение. Наибольших величин биомасса планктона достигала за счет копепод в июне и в августе.

**Выводы.** Видовое разнообразие планктонных беспозвоночных слагалось из 27 таксонов рангом ниже рода. Из них Rotifera 11 видов и подвидов, Cladocera – 10 видов, Soricoda – 6. В видовом составе преобладают широко распространенные эврибионтные представители, индикаторы олигосапробной зоны. Количественные показатели характеризовались высокими амплитудами флуктуации ( $8,68 \pm 0,45$  до  $376,0 \pm 21,56$  тыс. экз./м<sup>3</sup> и от  $177,7 \pm 39,74$  до  $1526,23 \pm 190,58$  г/м<sup>3</sup>), однако лежали в пределах колебаний прошлых лет [1]. Кривая сезонного изменения численности в зонах влияния сбросных и подкаченных вод имеет одновершинную кривую с максимумом в раннелетний период, за счет развития коловраток. На фоновом участке количество гидробионтов в течение биологического лета мало изменяется и остается высоким. Сезонная динамика биомассы зоопланктона имеет одновершинную кривую, на центральной станции – в сентябре, на остальных – на месяц раньше. Показатели видового разнообразия, выпадение мелкоразмерной группы Rotifera и доминирование Cyclopoidea, наиболее резистентных к неблагоприятным факторам среды, а также высокие амплитуды колебаний численности и биомассы зоопланктона свидетельствуют, что экосистема водоема-охладителя является неустойчивой и характеризуется признаками состояния как «экстремальные экологические условия».

### **Список литературы**

1. Афонина Е. Ю. Зоопланктон наливного водохранилища-охлади-теля Харанорской ГРЭС (Забайкалье): динамика формирования разноо-бразия и экология: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск, 2012. 22 с.
2. Водоем-охладитель Харанорской ГРЭС и его жизнь / М. Ц. Ити-гилова [и др.]; отв. ред. В. В. Кириллов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 192 с.
3. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях. Л.: ГосНИОРХ, 1982. 28 с.
4. Современное состояние экосистемы водоема-охладителя Ха-ранорской ГРЭС и оценка эффективности вселения растительноядных рыб / А. В. Афонин [и др.] // Антропогенное влияние на водные орга-низмы и экосистемы: материалы V Всерос. конф. по водной экотоксико-логии, посвящ. памяти Б. А. Флерова. Т. 1. Ярославль: Филигрань, 2014. С. 115–118.

## **Zooplankton of Kharanor Sdpp Cooling Pond in 2013**

***E. Yu. Afonina,***

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS,  
Nedorezova, 16a, Chita, Russia,  
e-mail: kataf@mail.ru*

The results of zooplankton studies in the Kharanor SDPP cooling pond during 2013 are presented in this paper.

**Key words:** zooplankton, number, biomass, seasonal dynam-ics, cooling pond

## **К вопросу о методах выделения доминирующих видов фитопланктона**

***О. П. Баженова, Я. И. Гульченко,***

*Омский государственный аграрный университет  
им. П. А. Столыпина,  
Институтская пл., 1, г. Омск, Россия,  
e-mail: olga52@bk.ru*

Предлагаются принципы выделения доминирующих ви-дов фитопланктона, основанные на их численности и струк-турных показателях – частоте встречаемости и порядке до-минирования. Количественным критерием при применении

первого принципа является формирование видом не менее 10 % суммарной численности фитопланктона в пробе. Критерий для второго принципа – нахождение вида в правой полуплоскости относительно аналитической линии вида  $xy = a$  в пространстве переменных частоты встречаемости и порядка доминирования, для которой  $a$  определяется исходя из количественных характеристик видов в сообществе.

**Ключевые слова:** фитопланктон, доминирующие виды, количественные методы

Важнейшим вопросом в исследованиях фитопланктона является установление его основных структурных особенностей – соотношения обилия систематических отделов, характера доминирования и пр. Выделение доминирующих видов проводится при исследованиях фитопланктона самых разнообразных водных объектов России и ближнего зарубежья. Имеющаяся на эту тему литература весьма обширна, большинство работ по оценке экологического состояния водных объектов по показателям фитопланктона обязательно включают описание доминирующего комплекса. Но при этом авторы применяют не только разные критерии, но и сами принципы выделения доминирующих видов фитопланктона могут значительно различаться. Большинство авторов в описании методики ограничиваются только упоминанием принципа выделения – численность или биомасса вида, не вдаваясь в указание причины, по которой был принят именно этот способ. Причем только в последние годы критерием включения вида в число доминантов был предложен 10 % уровень суммарной биомассы или численности [5], быстро завоевавший общее признание. Поэтому исследователь, столкнувшийся с этой проблемой, вынужден делать выбор скорее интуитивно, чем опираясь на какие-либо принципы. Сложившаяся ситуация требует рассмотрения этого сложного вопроса в плане унификации методологии и методики выделения доминирующих видов.

**Цель работы** – установить принципы и количественные критерии выделения доминирующих видов фитопланктона на примере среднего течения реки Иртыш.

Одной из основных биологических концепций является положение о большей метаболической активности мелких организмов по сравнению с крупными. Именно многочисленные мелкоклеточные организмы обладают на своем трофическом уровне наибольшей продуктивностью, поэтому при выделении доминирующих видов фитопланктона необходимо учитывать их численность, а не биомассу. Это и будет являться, по мнению авторов, первым принципом выделения доминантов фитопланктона.

Вторым принципом выделения доминантов должен стать учет не только их численности, но и структурных показателей – частоты встречаемости и порядка доминирования. Как известно, именно структурные показатели фитопланктона являются первостепенной характеристикой, используемой при биоиндикации водного объекта. Важность учета этих показателей обоснована О. М. Кожовой [4], но широкого применения они не нашли и были использованы только в некоторых исследованиях.

Применение указанных принципов должно быть связано с определенными количественными критериями. Критерием при применении первого принципа является формирование доминантом не менее 10 % уровня суммарной численности фитопланктона.

Для реализации второго принципа нами предложен критерий определения состава доминирующего комплекса на основании количественных значений структурных характеристик фитопланктоценоза – частоты встречаемости и порядка доминирования, путем получения аналитической линии, относительно которой производится выделение доминантов.

Апробация методики проведена на материалах обработки 172 количественных проб фитопланктона реки Иртыш в районе г. Омска в период открытой воды 2014 и 2015 гг. Фиксацию проб проводили формалином, концентрацию – осадочным способом. При обработке проб использовали общепринятые методы.

В соответствии с рекомендацией Т. М. Михеевой [1992] для водных объектов, подверженных эвтрофированию, доми-

нирующие виды фитопланктона выделяли по численности. Состав доминирующего комплекса рассчитывали в два этапа. На первом этапе находили подмножество видов, численность которых составляла не менее 10 % от общей численности фитопланктона в одной из проб. На втором этапе для видов, выделенных описанным способом, рассчитывали частоту встречаемости ( $pF$ ) и порядок доминирования ( $Dt$ ), затем на основе полученных значений аналитически получали кривую, относительно которой выделяли подмножество видов, входящих в доминирующий комплекс.

Под частотой встречаемости ( $pF$ ) понимали процентное соотношение числа проб, в которых был отмечен вид, и общего числа проанализированных проб. Под частотой доминирования ( $DF$ ) понимали отношение числа проб, в которых вид был выделен как доминирующий по численности с учетом 10 % критерия ( $D$ ), к общему числу обработанных проб ( $F$ ):

$$DF = D / F \cdot 100 \quad (1)$$

Порядок доминирования  $Dt$  рассчитывали по формуле

$$Dt = DF / \rho F \cdot 100 \quad (2)$$

Включение вида в доминирующий комплекс фитопланктона обуславливается как значением частоты встречаемости, так и порядка доминирования, при этом существует четыре варианта соотношения значений этих показателей, определяющих выделение доминирующих видов на качественном уровне:

– во-первых, в доминирующий комплекс включаются виды, имеющие “высокие” значения обоих показателей;

– во-вторых, виды, характеризующиеся “низкими” значениями обоих показателей, исключаются из рассмотрения, поскольку в эту категорию попадают виды, редко обнаруживаемые в водном объекте и в единичных случаях выходящие на доминирующие позиции;

– в-третьих, виды, имеющие “высокую” частоту встречаемости, но “невысокий” порядок доминирования могут включаться в доминирующий комплекс, поскольку к этой категории объектов относятся виды, часто обнаруживаемые в водном объекте, но не всегда преобладающие по численности;

– четвертым вариантом соотношения частоты встречаемости и порядка доминирования является случай, в котором вид характеризуется “невысокими” значениями частоты встречаемости, но “высокими” – порядка доминирования, свидетельствующими о возможности вида массово развиваться при появлении благоприятных условий.

Поскольку понятия “высокие” или “низкие” значения определяются на усмотрение исследователя, то в этом случае подход к выделению доминантов остается качественным. Это привело нас к необходимости выбора количественных критериев определения этих понятий, для чего использовали положение видов в двумерном пространстве переменных частоты встречаемости и порядка доминирования относительно степенной функции вида  $xy = a$ .

В случае графического представления положения видов в пространстве переменных частоты встречаемости и порядка доминирования наблюдается следующая закономерность: чем выше и правее находится таксон, тем чаще он обнаруживается в водном объекте и преобладает в нем по численности, и, следовательно, играет более важную роль в функционировании водной экосистемы. Виды, располагающиеся у начала координат, являются редко встречающимися и их доминирование характеризуется как случайное. Задача состоит в том, чтобы провести линию, разделяющую пространство переменных на две области – виды, которые следует и не следует включать в доминирующий комплекс фитопланктона водного объекта. В таком случае аналитически полученная линия будет являться количественным критерием выделения доминантов. Поскольку большие значения частоты встречаемости могут компенсировать меньшие значения порядка доминирования и наоборот, то линия, разделяющая пространство на две области, имеет вид ветви равнобочной гиперболы.

В качестве рабочей была выбрана гипотеза о том, что линия раздела областей в пространстве переменных частоты встречаемости и порядка доминирования описывается простейшей степенной функцией:

$$xy = a \quad (3)$$

где  $y$  – порядок доминирования;

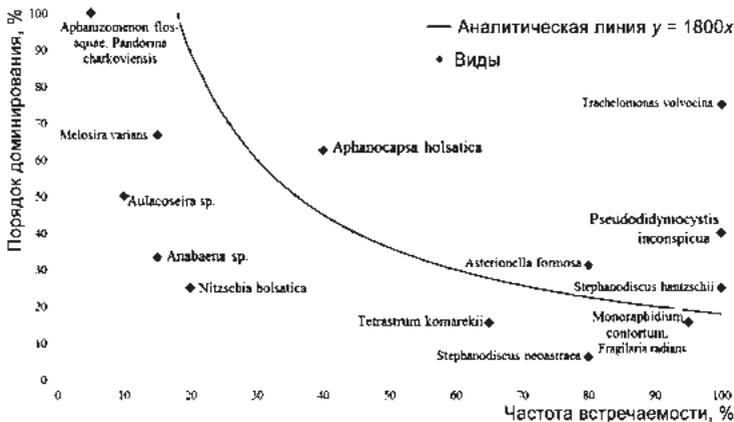
$x$  – частота встречаемости;

$a$  – константа, определяемая как среднее значение всех констант степенных функций вида (3), проходящих через точки с координатами каждого таксона, имеющего численность не менее 10 % общей в одной из проб, в пространстве переменных частоты встречаемости и порядка доминирования в течение рассматриваемого периода.

С целью проверки гипотезы были вычислены частота встречаемости и порядок доминирования для видов, имеющих численность не менее 10 % от общей численности фитопланктона хотя бы в одной из 172 проб.

Из 303 видовых и внутривидовых таксонов (ВВТ), найденных в фитопланктоне Иртыша в 2014–2015 гг., в состав доминирующего комплекса при применении 10 % критерия вошли 37 ВВТ, в том числе Cyanobacteria – 15, Euglenophyta – 1, Bacillariophyta – 10, Chlorophyta – 11. Значительное количество доминантов, выделенных с применением только 10 % критерия численности (12,2 % от общего числа ВВТ), затрудняет качественный анализ закономерностей формирования доминирующего комплекса. Причем существенная часть доминантов имеет низкие показатели частоты встречаемости и/или порядка доминирования (<10 %), что характеризует их как случайные [3], поэтому мы применили к выделению доминантов предложенный выше критерий.

Рассмотрим проверку гипотезы на примере выделения доминирующего комплекса фитопланктона весной 2015 г. Для получения аналитического вида линии, служащей критерием включения или невключения ВВТ в доминирующий комплекс, необходимо вычислить значение константы  $a$  в уравнении (3): для каждого из ВВТ осуществляется подстановка его частоты и порядка доминирования в качестве координат в уравнение и вычисляется значение константы  $a_i$  для гиперболы, проходящей через координаты  $i$ -го таксона. В качестве значения  $a$  используется усредненное значение  $a_i$ ,  $i = 1...23$ . Аналитически гипербола для отбора доминирующих ВВТ весной 2015 г. имела вид  $xy = 1800$  (рис.).



**Рис.** Выделение доминирующих видов (правая верхняя полуплоскость) из состава фитопланктона Иртыша весной 2015 г. при помощи степенной функции

Виды, находящиеся в правой верхней полуплоскости относительно гиперболы, следует включать в доминирующий комплекс фитопланктона весной 2015 г. Аналитически нахождение вида в полуплоскости определяется знаком выражения

$$y_i - \alpha x_i, \alpha = 1800 \quad (4)$$

Как известно, положительные значения выражения для точки с координатами  $(x_p, y_i)$  указывают на нахождение точки в верхней полуплоскости относительно линии. Применение указанного критерия позволило из 16 ВВТ, численность которых весной 2015 г. составляла не менее 10 % общей в пробе, выделить 5 видов, играющих ключевую роль в функционировании экосистемы среднего течения реки Иртыш в этот сезон.

В результате применения предлагаемого критерия общий список доминирующих видов фитопланктона реки в 2014–2015 гг. сократился до 13 таксонов. Состав комплекса по-прежнему формируют цианобактерии (3 вида), диатомовые (7), зеленые (2) и эвгленовые (1) водоросли.

Из сформированного списка доминантов к числу общепризнанных индикаторов антропогенного эвтрофирования водных объектов относятся *Stephanodiscus hantzschii* и *Fragi-*

*laria crotonensis*. В состав комплекса вошли также 6 региональных индикаторов загрязнения реки Иртыш, выделенных с использованием канонического анализа соответствий. Из них *Microcystis aeruginosa* и *Stephanodiscus neoastraea* являются индикаторами грязных вод, а *Asterionella formosa*, *Nitzschia holsatica*, *Diatoma tenuis*, *Pseudodidymocystis inconspicua* – индикаторами очень грязных вод [2]. По данным Обь-Иртышского Управления Гидрометслужбы удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) Иртыша в пределах города Омска колеблется в пределах 3–4 классов (умеренно загрязненная – грязная вода).

Что касается *Trachelomonas volvocina*, единственного вида из отдела Euglenophyta, вошедшего в состав доминирующего комплекса, то в предыдущие годы исследований было установлено, что эвгленовые водоросли являются характерным компонентом фитопланктона Иртыша, что связано с высоким уровнем эвтрофирования реки и загрязнения ее вод органическими веществами [1]. В настоящее время в структуре фитопланктона Иртыша установлены статистически достоверные изменения – возрастание относительной доли эвгленовых водорослей в формировании обилия фитопланктона, причем особенно существенно – весной. Именно для этого сезона было установлено доминирование *Trachelomonas volvocina*.

Список доминантов фитопланктона, составленный согласно предложенным критериям, подтверждает установленные ранее закономерности изменений экосистемы среднего Иртыша – усиление эвтрофирования и загрязнения вод реки, в том числе – органическими веществами [1, 2]. Полученные результаты имеют высокую степень формализации и позволяют избежать субъективности при выделении доминирующих видов фитопланктона.

Применение предложенных количественных критериев включения видов в доминирующий комплекс фитопланктона среднего течения р. Иртыш показало их полное соответствие установленным закономерностям современных изменений экосистемы среднего Иртыша и возможность широкого применения на практике.

### *Список литературы*

1. Баженова О. П. Фитопланктон Верхнего и Среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока. Омск: Изд-во ОмГАУ, 2005. 248 с.
2. Баженова О. П., Гульченко Я. И. Индикаторная значимость отдельных видов фитопланктона среднего течения реки Иртыша как показателей загрязнения воды // Вестник ОмГАУ. 2016. № 1. С. 82–92.
3. Горбулин О. С. Комплексы доминантных форм фитопланктона разнотипных водоемов // Альгология. 2012. Т. 22. № 3. С. 303–315.
4. Кожова О. М. Формирование фитопланктона Братского водохранилища // Формирование природных условий и жизни Братского водохранилища. М.: Наука, 1970. С. 26–160.
5. Корнева Л. Г. Формирование фитопланктона водоемов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2009. 47 с.

## **The Study of Dominant Species Differentiation of Phytoplankton**

***O. P. Bazhenova, Ya. I. Gulchenko,***

*Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin  
Omsk, Russia*

The authors proposed the quantitative principles of the differentiation of phytoplankton species, based on their abundance and structural indicators. There are the frequency index and the order of dominance. The application criterion of the first principle is the species formation not less than 10 % of the total level of the phytoplankton count of the sample. The criterion for the second principle is to find the species in the right half-plane relatively to the analytical line  $xy = a$  in the two-dimensional space of the frequency index and dominance order variables.

**Key words:** phytoplankton, dominant species, quantitative methods

**Многолетние изменения паразитофауны щуки  
оз. Гусиное – водоема – охладителя  
Гусиноозерской ГРЭС**

**Т. Г. Бурдуковская, Ж. Н. Дугаров,  
Л. В. Толочко, М. Д. Батуева, О. Е. Мазур,  
Л. Д. Сондуева, О. Б. Жепхолова,**

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,  
ул. Сахьяновой, 6, г. Улан-Удэ, Россия,  
e-mail: tburduk@yandex.ru*

В оз. Гусиное, водоеме – охладителе Гусиноозерской ГРЭС, в 2013–2014 гг. у щуки выявлено 20 видов паразитов из 8 классов. Озеро подвергается значительному антропогенному воздействию со стороны ГРЭС и населенных пунктов вокруг него. Уменьшение численности ряда видов паразитов (*Myxidium lieberkühni*, *Myxobolus pseudoanurus*, *Henneguya psorospermica*) является показателем их высокой чувствительности к загрязнению, а ее увеличение у других видов (*Trypanosoma* spp., *Trypanoplasma* sp., *Trichodinella epizootica*, *Tetraonchus monenteron*, *Gyrodactylus lucii*, *Proteocephalus esocis*) – устойчивости к загрязнению водоема.

**Ключевые слова:** паразитофауна, щука, зараженность, водоем-охладитель, оз. Гусиное

Озеро Гусиное – крупнейший водоем в Забайкалье и важнейший по значимости водохозяйственного и рыбохозяйственного использования. Озеро подвергается значительному антропогенному воздействию, связанному с функционированием ГРЭС (атмосферные выбросы ГРЭС, теплые воды, поступающие после охлаждения агрегатов ГРЭС), очистных сооружений города Гусиноозерска и села Гусиное озеро [3; 10]. Ихтиофауна оз. Гусиное в 1970-х гг. состояла из 22 видов рыб, включая вселенцев (амурский сазан, амурский сом, лещ, ротан-головешка) и разводимых омуля и пеляди. В 1974 г. наблюдалась массовая гибель окуня и язвенное заболевание щуки [1, 7, 10]. Максимальное химическое загрязнение озера наблюдалось в 1978–1985 гг., в период начала эксплуатации Гусиноозерской ГРЭС и Хольбоджинского угольного разреза.

В те годы началось обеднение ихтиофауны и уменьшение численности рыбного населения водоема, продолжающиеся до настоящего времени. В промысловых уловах в 2000–2006 гг. щука отмечалась изредка [1].

**Цель работы** – обобщение многолетних данных по паразитофауне щуки из оз. Гусиное.

В данной работе использованы опубликованные, архивные и собственные материалы, на основе которых представлен видовой состав паразитов щуки из оз. Гусиное. Методом полного паразитологического вскрытия рыб исследованы разновозрастные щуки из разных районов озера: май-октябрь 1972–1974 гг. – 59 экз.; февраль-октябрь 1979–1981 гг. – 132 экз.; январь-октябрь 2013–2014 гг. – 29 экз.

По результатам гельминтологического исследования щуки из оз. Гусиное, впервые проведенного Н. Г. Вознесенской в 1964 г., зарегистрировано 3 вида паразитов: *Triaenophorus nodulosus*, *Diphyllobothrium latum*, *Raphidascaris acus* [2]. В результате дополнительного исследования 94 экз. щуки (1964–1971 гг.) она отметила 8 видов гельминтов [7]. Дальнейшие исследования позволили расширить видовой состав паразитов щуки до 25 из 11 классов (Kinetoplastea – 1, Muxosporea – 6, Phyllopharyngea – 1, Oligohymenophorea – 3, Monogenoidea – 2, Cestoda – 3, Trematoda – 2, Nematoda – 2, Hirudinea – 2, Bivalvia – 1, Crustacea – 1), среди которых описан новый вид *Myxosoma pseudoanurus* Pronin et Shigaev, 1977 [7]. *Myxosoma pseudoanurus* Pronin, 1977 переведен в *Myxobolus pseudoanurus* Pronin et Shigaev, 1977 в итоге ревизии [11]. Вид *Trichodina strelcovi* Chan, 1961 сведен в синоним *Trichodina nigra* Lom, 1960 [4]. В оз. Гусиное у щуки впервые зарегистрированы нематода *Philometra obturans* (паразит артериальной системы щуки, ранее отмечавшийся в верховьях р. Лена) и пиявка *Hemiclepsis marginata* (до 1974 г. не отмечалась в бассейне оз. Байкал и Восточной Сибири) [7]. В 1969 г. при незапланированном выпуске рыб-акклиматизантов из бассейна р. Амур (амурский сом, амурский сазан) в оз. Гусиное, вероятно, был завезен паразитический рачок рода *Lernaea*, впоследствии (1972 г.) вызвавший вспышку эпизоотии лернеоза у карпо-

вых рыб и у «нехарактерных» хозяев (щука и окунь) [7, 10]. Впервые лернеи были определены как *Lernaea cyprinacea*, которые ранее у рыб в водоемах бассейна оз. Байкал не отмечались. А. В. Поддубная [5] подтвердила близость лерней из оз. Гусиное к дальневосточной форме *Lernaea elegans* погр-на *stenopharyngodontis* Yin, 1960. В 1973–1974 гг. отмечались различные заболевания щуки: воспаление плавательного пузыря, вероятно, вызванное вегетативными формами микроспоридий; воспаление кожного покрова, вызванное образованием как мелких лернеозных язв, так и травматических, нанесенных любителями подводной охоты, и язв невыясненного происхождения, покрытых тонким налетом сапрофитных грибов. Н. Г. Вознесенская диагностировала язвенное заболевание невыясненного происхождения как «чуму» щуки с летальным исходом [7].

В дальнейшем (1979–1981 гг.) изучалось влияние подогретых сбросных вод Гусиноозерской ГРЭС (пуск первой очереди в 1976 г.) на паразитофауну щуки. У нее выявлено 29 видов паразитов из 10 классов (Kinetoplastea – 1, Muxosporea – 5, Phyllopharyngea – 2, Oligohyumenophorea – 3, Monogenoidea – 2, Cestoda – 3, Trematoda – 9, Nematoda – 1, Hirudinea – 2, Bivalvia – 1) [6, 9]. Г. Д. Тармахановым [9] определено пять видов метацеркарий диплостомид от щуки из этого озера: *Diplostomum chromatophorum*, *D. rutili*, *D. paraspathaceum* Shigin, 1965 (переведен в синоним *D. huronense* (La Rue, 1927) [8]), *D. spathaceum*, *Tylodelphys clavata*. Выявлено, что зараженность щуки в оз. Гусиное большинством видов паразитов в теплых водах ниже, чем в непогретых. Например, снижается зараженность щуки холодолюбивыми видами микроспоридий *Muxobolus pseudoanurus* и *Hennequya lobosa*. Наиболее высокая зараженность щуки *Tetraonchus monenteron* в теплых водах связана с физиологическим состоянием хозяина и сдвигом сезонного цикла у паразита под воздействием локальных условий. Уменьшение численности цестоды *Triaenophorus nodulosus*, нематоды *Raphidascaris acus* и трематоды *Rhipidocotyle campanula* в зоне теплых вод, вероятно, определяется тенденциями к снижению численности их про-

межуточных хозяев в зоне теплых вод, а также более низким уровнем зараженности промежуточных хозяев личинками этих гельминтов. Воздействие теплых вод на паразитофауну щуки в разные сезоны неоднозначно в связи с различием жизненных циклов паразитов и сезонной динамики зараженности ими хозяев [6, 10].

По результатам паразитологического исследования щуки в 2013–2014 гг. выявлено 20 видов паразитов, относящихся к 8 классам (Kinetoplastea – 3, Muxosporea – 3, Oligohymenophorea – 1, Monogenoidea – 2, Cestoda – 3, Trematoda – 5, Nematoda – 2, Bivalvia – 1). В эти годы у щуки не зарегистрированы ранее отмечавшиеся виды: *Chloromyxum esocinum*, *Hennequya lobosa*, *H. oviperda*, *Chilodonella piscicola*, *Capriniana piscium*, *Apiosoma* sp., *Trichodina nigra*, *Diplostomum chromatophorum*, *D. huronense*, *D. rutili*, *D. spathaceum*, *Rhipidocotyle campanula*, *Phyllodistomum folium* и рыбьих пиявок. У щуки выявлены метацеркарии *Tylodelphys podicipina* и жгутиконосцы, неопределенные до вида (*Trypanosoma* sp. 1, *Trypanosoma* sp. 2, *Trypanoplasma* sp.).

К доминантным видам паразитов щуки в 2013–2014 гг. относятся *Trypanosoma* sp.1 (82,3 %, 7,47 экз.), *T. monenteron* (100 %, 42,67 экз.), *T. nodulosus* (96,3 %, 29,37 экз.) и *R. acus* (100 %, 54,41 экз.). В 1970-е годы частота встречаемости была значительно ниже у жгутиконосца (*Trypanosoma* sp.1 – 6,2 %) и моногенеи (*T. monenteron* – 73,3 %). Зараженность щуки *T. nodulosus* и *R. acus* стабильна на протяжении многолетнего ряда наблюдений. Экстенсивность заражения щуки *Trichodinella epizootica* с 1970–1980 гг. по 2014 г. увеличилась в 7 раз (с 6,2 до 42,8 %), *Gyrodactylus lucii* – 2,2 раза (с 3,8 до 8,3 %), *Proteocephalus esocis* – 3,4 раза (с 6,6 до 22,2 %).

*Diphyllobothrium latum* – возбудитель дифиллоботриоза у человека и плотоядных животных. С 1964 г. оз. Гусиное является антропогенным очагом дифиллоботриоза. Данные по зараженности щуки *D. latum* приводится в этом сборнике (Дугаров и др.).

*Lernaea elegans* – возбудитель лернеоза рыб. Вспышка эпизоотии лернеоза в 1972 г. вызвана условиями жаркого

лета при низком уровне воды. Экстенсивность зараженности *L. elegans* щуки в оз. Гусиное составляла 18,7 %, а в оз. Цайдам-Южный 80,0 %. В 1973–1974 гг. численность лерней сократилась, отмечались только лернеозные язвы. В последующие годы *L. elegans* у щуки в этих озерах не регистрировалась. Лернеоз в Гусино-Убукунских озерах явился вспышкой численности чужеродного вида в процессе его натурализации в новых условиях обитания, а реакции нового хозяина к неспецифичному паразиту отражают несбалансированность взаимоотношений партнеров в новой паразитохозяйинной системе.

Недостаточно очищенные бытовые стоки, сбросы термальных вод Гусиноозерской ГРЭС с повышенной концентрацией нефтепродуктов и органических веществ вызывают изменения биоценоза озера [3]. Влияние высокой температуры воды на экосистему в северной части озера приводит к процессу эвтрофикации [10]. Влияние антропогенного фактора проявляется в уменьшении видового богатства паразитов щуки, в то же время воздействие этого фактора на численность паразитов неоднозначно: у одних видов она уменьшается, у других – увеличивается. Так, снижение численности ряда видов паразитов (*Myxidium lieberkühni*, *Myxobolus pseudoanurus*, *Hennequya psorospermica*) показывает их чувствительность к загрязнению. Повышение численности других видов (*Trypanosoma* spp., *Trypanoplasma* sp., *Trichodinella epizootica*, *Tetraonchus monenteron*, *G. lucii*, *P. esocis*) свидетельствует об их устойчивости к загрязнению водоема.

#### Список литературы

1. Бобков А. И., Пронин Н. М., Соколов А. В. Гусино-Убукунская группа: озеро Гусиное // Рыбы озера Байкал и его бассейна. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 2007. С. 148–154.
2. Вознесенская Н. Г. Гельминтофауна рыб озера Гусиное // Тр. Бурят. науч.-произв. вет. лаборатории. Улан-Удэ, 1968. Вып. 2. С. 159–163.
3. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2014 г.». Иркутск: Госгеолфонд, Сиб. филиал, 2015. 436 с.
4. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Паразитические простейшие. Л.: Наука, 1984. Т. 1. 428 с.
5. Поддубная А. В. Паразитические ракообразные рода *Lernaea* прудовых рыб (изменчивость, биология, эпизоотическое значение и меры борьбы): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1974. 19 с.

6. Пронин Н. М., Тармаханов Г. Д., Русинек О. Т. Влияние теплых вод Гусиноозерской ГРЭС на паразитофауну окуня и щуки // Гидробиология и гидропаразитология Прибайкалья и Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1985. С. 30–43.

7. Пронин Н. М., Шигаев С. Ш. Паразитофауна щуки озера Гусиное // Фауна, морфология и экология паразитов позвоночных животных Забайкалья. Улан-Удэ, 1977. Вып. 18. С. 45–55.

8. Пугачев О. Н. Каталог паразитов пресноводных рыб Северной Азии. Трематоды // Тр. Зоол. ин-та РАН. СПб., 2003. Т. 298. 224 с.

9. Тармаханов Г. Д. Диплостомиды рыб озера Гусиное в условиях теплового загрязнения // Гельминты животных в экосистемах Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1985. С. 209–212.

10. Экология озера Гусиное / И. М. Борисено, Н. М. Пронин, Б. Б. Шайбонов. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1994. 199 с.

11. Eiras J. C., Molnar K., Lu Y. S. Synopsis of the species of *Muxobolus Bütschli*, 1882 (Muxozoa: Muxosporea: Muxobolidae) // Systematic Parasitology. 2014. Vol. 88. pp. 11–36.

## **Long-Term Changes of the Parasite Fauna of the Pike in the Lake Gusinoe – the Reservoir – Cooler of Gusinozersk Condensing Power Plant**

**T. G. Burdukovskaya, Z. N. Dugarov,  
L. V. Tolochko, M. D. Batueva, O. E. Mazur,  
L. D. Sondueva, O. B. Zhepkholova,**  
*Institute of General and Experimental Biology, SB RAS,  
Ulan-Ude, Russia,  
e-mail: tburduk@yandex.ru*

We revealed 20 species from 8 classes parasites of the pike in the Lake Gusinoe, the water reservoir-cooler of Gusinozerskaya Condensing Power Plant (CPP) during 2013–2014. The lake is subjected to significant anthropogenic influence from the CPP and the settlements around it. The decrease in the number of several parasites types (*Myxidium lieberkühni*, *Myxobolus pseudoanurus*, *Hennequya psorospermica*) is an indicator of high sensitivity to contamination, and an increase in other species (*Trypanosoma* spp., *Trypanoplasma* sp., *Trichodinella epizootica*, *Tetraonchus monenteron*, *Gyrodactylus lucii*, *Proteocephalus esocis*) is an indicator of resistance to contamination.

**Key words:** parasitic fauna, pike, infestation, reservoir-cooler, Lake Gusinoe

## Динамика биогенных элементов (азот и фосфор) в воде озера Кенон

*М. Н. Бутенко, Г. Ц. Цыбекмитова,*

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,  
ул. Недорезова, 16а, г. Чита, Россия,  
e-mail: 44mary44@mail.ru*

В работе представлены результаты исследований по содержанию биогенных элементов (азота и фосфора) в озере Кенон за период 2010–2015 гг. Дана сравнительная характеристика содержания биогенных элементов в центре озера и рядом с ТЭЦ-1.

**Ключевые слова:** биогены, нитраты, нитриты, аммонийные ионы, фосфаты, озеро Кенон

Бессточное оз. Кенон находится в черте города и является одним из самых крупных водоёмов в верхней части бассейна р. Амур. В связи с вводом в эксплуатацию с середины 60-х гг. Читинской ГРЭС, в последующем ТЭЦ-1, и действием антропогенных факторов, наблюдается значительное непостоянство во времени гидрологических и морфометрических параметров озера Кенон [4]. Содержание биогенных элементов определяет развитие экосистемы водоёма. Лимитирующими биогенными элементами являются азот и фосфор, которые необходимы для роста и развития гидробионтов.

Целью данной работы является изучение динамики нитритов, нитратов, аммонийных ионов, фосфатов и общего фосфора в воде оз. Кенон за период с 2010 по 2015 гг.

Для анализа динамики биогенных элементов были рассмотрены данные, полученные при отборе проб в августе с 2010 по 2015 гг. В этом месяце в водоёме происходит замедление процессов роста и развития гидробионтов, снижается потребление ими биогенных элементов и начинается отмирание и разложение органического вещества.

Отбор проб проводился на центральной станции оз. Кенон в трех горизонтах: поверхность, прозрачность и дно. На станции вблизи ТЭЦ-1: поверхность и дно. Пробы отбирали батометром Паталаса в пластиковые бутылки объемом 1 л,

предварительно ополаскивая емкость отбираемой водой. Пробы транспортировали в лабораторию ИПРЭК СО РАН, где проводили спектрофотометрическое определение азота и фосфора, используя SPEKOL 1300. Для определения нитритов использовали метод с реактивом Грисса, нитратов – восстановлением до нитратов с реактивом Грисса, аммонийных ионов – с реактивом Несслера, фосфатов – со смешанным реактивом с аскорбиновой кислотой, общего фосфора – методом сжигания с персульфатом калия [5].

Результаты. В межгодовой динамике биогенных элементов оз. Кенон отмечается максимальный уровень нитритного азота в августе 2013 г. что соответствует 0,004 мгN/л, а минимальный – в августе 2015 г. (0,002 мгN/л) (табл.). Наибольшее количество нитратного азота приходилось на август 2011 г. и составляло 0,200 мгN/л, а наименьший – на август 2014 г. – 0,040 мгN/л. Максимальное количество аммонийного иона было отмечено в августе 2013 г. – 0,477 мгN/л, а минимальное в 2015 г. – 0,002 мгN/л (табл.).

*Таблица*

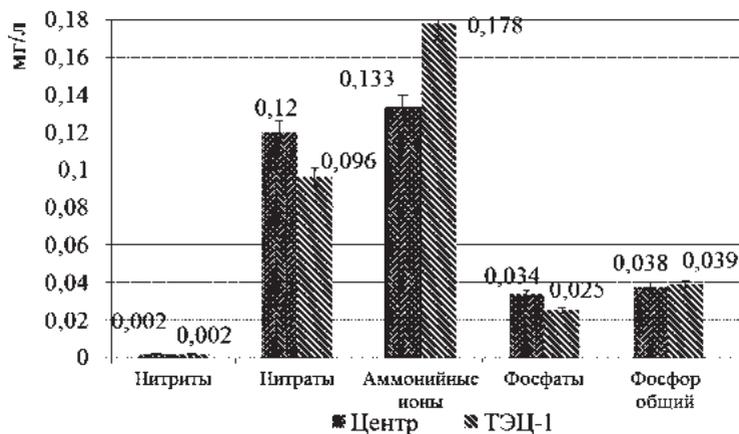
**Межгодовая динамика различных форм азота и фосфора оз. Кенон за 2010–2015 гг. (август)**

<i>Элемент, мг/л</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>
Азот нитритный	0,002	0,002	0,004	0,002	0,002
Азот нитратный	0,160	0,200	0,120	0,040	0,080
Азот аммонийный	0,078	0,009	0,477	0,097	0,002
Фосфор общий	0,090	0,072	0,011	0,001	0,018
Фосфаты	0,088	0,059	0,010	0,001	0,013

Наибольшее количество общего фосфора за рассматриваемый период, отмечено в августе 2010 г. и соответствовало 0,090 мг/л. В дальнейшем, к 2014 г., происходило постепенное его снижение до 0,001 мг/л. Такая же динамика отмечается в содержании фосфатов: максимальный уровень – в 2010 г. (0,088 мг/л), а в 2014 г. – 0,001 мгP/л (табл.).

Таким образом, наблюдается динамика уменьшения количества всех биогенных элементов в воде оз. Кенон с 2010 по 2015 гг. Такие изменения связаны с наименьшей, по сравнению с предыдущими годами биомассой гидробионтов [1].

Температура воды влияет на химические процессы, протекающие в ней, чем выше температура, тем быстрее они протекают. Известно, что на станции вблизи ТЭЦ-1 температура воды выше, чем в центре озера [2]. Для того чтобы выявить влияние сброса подогретых вод ТЭЦ-1 на уровень содержания биогенных элементов оз. Кенон, провели сравнительную характеристику их количества в воде центральной части озера и вблизи ТЭЦ-1 (рис.).



**Рис.** Сравнительная характеристика количества биогенных веществ в центре и на станции ТЭЦ-1 оз. Кенон

Как видно из представленных данных достоверные различия между центром и ТЭЦ-1 отмечены только в содержании аммонийного иона. Это свидетельствует о более интенсивных процессах разложения органического вещества в зоне подогретых вод, чем в центре озера. Повышенное содержание этих ионов может влиять на состояние гидробионтов, в том числе и на рыб. В первую очередь, ионы аммония ингибируют поглощение кальция, нарушают обмен калия и натрия. Так же, уве-

личная концентрация ионов аммония в воде отрицательно сказывается на жабрах и центральной нервной системе рыб. В то же время, отрицательное влияние ионов аммония зависит от наличия свободного аммиака,  $pH$  среды и температуры [3].

Таким образом, согласно представленным данным, наблюдается отрицательная динамика всех форм азота и фосфора в воде оз. Кенон за период с 2010 по 2015 гг. Отмечено увеличение содержания ионов аммония на станции вблизи ТЭЦ-1, чем в центре озера. Вероятно, это связано с активными процессами разложения органического вещества, происходящих в более теплых водах вблизи станции.

#### *Список литературы*

1. Афонина Е. Ю., Ташлыкова Н. А., Итигилова М. Ц. Пространственно-временная динамика планктонных сообществ озера Кенон (по данным 2010–2015 гг.) // Вода: химия и экология. 2017. № 2. С. 42–50.
2. Бутенко М. Н., Цыбекмитова Г. Ц. Некоторые физико-химические показатели воды оз. Кенон в период с 2010 по 2015 гг. // Материалы IV Науч. молодеж. конф., посвящ. дню российской науки и 35-летию создания ИПРЭК СО РАН. Чита: ИПРЭК СО РАН, 2016. С. 17–20.
3. Виноградов Г. А. Процессы ионной регуляции у пресноводных рыб и беспозвоночных. М.: Наука, 2000. 216 с.
4. Итигилова М. Ц., Чечель А. П., Замана Л. В. Экология городского водоема. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. 258 с.
5. Семенов А. Д. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 269 с.

### **Dynamics of Biogenic Elements (Nitrogen and Phosphorus) in Lake Kenon Water**

*M. N. Butenko, G. Ts. Tsybekmitova,*

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS,  
Nedorezova, 16a, Chita, Russia,  
e-mail: 44mary44@mail.ru*

The paper presents the results of studies on the content of biogenic elements (nitrogen and phosphorus) in Lake Kenon during the period from 2010 year to 2015 year. Comparative characteristics of the content of biogenic elements in the center of the lake and near the TPS-1 are given.

**Key words:** biogenes, nitrates, nitrites, ammonium ions, phosphates, Lake Kenon

## Установившиеся вихревые течения и загрязнение водоемов

**А. В. Васин,**

*Университет морского и речного флота  
им. адмирала С. О. Макарова,  
ул. Двинская, 5/7, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: vasinav@gumrf.ru*

Задача Гольдштика – склеивание течений с постоянной завихренностью – применяется для математического моделирования застойных зон и вихревых течений в кавернах в водоемах различной формы.

**Ключевые слова:** течение с постоянной завихренностью, задача Гольдштика

Модель Лаврентьева-Гольдштика [3] представляет собой одно из простейших описаний стационарного течения несжимаемой жидкости. В данной модели движение делится на несколько зон: зону основного потока, зоны отрывного течения, застойные зоны. Течение в различных зонах предполагается вихревым с постоянной завихренностью. Условие постоянства завихренности является естественным упрощением (принцип Прандтля-Батчелора [2]) для предельного течения вязкой жидкости, когда вязкость стремится к нулю. Линии раздела различных зон отрывных течений являются функциями тока. Незнание линий раздела придает задаче нелинейный характер. Кроме того незнание линии раздела объединяет модель Лаврентьева с нелинейными задачами со свободной поверхностью.

Рассмотрим простейший случай установившегося течения идеальной жидкости в бассейне с прямоугольной каверной. В данном случае область течения состоит всего из двух зон – зоны потенциального течения основного потока жидкости и зоны вихревого в каверне (рис. 1).

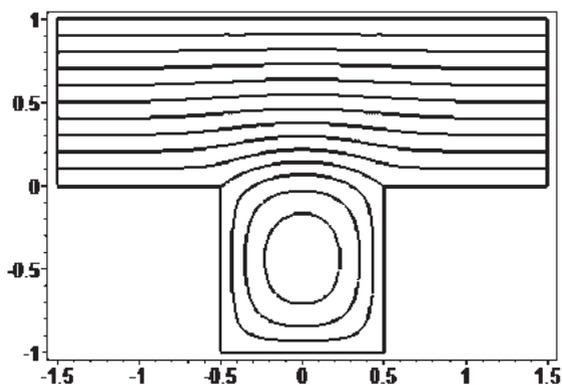


Рис. 1. Течение в бассейне с каверной

Задача состоит в решении разрывного квазилинейного уравнения эллиптического типа для функции тока

$$\Delta \psi = \omega \frac{(1 - \operatorname{sgn} \psi)}{2}. \quad (1)$$

Здесь  $\psi$  функция Лагранжа, и  $\omega$  завихренность. Такое же по форме уравнение получается для моделирования застойных зон в водоемах при движении жидкости в поле кориолисовых сил. Только здесь имеем зону вихревого течения основного потока и застой в выделенной зоне. В постановке задачи отличие варьируется знаком завихренности. Обе задачи имеют важное практическое значение для исследования состояния водоемов-охладителей. Первая задача связана с захоронением вредных отходов в кавернах на дне водоема. Возникающие вихревые течения с течением времени вымывают верхний слой донных осадков в каверне, а затем вредные отходы будут вовлечены в вихревое течение и будут вымываться из каверны. Что касается второй задачи, то здесь получаем, что даже в проточной воде в поле кориолисовых сил могут возникать застойные зоны, требующие какого-либо внимания биологов. Области постоянной завихренности исследуются не только для стационарного течения жидкости. В настоящее время ак-

тивно развивается метод контурной динамики распространения вихревых пятен постоянной завихренности при процессах неустановившегося течения идеальной жидкости.

Решение задачи Гольдштика (1) сводится к процессу аппроксимации линейными разрывными задачами [2]. Данный метод дает одновременно и доказательство существования решения, и метод расчета и построения отрывной области. На каждом шаге итерационного процесса линейные задачи – это уравнения Пуассона с разрывной правой частью, с граничными условиями типа Дирихле или смешанными. Оператор Грина для каждой линейной задачи строится численно ввиду произвольности границы области.

$$\psi_n = \psi_0 - \frac{\omega}{2\pi} \int_{D_n} G(\cdot, z) dA(z). \quad (2)$$

При выполнении итерационного шага (получении решения уравнения Пуассона) осуществляется перестройка границы – линии раздела вихревых течений. Возникающие вычислительные сложности обусловлены тем, что величина завихренности служит спектральным параметром. Поэтому при увеличении завихренности можно получить единственность квазилинейной задачи, и наоборот, при уменьшении – единственность. При математическом моделировании (численной реализации) можно проследить, что могут быть различные варианты количества решений. В частности, при одинаковых краевых условиях получены существенно различные решения как на рис. 1, так и решения с несвязной вихревой зоной. Данная неопределенность естественна для задач такого типа, хотя и мешает, и требует дополнительных условий. Выяснить является ли данное решение «физическим», а не только одним из математических представляется возможным только при помощи натурных исследований.

#### *Список литературы*

1. Вайнштейн И. И. Решение двух дуальных задач о склейке вихревых и потенциальных течений вариационным методом М. А. Гольдштика // Журнал СФУ. Математика и физика, 2011. № 4. С. 320–331.

2. Гольдштиг М. А. Вихревые потоки. Новосибирск: Наука, СО, 1981. 368 с.

3. Лаврентьев М. А., Шабат Б. В. Проблемы гидродинамики и их математические модели. М.: Наука, 1977. 416 с.

## **Installed Vortex Flows and Water Pollution**

*A. V. Vasin,*

*Admiral Makarov State University of Maritime  
& Inland Shipping,*

*St. Petersburg, Russia,*

*e-mail: vasinav@gumrf.ru*

The Gol'dshtick problem of gluing of flows with constant vorticity is used for mathematical modeling of stagnant zones and vortex flows in caverns in reservoirs of various shapes.

**Key words:** flows with constant vorticity, Gol'dshtick problem

## **Мониторинг водоемов – охладителей АЭС: от проектирования к эксплуатации**

*Е. А. Верещагина,*

*Санкт-Петербургский государственный университет,  
Институт наук о Земле, Университетская наб. 7-9,*

*г. Санкт-Петербург, Россия,*

*e-mail: ea.grigorieva@gmail.com*

В работе описана действующая на данный момент в России система контроля состояния водных объектов на всех жизненных этапах АЭС – от проектирования до эксплуатации. Ключевыми проблемами охраны окружающей среды при строительстве АЭС являются адаптация системы контроля окружающей среды при появлении новых технологий и методов исследований, а также разработка методологии прогноза состояния окружающей среды при антропогенном воздействии.

**Ключевые слова:** атомная электростанция, инженерно-экологические изыскания, водоем-охладитель

Воздействие объектов ядерной энергетики, как и электростанций других типов, на окружающую среду имеет много аспектов, один из которых связан с необходимостью использования большого количества воды для охлаждения контуров

станции. С этой целью создаются водоемы-охладители, строятся градирни и другие системы охлаждения [3]. АЭС забирают из водных объектов значительные массы воды, которые затем, пройдя через системы охлаждения станции, сбрасываются обратно в подогретом состоянии, внося большие количества дополнительного тепла, что неизбежно ведет к изменению экологических условий водных объектов, служащих водоемами-охладителями АЭС.

Целью данной работы является описание действующей системы контроля состояния окружающей среды (преимущественно, водоемов-охладителей АЭС) на всех жизненных этапах АЭС – от проектирования до эксплуатации, и выявление ключевых проблем охраны окружающей среды при строительстве АЭС.

Проектирование, строительство и эксплуатация атомных электростанций (АЭС) связаны с рядом наблюдений за состоянием компонентов окружающей среды, как на площадке строительства, так и в зоне наблюдения (30 км зона). Проведение гидроэкологических мониторинговых исследований объектов зоны наблюдения станции проводится в рамках инженерно-экологических изысканий и включает изучение гидрохимического и гидробиологического режимов водных объектов, основными из которых являются источники технического водоснабжения и водоотведения – водоемы-охладители естественного и искусственного происхождения.

Утвержденный в 2013 г. свод правил 151.13330.2012 «Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС» от 01.07.2013 г. [4] во многом позволил оптимизировать порядок проведения инженерно-экологических изысканий для строительства АЭС в России. Документ состоит из двух частей, в первой из которых приводятся требования к инженерным изысканиям на этапе выбора пункта размещения АЭС, во второй – на этапе разработки проектной и рабочей документации, а также требования и рекомендации по изыскательскому сопровождению строительства и эксплуатации АЭС. Состав работ в рамках инженерно-экологических изысканий и их результаты для различных этапов строительства приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Инженерно-экологические изыскания водных экосистем  
на различных этапах проектирования и эксплуатации АЭС**

<i>Этап</i>	<i>Состав инженерно-экологических изысканий</i>	<i>Результаты изысканий</i>
Выбор пункта и площадки размещения АЭС	<p>Эколого-географическое описание района.</p> <p>Краткая характеристика водных объектов со ссылкой на данные инженерно-гидрометеорологических изысканий.</p> <p>Описание водных экосистем.</p> <p>Многолетняя и сезонная динамика количественных и качественных показателей качества вод.</p> <p>Оценка современного состояния водных экосистем на территориях конкурентных пунктов</p>	<p>Сравнительная оценка конкурентных пунктов на основании полученных материалов и данных.</p> <p>Выбор варианта площадки строительства АЭС с минимальным экологическим риском</p>
Изыскания на площадке для разработки проектной документации	<p>Современное экологическое состояние площадки и прилегающей территории.</p> <p>Результаты экологических исследований водоемов и водотоков (уровенный и гидрохимический режим, загрязненность).</p> <p>Характеристика источников технического водоснабжения, потенциальных водоемов-приемников сточных вод (гидрологические и гидрохимические характеристики)</p> <p>Прогноз состояния окружающей среды в период строительства и эксплуатации АЭС (при нормальном режиме эксплуатации, проектных и запроектных авариях).</p> <p>Разработка программы экологического мониторинга</p>	<p>Получение необходимых и достаточных материалов для экологического обоснования проекта строительства АЭС с учетом нормального режима эксплуатации, а также при проектных и запроектных авариях.</p> <p>Подготовка документов для получения лицензии на сооружение АЭС</p>

Изыскания на площадке для разработки рабочей документации	Продолжение стационарных наблюдений за состоянием окружающей среды изыскательскими организациями совместно со специалистами по охране окружающей среды соответствующего структурного подразделения, формируемого эксплуатирующей организацией (как правило, отдела охраны окружающей среды действующей АЭС), выпуск отчетов о состоянии окружающей среды	Уточнение экологических условий площадки с учетом замечаний экспертизы проекта. Уточнение и корректировка проекта и программы экологического мониторинга при строительстве и эксплуатации АЭС
Изыскания при строительстве и эксплуатации АЭС	Продолжение стационарных наблюдений, выпуск отчетов о состоянии окружающей среды по результатам локального (объектного) и регионального (в зоне возможного влияния АЭС) мониторинга	Контроль воздействия объектов АЭС на компоненты природной среды и осуществление природоохранных мероприятий

При выборе пункта размещения АЭС проводятся региональные исследования водных объектов, происходит выбор конкурентной площадки строительства с минимальным риском, имеющей достаточную для проектной эксплуатации АЭС обеспеченность водными ресурсами. После выбора площадки, масштаб инженерно-экологических изысканий уменьшается до зоны возможного влияния АЭС. Наиболее полные комплексные изыскания водных экосистем в районе расположения строящихся АЭС проводятся в период подготовки рабочей документации с целью прохождения государственной экологической экспертизы в рамках подготовки документов для получения лицензии на сооружение АЭС. Всестороннее изучение водных объектов (преимущественно, проектируемого водоема-приемника сточных вод АЭС) включает как оценку современного состояния экосистем, так и прогноз последствий для водных экосистем сбросов химических ве-

ществ и тепла в период эксплуатации АЭС с применением методов математического моделирования. В дальнейшем, уже на этапе строительства станции и в период ее эксплуатации, проводятся сравнительно небольшие стационарные наблюдения за состоянием окружающей среды в рамках локального мониторинга, силами отдела охраны окружающей среды АЭС осуществляются природоохранные мероприятия.

Проектирование новых блоков АЭС в России происходит, преимущественно, для замены «отработанных» станций (к примеру, Ленинградская, Кольская, Белоярская АЭС). Учитывая, что срок жизни АЭС достаточно долг (от 30 до 50 лет) [1], при проектировании и строительстве новых энергоблоков изыскания проводятся на водных объектах, испытывающих постоянное и долговременное воздействие действующих на момент проектирования АЭС. То, что при проектировании новых энергоблоков принимаются самые современные на текущий момент инженерные решения (использование для охлаждения градирен вместо прямоточной системы), не отменяет необходимости введения в производственный экологический контроль и программы локального экологического мониторинга действующих станций изменений состава и масштаба работ, если возникнет такая необходимость. Другими словами, через 50 лет, когда, к примеру, Ленинградская АЭС-2 будет выводиться из эксплуатации, новые технологии и методики анализа водных экосистем (допустим, изобретение новых методов химического анализа воды) будут опережать ныне действующие, и изыскателям для проектирования новой АЭС нужно будет начинать «с нуля» все работы, касающиеся оценки текущего состояния водных экосистем не только водоема-охладителя, но и всех водных объектов зоны влияния будущей и действующей АЭС. По прошествии десятилетий, возможно, водная экосистема водоема-охладителя изменится кардинальным образом.

Задачи оценки экологического состояния водных объектов носят комплексный характер и связаны с необходимостью производства постоянных и комплексных измерений различных параметров природной среды с последующей оператив-

ной их обработкой, что привело к разработке автоматизированных систем сбора и обработки информации, снабженных специальным комплексом программных и компьютерных средств, производящих обработку в соответствии с поставленными задачами, и выдающих информацию о состоянии водных объектов [2].

На текущий момент, все атомные электростанции оборудованы системами автоматического контроля химического состава и температуры воды как на водозаборе, так и на водосбросе. Установка данных систем контроля позволила получать оперативную информацию для контроля режима работы АЭС. Однако следует отметить недостаточность данных систем для осуществления оперативного прогноза качества природных вод, а также своевременного предупреждения влияния на работу АЭС аномальных гидрометеорологических и экологических явлений (к примеру, «вспышек» цветения водорослей).

Таким образом, несмотря на качественное нормативное регулирование системы охраны окружающей среды в последние десятилетия, не следует забывать о нормировании состояния уязвимых водных экосистем, находящихся под влиянием антропогенного воздействия, и в будущем. Необходимо учитывать вновь появляющиеся и развивающиеся технологии для сохранения экологического благополучия водоемов-охладителей проектируемых и действующих АЭС.

#### *Список литературы*

1. Маргулова Т. Х. Атомные электрические станции. М.: ИздАТ, 1994. 296 с.
2. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / под ред. А. В. Караушева. Л.: Гидрометеоздат, 1987. 285 с.
3. Протасов А. А., Семенченко В. П., Силаева А. А. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки. Киев: Институт гидробиологии НАН Украины, 2011. 234 с.
4. СП 151.13330.2012. Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС, от 25.12.2012.

## **Ecological Monitoring of Power Plant Cooling Pond: from Project to Exploitation**

***E. A. Vereshchagina,***

*Institute of Earth sciences St. Petersburg State University,  
St. Petersburg, Russia,  
e-mail: ea.grigorieva@gmail.com*

The article discusses “state-of-art” of ecological assessment of water bodies used as cooling pond for atomic power plants from project to exploitation stages in Russia. Key problems of water quality control also discussed: they are environmental control systems adaptation to new technologies and forecast of water quality changes under anthropogenic pressure.

**Key words:** atomic power plant, ecological research, cooling-pond

## **Зооперифитон в годы с различной термической нагрузкой (водоем – охладитель ТЭЦ-1, г. Тюмень, Западная Сибирь)**

***А. Г. Герасимов,***

*«Госрыбцентр»,  
ул. Одесская, 33, г. Тюмень, Россия*

***Т. А. Шаранова, А. А. Герасимова,***

*Институт проблем освоения Севера СО РАН,  
ул. Малыгина, 86, г. Тюмень, Россия,  
e-mail: g.aleksey72@yandex.ru*

Проведены исследования зооперифитона на водоеме – охладителе ТЭЦ-1 г. Тюмень, анализируются данные 2005 и 2016 гг. с различными термическими режимами. Показано, что аномально высокие температуры (около 40 °С) влияют на количественные и качественные показатели развития гидробионтов.

**Ключевые слова:** водоем-охладитель, зооперифитон, Западная Сибирь, численность, биомасса

На термическую нагрузку водоемов-охладителей влияет температурный режим внешней среды [1]. Первые исследования водоема-охладителя Тюменской ТЭЦ-1 проводили

в 2005 г., когда изменения термического режима были в пределах нормы [2]. В 2016 г. в августе отмечались аномально высокие температуры. Цель нашей работы – сравнить развитие зооперифитона в годы с разной термической нагрузкой.

Сбор материала проводили на двух станциях в течение вегетационного периода 2016 г. в июне, августе и октябре в литоральной зоне на глубинах до 0,5 м. На каждой станции отбиралось по три пробы зооперифитона. Станция 1 находится в непосредственной близости от сбросного канала в зоне максимальной термической нагрузки. Станция 5 находится в зоне умеренной термической нагрузки. Скорость течения составила на станции 1–0,13 м/с, на станции 5–0,54 м/с. В 2005 г. температура воды в июне на станции 1 составила 27,4 °С, на станции 5–25,8 °С, в августе, соответственно, 29,5 °С и 27,8 °С, в октябре – 16,3 °С и 16,2 °С. В 2016 г. температура воды в июне на станции 1 составила 28 °С, на станции 5–24,4 °С, в августе, соответственно, 38,4 °С и 34,2 °С, в октябре – 6,4 °С и 4,5 °С. Зооперифитон отбирали преимущественно с каменистых субстратов с учетом их площади. Пробы фиксировали 4 % раствором формальдегида. Обработка проб проводилась в камеральных условиях.

На станции 1 в июне 2005 г. и в 2016 г. отмечены близкие температуры воды. В 2005 г. найдено 28 низших определяемых таксонов (НОТ), в 2016 г. – 22. Средняя численность соответственно составляла 24513 и 37550 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 7,62 и 6,44 г/м<sup>2</sup>. Доминирующими группами по численности были личинки хирономид (в 2005 г. 43 % и в 2016 г. 31 %), субдоминантами являются олигохеты (20 % и 30 %). По биомассе в 2005 г. преобладали мшанки (61 %), субдоминантами была группа хирономид (17 %), в 2016 г. основу биомассы составляли хирономиды (40 %), субдоминанты – мшанки (32 %).

Максимальные различия температуры воды в сравниваемые годы наблюдались в августе, в 2016 г. она была выше почти на 9 °С. В 2005 г. найдено 17 НОТ, в 2016 г. – 5. Средняя численность соответственно составила 124913 и 34542 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 182,61 и 11,80 г/м<sup>2</sup>. В доминирующий комплекс по численности в 2005 г. входят олигохеты (44 %), субдоминанта-

ми были нематоды (35 %), в 2016 г. доминировал тропический рачок *Stenocypris* (87 %) [3]. Основу биомассы в 2005 г. создавали мшанки (97 %), а в 2016 г. – остракоды рода *Stenocypris* (97 %).

Октябрь 2005 г. был значительно теплее, чем в 2016 г. В 2005 г. было найдено 20 НОТ, в 2016 г. – 23. Средняя численность соответственно составила 53402 и 141142 экз./м<sup>2</sup>, средняя биомасса в 2005 г. составила 26,98 г/м<sup>2</sup>, в 2016 г. – 21,00 г/м<sup>2</sup>. Доминантами по численности в 2005 г. являлись нематоды (37 %), субдоминанты – олигохеты (28 %), в 2016 г. – нематоды (34 %), хирономиды (32 %) и олигохеты (31 %). Основу биомассы в 2005 г. составили мшанки (36 %) и брюхоногие моллюски (36 %), в 2016 г. – мшанки (65 %), субдоминантами были хирономиды (18 %).

Зооперифитон в июне при близких температурах воды 2005 г. и 2016 г. имеет сходные качественные и количественные показатели развития. Аномально высокие температуры воды в августе 2016 г. привели к резкому снижению таксономического богатства, количественного развития, и смене доминирующих комплексов. Из-за более теплого октября в 2005 г., вероятно, продолжался лет хирономид, численность их личинок была низкой, что и определило более низкую суммарную плотность.

На станции 5, как и на станции 1, в июне был близкий температурный режим воды. Общее число НОТ в 2005 г. достигало 20, в 2016 г. – 30. Средняя численность составила соответственно 31304 и 56311 экз./м<sup>2</sup>, средняя биомасса – 4,53 и 9,61 г/м<sup>2</sup>. Доминантами по численности в 2005 г. являлись хирономиды (60 %), субдоминантами олигохеты (16 %) и нематоды (16 %), в 2016 г. – олигохеты (91 %). Основу биомассы в 2005 г. создавали хирономиды (70 %), субдоминантами были ручейники (9 %), в 2016 г. – олигохеты (45 %) и ручейники (35 %).

В августе общее число таксонов в 2005 г. составило 21, в аномально жаркий 2016 г. – 8. Средняя численность соответственно составила 34476 и 36538 экз./м<sup>2</sup>, средняя биомасса – 31,76 и 26,60 г/м<sup>2</sup>. Доминирующий комплекс по числен-

ности в 2005 г. представлен олигохетами (78 %), в 2016 г. – олигохетами (42 %) и остракодами (41 %), среди которых преобладали тропический род *Stenocypris*. Основу биомассы в 2005 г. составили мшанки (46 %) и брюхоногие моллюски (42 %), в 2016 г. – губки (56 %) и олигохеты (23 %).

В октябре общее число таксонов в 2005 г. составило 17, в 2016 г. – 27. Средняя численность составила соответственно 36169 и 76330 экз./м<sup>2</sup>, средняя биомасса – 36,89 и 8,13 г/м<sup>2</sup>. Доминантами по численности в 2005 г. были олигохеты (35 %), нематоды (29 %) и хирономиды (22 %), в 2016 г. – нематоды (41 %), олигохеты (37 %) и хирономиды (19 %). Основу биомассы в 2005 г. составляли брюхоногие моллюски (89 %), в 2016 г. – хирономиды (52 %), олигохеты (17 %) и мшанки (17 %).

На станции 5 количественные и качественные показатели развития сравниваемых годов в июне оказались близкими. Более выраженные различия отмечены в августе, изменения коснулись числа НОТ и доминирующих комплексов по биомассе. В октябре, в исследуемые годы, наблюдается смена доминирующих комплексов.

Аномально высокие температуры воды августа 2016 г. вызвали на исследуемых участках сильное снижение таксономического богатства, доминирующих групп, а на станции 1 количественного развития. Разница температуры воды в октябре большого значения на развитие зооперифитона не имела.

#### **Список литературы**

1. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины / А. А. Протасов [и др.]. Киев: Наук. думка, 1991. 192 с.
2. Шарапова Т. А. К изучению зооперифитона водоема-охладителя Тюменской ГЭЦ-1 // Гидробиол. журн. 2008. Т. 44. № 4. С.44–55.
3. Semenova L. M., Sharapova T. A. Ostracods (Crustacea and Ostracoda) in the zooperiphyton of waterbodies and watercourses of Tyumen oblast (Western Siberia) // [Inland water biology](#). 2012. Т. 5. № 1. P. 61–66.

## **Zooperyphytone in Years with Various Thermal Load (the Cooler Reservoir TEPS-1, Tyumen, Western Siberia)**

**A. G. Gerasimov,**  
*FSBI "Gosrybcenter"*

**T. A. Sharapova, A. A. Gerasimova,**  
*Institute of problems of development of the North SB RAS  
Tyumen, Russia,  
e-mail: g.aleksey72@yandex.ru*

Studies of zooperiphyton on the cooler reservoir of TEPS-1 in Tyumen, data of 2005 and 2016 with different thermal regimes are analyzed. It is shown that abnormally high temperatures (about 40 °C) affect the quantitative and qualitative indices of the development of hydrobionts.

**Key words:** the cooler reservoir, zooperiphyton, Western Siberia, abundance, biomass

## **Комплексы хирономид озера Оброчное (водоем – охладитель ТЭЦ-1, г. Тюмень, Западная Сибирь)**

**A. G. Герасимов,**  
*«Госрыбцентр»,*

*ул. Одесская, 33, г. Тюмень, Россия*

**T. A. Шаранова, А. А. Герасимова,**  
*Институт проблем освоения Севера СО РАН,  
ул. Малыгина, 86, г. Тюмень, Россия,  
e-mail: g.aleksey72@yandex.ru*

Проведены исследования хирономид в зообентосе и зооперифитоне водоема-охладителя на двух станциях в логических условиях. Выявлено, что качественное и количественное развитие зообентоса значительно ниже по сравнению с зооперифитоном. Аномально высокие температуры воды в августе привели к полному исчезновению хирономид.

**Ключевые слова:** хирономиды, водоем-охладитель, зообентос, зооперифитон, Западная Сибирь

Личинки хирономид являются важным компонентом бентоса и перифитона водоемов и водотоков Западной Сибири. Известно из работ [1; 2], что высокие температуры воды отрицательно влияют на развитие личинок хирономид. Целью работы является выявление комплексов хирономид на лотических участках водоема-охладителя Тюменской ТЭЦ-1 (оз. Оброчное).

Сбор материала проводили в течение вегетационного периода в 2016 г. с июня по октябрь на двух станциях в литоральной зоне на глубинах до 0,5 м, отбирали по три пробы зообентоса и зооперифитона. Грунты на этих участках представлены песками, на станции 1 слабозаиленные. Станция 1 находится в непосредственной близости от сбросного канала в зоне максимального термической нагрузки. Станция 5 находится в зоне умеренной термической нагрузки. Скорость течения на станции 1 составила 0,13 м/с, на станции 5—0,54 м/с. Температура воды в июне на станции 1 соответствовала 28 °С, на станции 5—24,4 °С, в августе, соответственно, 38,4 °С и 34,2 °С, в октябре — 6,4 °С и 4,5 °С. Отбор проб зообентоса проводился дночерпателем Петерсена площадью захвата 0,025 м<sup>2</sup>. Зооперифитон отбирали с каменистых и древесных субстратов с учетом их площади. Материал фиксировали 4 % раствором формальдегида. Обработку проб проводили в камеральных условиях.

Зообентос водоема-охладителя исследовали впервые. В составе зообентоса станции 1 найдено 18 видов и форм личинок хирономид. В июне отмечено 9 видов и форм, включая 8 видов п/сем. Chironominae и 1 вид п/сем. Ortocladiinae. Средняя численность 453 экз./м<sup>2</sup>, что составило 74 % от общей численности, средняя биомасса 0,13 г/м<sup>2</sup> (52% от общей биомассы). Наибольшее значение имели личинки *Harnishia curtilamellata* (Malloch) и *Paralauterboniella nigrochalteralis* (Malloch). В августе при аномально высоких температурах воды на участке станции 1 личинки хирономид исчезли. В октябре видовой состав личинок хирономид представлен 12 видами и формами, в том числе 9 видов п/сем. Chironominae, 2 — п/сем. Ortocladiinae и 1 вид п/сем. Tanypodinae. Средняя

численность хирономид составила 4641 экз./м<sup>2</sup> (76 % от общей численности), средняя биомасса 7,16 г/м<sup>2</sup> (76 % от общей биомассы). Наибольшее значение имеет *Polypedilum nubeculosum* (Meigen), на него приходится 73 % от численности и 63 % биомассы хирономид. В летний и осенний период на этой станции сформировались различные комплексы хирономид, индекс сходства по Сьеренсену составил всего 28 %.

В составе зообентоса станции 5 найдено всего 4 вида и формы личинок хирономид, относящихся к п/сем. Chironominae. В июне средняя численность составила 53 экз./м<sup>2</sup> (4 % численности), биомасса – 0,03 г/м<sup>2</sup> (5 % биомассы). В августе, как и на станции 1, личинки хирономид в пробах отсутствовали. В октябре в зообентосе найден один вид – *P. nubeculosum*, численность которого составила 40 экз./м<sup>2</sup> (19 % от общей численности), биомасса 0,07 г/м<sup>2</sup> (47 % от общей биомассы). Индекс сходства по Сьеренсену равен 0 %.

Таким образом, на станциях 1 и 5 в августе отмечается полное исчезновение хирономид. Их комплексы в летний и осенний период в зообентосе на обеих станциях имеют низкое сходство. На станции 1 личинки хирономид имеют большее развитие и играют значительную роль в формировании зообентоса.

Первые исследования зооперифитона проводились в 2005 г. [3]. В пробах зооперифитона в 2016 г. на станции 1 найдено 16 видов и форм хирономид. В июне отмечено 7 видов, включая 6 видов п/сем. Chironominae, 1 вид п/сем. Orthoclaadiinae. Средняя численность 11767 экз./м<sup>2</sup> (31 % от общей численности), биомасса 2,60 г/м<sup>2</sup> (40 % от общей биомассы). По численности доминируют хирономиды на ранней ювенильной стадии развития (до 2 мм) – 56 % и *Cricotopus algarum* Kieff. – 33 % численности хирономид и 53 % биомассы. В августе при аномально высоких температурах воды личинки хирономид отсутствуют. В октябре в составе зооперифитона выявлено 14 видов и форм, включая 8 видов п/сем. Chironominae, 4 вида п/сем. Orthoclaadiinae и 2 вида п/сем. Tanypodinae. Средняя численность хирономид составила 45341 экз./м<sup>2</sup> (32 % от общей численности), средняя биомасса 3,77 г/м<sup>2</sup> (18 % от

общей биомассы). По численности преобладали хирономиды на ранней ювенильной стадии развития – 77 % и по биомассе вид *C. algarum* – 34 %. Индекс сходства Сьеренсена в июне и октябре имеет низкие значение – 38 %.

В составе зооперифитона станции 5 обнаружено 22 вида и формы хирономид. В июне найдено 13 видов, включая 10 видов п/сем. *Chironominae*, 2 вида п/сем. *Orthoclaadiinae* и 1 вид п/сем. *Tanypodinae*. Средняя численность составила 5317 экз./м<sup>2</sup> (9 % от общей численности), средняя биомасса – 0,87 г/м<sup>2</sup> (9 % от общей биомассы). По биомассе выраженного доминанта нет, по численности доминируют молодые стадии развития хирономид – 72 %. В августе, в связи с высокими температурами, хирономиды не встречены. В октябре в зооперифитоне было найдено 14 видов и форм, включая 8 видов п/сем. *Chironominae*, 5 видов п/сем. *Orthoclaadiinae* и 1 вид п/сем. *Tanypodinae*. Средняя численность составила 14678 экз./м<sup>2</sup> (19 % от общей численности), биомасса – 4,20 г/м<sup>2</sup> (52 % от общей биомассы). Наибольшее значение в создании биомассы играет *C. algarum* (21 %). По численности доминирует молодь хирономид – 77 % от общего числа хирономид. Индекс видового сходства по Сьеренсену в июне и октябре составил 44 %.

Таким образом, на исследуемых станциях в августе наблюдается полное исчезновение хирономид. Максимальные значения численности и биомассы хирономид на станциях отмечены в октябре. Более высокие показатели количественного развития наблюдаются на станции 1.

В результате наших исследований было выявлено, что качественное и количественное развития зообентоса значительно ниже по сравнению с зооперифитоном. В зообентосе доминирующие виды относятся к п/сем. *Chironominae* (*H. curtilamellata*, *P. nigrochalteralis* и *P. nubeculosum*), а в зооперифитоне – п/сем. *Orthoclaadiinae* (*C. algarum*). В обеих группировках наибольшее количество видов отмечено у п/сем. *Chironominae*. На исследуемых станциях наибольшее количественное развитие хирономид в зообентосе и зооперифитоне наблюдается на станции 1, более низкое – на станции 5, что,

вероятно, связано с высокой скоростью течения. Аномально высокие температуры воды в августе привели к полному исчезновению хирономид.

#### *Список литературы*

1. Мордухай-Болтовской Ф. Д. Проблемы и влияние тепловых и атомных электростанций на гидробиологический режим водоемов (обзор) // Экология организмов водохранилищ-охладителей. Л.: Наука, 1975. С. 6–68.
2. Протасов А. А., Сергеева О. А., Кошелева С. И. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины. Киев: Наук. думка, 1991. 92 с.
3. Шарапова Т. А. К изучению зооперифитона водоема-охладителя Тюменской ТЭЦ-1 // Гидробиол. ж. 2008. Т. 44. № 4. С. 44–55.

### **Complexes of Chironomids of Lake Obrochnoe (the Cooler reservoir TEPS-1, Tyumen, Western Siberia)**

**A. G. Gerasimov,**  
*FSBI "Gosrybcenter"*

**T. A. Sharapova, A. A. Gerasimova,**  
*Institute of problems of development of the North SB RAS*  
*Tyumen, Russia,*  
*e-mail: g.aleksey72@yandex.ru*

We studied the chironomids in the zoobenthos and zooperiphyton of the cooling pond at two stations in lotic conditions. It is revealed that the qualitative and quantitative development of zoobenthos is much lower compared to the zooperiphyton. Abnormally high water temperature in August has led to the complete disappearance of midges.

**Key words:** chironomid, cooling reservoir, zoobenthos, zooperiphyton, Western Siberia

## Методы конфокальной микроспектроскопии для мониторинга биологического разнообразия и физиологического состояния цианобактерий в водоемах

**Н. Ю. Григорьева,**

*Институт озераведения РАН,  
ул. Севастьянова, 9, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: renes3@mail.ru*

В работе рассмотрены несколько аспектов применения конфокальной микроскопии при исследовании натуральных проб, содержащих различные виды цианобактерий (или синезеленых водорослей). Основной акцент делается на исключительной информативности спектров собственной флуоресценции цианобактерий и на возможности получения спектров флуоресценции отдельных клеток *in vivo* методами конфокальной микроспектроскопии.

**Ключевые слова:** цианобактерии, конфокальная лазерная сканирующая микроскопия, флуоресцентный анализ, цианобактериальное «цветение» водоемов

Как известно, интенсивное цианобактериальное «цветение» эвтрофных водоемов влечет за собой значительные технические и экологические проблемы, которые особенно актуальны для водоемов-охладителей [1]. Ухудшение качества воды может создать серьезные помехи в системе технического водоснабжения энергетического объекта. При массовом отмирании цианобактерий в окружающую среду выделяются различные токсины, способствующие возникновению в водоеме условий гибели аэробных организмов, что приводит к снижению качества воды и засоряет агрегаты энергетического объекта. В связи с этим необходим постоянный экологический мониторинг состояния водной среды на предмет развития цианобактериального «цветения» в водоеме-охладителе и на водозаборе для технологических процессов. Кроме того, если применяются различные методы борьбы с цианобактериальным «цветением» (химические, физические, биологические и пр.) необходимо контролировать эффективность этих методов, например, тестируя физиологическое состояние циано-

бактериальных сообществ. Обе эти задачи могут быть решены методами конфокальной лазерной сканирующей микроскопии (КЛСМ).

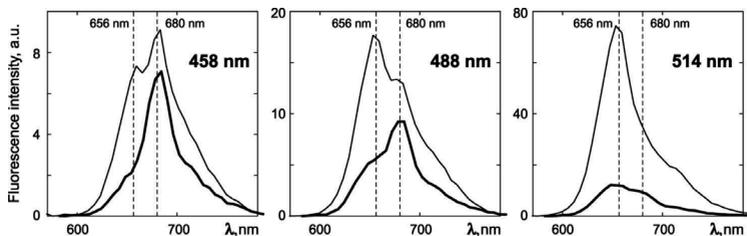
В Институте озерадения РАН (ИНОЗ РАН), совместно с РЦ «Культивирования микроорганизмов» Научного парка СПбГУ, разрабатывается ряд методик для определения жизнеспособности цианобактериальных культур, а также для таксономического анализа натуральных проб по спектрам собственной флуоресценции отдельных клеток цианобактерий. Являясь фотосинтезирующими организмами цианобактерии обладают уникальным пигментным составом светособирающего комплекса, спектральные свойства которого могут быть использованы для неинвазивного мониторинга физиологического состояния отдельных клеток и для определения родовой принадлежности образцов, содержащихся в натуральных пробах. Пигментный состав и эффективность передачи световой энергии в антенном комплексе отражаются на уровне и спектральном составе стационарной флуоресценции [3, 4]. Некоторые особенности спектров собственной флуоресценции клеток различных видов цианобактерий позволяют оперативно определять родовую принадлежность отобранных проб по спектрам собственной флуоресценции отдельных клеток. Кроме того, основываясь на современных представлениях о механизмах световых реакций фотосинтеза цианобактерий можно однозначно разделить виды цианобактерий по строению их фотосинтетического аппарата. Таким образом, анализ спектров собственной флуоресценции отдельных клеток может дать полную информацию о строении и функционировании светособирающего комплекса данного вида цианобактерий.

Для мониторинга результатов различных методов борьбы с цианобактериальным «цветением» нами отработана и опробована в лабораторных условиях на нескольких штаммах одноклеточных цианобактерий методика определения жизнеспособности культуры после слабых внешних воздействий, в частности после ультразвукового воздействия [2]. Универсальность данной методики позволяет использовать ее для исследования любых видов цианобактерий независимо от среды

их обитания или культивирования. Более того, использование новейших методов микроспектроскопии предполагает определение жизнеспособности колоний даже некультивируемых видов цианобактерий по физиологическому состоянию отдельных клеток, что значительно облегчает работу с малыми концентрациями исследуемых объектов в натуральных пробах. Более того, по общему физиологическому состоянию цианобактериальной культуры в натуральных пробах совместно с данными химического анализа воды можно сделать вывод о предстоящем лавинообразном размножении данной культуры.

При проведении экспериментов для снятия спектров флуоресценции использовались восемь лазерных линий КЛСМ Leica TCS-SP5: 405 нм (диодный лазер), 458, 476, 488, 496, 514 нм (аргоновый лазер), 543, 633 нм (гелий-неоновый лазер). Спектры флуоресценции клеток цианобактерий снимались в стандартном режиме ламбда-сканирования, реализованном в большинстве типов современных КЛСМ. В качестве объектива использовался иммерсионный объектив с апертурой 1.3 (объектив HCX PL APO 63.0 × 1.30 GLYC 37 °C UV) с глицериновой иммерсией (глицерин 80 % H<sub>2</sub>O).

Следует отметить, что разница между спектрами флуоресценции клеток в хорошем физиологическом состоянии и в угнетенном может быть довольно значительная, поэтому определить общее физиологическое состояние культуры в целом не представляет особого труда. Для примера на рис. 1 приведены спектры флуоресценции клеток цианобактерий штамма *Synechocystis CALU 1336* в нормальном и угнетенном физиологическом состоянии при возбуждении лазерными линиями аргонового лазера 458, 488, 514 нм.



**Рис. 1.** Спектры флуоресценции клеток цианобактерий *Synechocystis CALU 1336* при возбуждении лазерными линиями Ar-лазера (458, 488, 514 нм). Жирные линии – спектры клеток в хорошем физиологическом состоянии, тонкие линии – спектры клеток в угнетенном состоянии. Пунктирные линии показывают максимумы флуоресценции хлорофилл-б елковых комплексов (680 нм) и фикоцианина (656 нм)

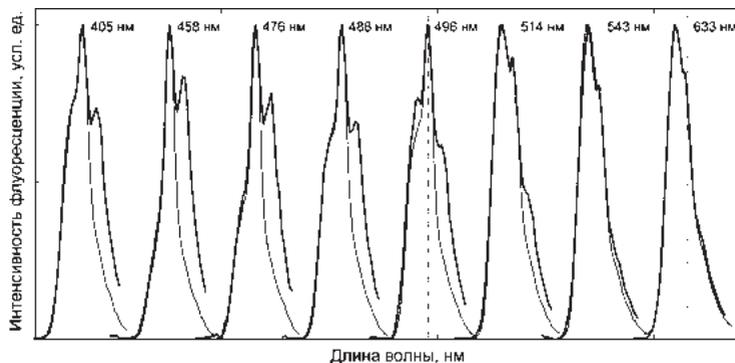
Таким образом, отслеживая изменения в спектрах флуоресценции клеток цианобактерий, с изменением внешних условий или при применении различных внешних воздействий можно проводить мониторинг состояния цианобактериальной культуры. А по соотношениям интенсивностей флуоресценции фотопигментов (656 нм) и хлорофилл-белковых комплексов (680 нм), определяющих корректность работы фотосинтетического аппарата, можно с высокой долей вероятности фиксировать ухудшение физиологического состояния конкретного вида.

При контроле биологического разнообразия цианобактериальных культур в исследуемом водоеме спектры собственной флуоресценции клеток могут быть использованы для определения родовой принадлежности различных видов в натуральных пробах. Имея базовые наборы спектров собственной флуоресценции клеток для различных видов цианобактерий, используя стандартные методы статистики, такие как дискриминантный анализ и метод «перочинного ножа», можно с достаточно высокой точностью определять родовую принадлежность клеток цианобактерий из натуральных проб.

Следует отметить, что предыдущие попытки проведения таксономического анализа различных видов микроводорослей [5] основывались на изучении спектров поглощения. Однако,

спектры поглощения несут гораздо меньше информации, чем спектры флуоресценции, и получить спектры поглощения можно только при значительном количестве клеток данного вида, выделенных из натурной пробы. С помощью конфокального микроскопа спектры флуоресценции могут быть получены даже с одной клетки в пробе и идентификация цианобактерии может быть проведена по одному набору спектров (конечно, в этом случае, с меньшей достоверной вероятностью).

Для примера на рис. 2 приведены два набора спектров собственной флуоресценции, сильно отличающихся родов нитчатых цианобактерий *Leptolyngbya* и *Geitlerinema*. Отметим, что различия в спектрах поглощения, которые обычно используют биологи при таксономическом анализе, для этих штаммов не так очевидны. В настоящий момент данная методика нами модифицируется. В качестве статистической обработки экспериментальных материалов планируется ввести анализ на основе нейронных сетей для возможности идентификации близких родов и отдельных штаммов цианобактерий.



**Рис. 2.** Нормированные спектры собственной флуоресценции клеток цианобактерий, полученные при возбуждении 8 лазерными линиями. Жирные линии – штамм *Leptolyngbya* sp. CALU 1715, тонкие линии – штамм *Geitlerinema* sp. CALU 1315. Для получения каждого спектра проводилось усреднение по 5 клеткам. Каждая пара спектров сдвинута по горизонтальной оси на 200 нм относительно соседней для удобства сравнения. Цифры над кривыми указывают длину волны возбуждающего света. Пунктирные линии отмечают положение максимума флуоресценции хлорофилл-белковых комплексов (682 нм)

Все исследования проведены с использованием оборудования РЦ «Развитие молекулярных и клеточных технологий» Научного парка СПбГУ. Образцы штаммов цианобактерий предоставлены РЦ «Культивирование микроорганизмов» Научного парка СПбГУ.

#### *Список литературы*

1. Белых О. И., Гладких А. С., Сорокикова Е. Г. Микроцистин-продуцирующие цианобактерии в водоемах России, Беларуси и Украины // Химия в интересах устойчивого развития. 2013. Т. 21. С. 363–378.
2. Григорьева Н. Ю., Румянцев В. А., Чистякова Л. В. Спектроскопические методы определения жизнеспособности синезеленых водорослей после слабых внешних воздействий // Океанология. 2017. Т. 6. (в печати).
3. Лысенко В. С., Вардуни Т. В., Соьер В. Г. Флуоресценция хлорофилла растений как показатель экологического стресса: теоретические основы применения метода // Фундаментальные исследования. 2013. Т. 4. С. 112–120.
4. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. Киев: Наук. думка, 1975. 247 с.
5. Johnsen G. et al. In-vivo absorption characteristics in 10 classes of bloom-forming phytoplankton-taxonomic characteristics and responses to photoadaptation by means of discriminant and HPLC analysis // Marine Ecology Progress Series. 1994. V. 105. №. 1–2. P. 149–157.

### **Confocal Microscopic Spectroscopy Technique for Monitoring of Biological Diversity and Physiological State of Cyanobacteria in Reservoirs**

*N. Yu. Grigorieva,*

*Institute of Limnology RAS (INOZ RAS),*

*St. Petersburg, Russia,*

*e-mail: renes3@mail.ru*

In this work several aspects of application of confocal microscopy for investigation of environmental samples, containing cyanobacterial (or blue-green algae) species, are considered. The main emphasis is made on the exceptional informative nature of cyanobacterial intrinsic fluorescence spectra and on the possibility of obtaining *in vivo* single-cell fluorescence spectra by means of confocal microscopic spectroscopy.

**Keywords:** cyanobacteria, confocal laser scanning microscopy, fluorescence analysis, cyanobacterial blooms

## Оценка влияния сбросов Гусиноозерской ГРЭС на термический и гидрохимический режим оз. Гусиное<sup>1</sup>

*Б. О. Гуржапов, Б. З. Цыдыпов, С. Г. Андреев,  
А. А. Аюржанаев, Б. В. Содномов, Э. А. Батоцыренов,  
И. А. Павлов, В. Г. Ширеторова, И. Д. Ульзетуева,  
Л. Д. Раднаева, Е. Ж. Гармаев,*

*Байкальский институт природопользования СО РАН,  
ул. Сахьяновой, д. 8, г. Улан-Удэ, Россия,  
e-mail: bair.gurzhapov@yandex.ru*

Получена новая батиметрическая карта оз. Гусиное. Определены поля распространения теплового загрязнения оз. Гусиное от сбросов Гусиноозерской ГРЭС методами теплового инфракрасного дистанционного зондирования и автоматической цифровой регистрации гидротермических датчиков. На полученных картосхемах хорошо просматривается непосредственное воздействие ГРЭС. Оценено негативное воздействие ГРЭС на химический состав воды озера.

**Ключевые слова:** озеро Гусиное, ГРЭС, тепловое воздействие, *Landsat*, химический состав вод

Озеро Гусиное – крупнейшее озеро на территории Байкальской природной территории после оз. Байкал, относится к малопроточным водоемам с замедленным водообменом. Площадь водного зеркала равна 164 км<sup>2</sup>, длина – 24 км, средняя ширина – 8 км, максимальная глубина – 26 м. Объем водной массы при средней глубине 15 м – 2,4 км<sup>3</sup>. Максимальная амплитуда колебаний уровня достигает 0,95 м, среднегодовая амплитуда – 0,37 м. Абсолютная высота уреза воды составляет 551 м. Озеро расположено в имеющей тектоническое происхождение Гусиноозерской межгорной котловине [1].

Антропогенная нагрузка на водоем значительна. Озеро является основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения более 31 тыс. населения г. Гусиноозерск, п. Гусиное Озеро, п. Бараты, ст. Муртой и ряда прибрежных баз и стационаров. Озеро является приемником очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод станции биологической очист-

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 17-05-00822.

ки г. Гусиноозерск и сточных вод без биологической очистки п. Гусиное Озеро. В многолетней динамике наблюдается увеличение объемов сброса сточных вод вследствие увеличения объемов забора водных ресурсов на выработку электроэнергии и в связи с ростом населения. Гусиноозерская ГРЭС потребляет 85,1 % от суммарного водоотбора поверхностных вод Республики Бурятия. Также на экологическое состояние озера оказывают влияние нерекультивированные терриконы вскрышных пород Холбольджинского угольного разреза, расположенные вдоль всего восточного побережья.

Пуск первого энергоблока Гусиноозерской ГРЭС был осуществлен в декабре 1976 г. С 2014 г. станция вышла на уровень мощности в 1100 МВт. За годы деятельности станция выработала более 100 млрд кВт · ч электроэнергии. В качестве топлива для ГРЭС используются бурые угли Хольбоджинского угольного разреза.

Мелководная часть озера составляет 6,3 % общей площади акватории и приходится, в основном, на северную и юго-западную части озера, где, в частности, происходит водозабор (15 м<sup>3</sup>/с) и сброс термальных вод с ГРЭС. Озеро Гусиное является естественным водоемом-охладителем с оборотной системой водообмена и включает в себя ряд гидротехнических сооружений: глубинный водозабор, открытый подводный канал, циркуляционные насосы, сифонный колодец, отводящий канал. Поступающая вода охлаждает турбогенераторы станции, конденсируя отработанный водяной пар, после чего, нагретая примерно на 10 °С, вода возвращается в водный объект. Время прохождения от забора до сброса составляет 15 мин. В 2014 г. сброс теплых нормативно чистых сточных вод после охлаждения оборудования в оз. Гусиное составил 400 млн м<sup>3</sup>.

Озеро является ценным рыбохозяйственным водоемом высшей категории, где температура воды не должна повышаться более чем на 5 °С по сравнению с естественной температурой водного объекта, с общим повышением температуры не более чем до 20 °С летом и 5 °С зимой для водных объектов, где обитают холодолюбивые рыбы [3]. Нами наблюдается превышение рекомендованных температурных требований.

Так, по данным натурных измерений сотрудников БИП СО РАН (2013, 2014 и 2016 гг.) в зимний период температура воды в сбросном канале и акватории озера имела различие на 14–16 °С, а в летний – на 11–14 °С [4]. В частности, на 10.03.2016 температура воды водозабора была +5 °С, а температура воды сброса +19 °С.

**Цель работы** – оценить влияние сбросов подогретых вод Гусиноозерской ГРЭС на температурный режим оз. Гусиное и его химический состав.

### ***Батиметрическая карта оз. Гусиное***

Для актуализации карты глубин оз. Гусиное в марте и июле 2016 г. проведена батиметрическая съемка с использованием эхолота Lowrance LMS 525CDF. Его характеристики: 500 kHz двухчастотный (двухлучевой) излучатель, глубина локации до 760 м, GPS-позиционирование. Дополнительно производится запись сопутствующей информации о температуре воды, скорости движения и пройденном расстоянии в виде лог-файлов (эхограммы). В программном комплексе ArcGIS 10.2 получена батиметрическая карта озера со следующими векторными слоями: 1) изобаты (через каждые 5 м) и профили по данным съемки Б. В. Шостаковича 1912 г. (масштаб – 3 версты в 1 дюйме) [5]; 2) изобаты (через 1 м) и профили по данным собственной съемки. На основе весенней съемки составлена карта толщины льда. Кроме того, в атрибутах слоя глубин указаны данные о температуре, основных физико-химических параметрах (растворенный кислород, загрязняющие вещества и т. д.) и рельефе дна.

### ***Подспутниковые работы по оценке распространения теплового загрязнения от сбросов ГРЭС***

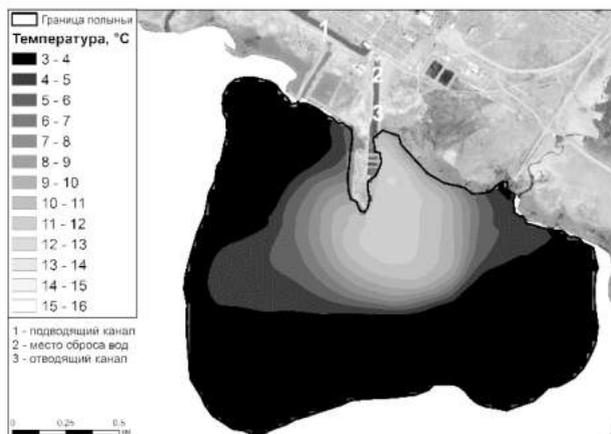
3–4 апреля 2017 г. проведена полевая экспедиция по оценке распространения теплового загрязнения от сбросов Гусиноозерской ГРЭС на оз. Гусиное. По состоянию на 04.04.2017 от сбросов теплых вод ГРЭС образовалась полынья размерами 3×3 км. Экспедиция была приурочена к пролету спутника Landsat-8 4 апреля в 11 ч местного времени.

Космические снимки в тепловом инфракрасном диапазоне постепенно находят свое применение практически во всех направлениях географических исследований. Наиболее распространенный продукт, получаемый по данным тепловых изображений, – это карты пространственного распределения температур поверхности суши и водоемов.

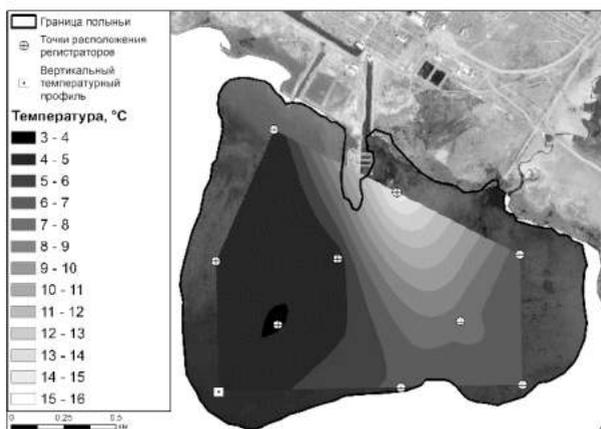
Определены поля распространения теплового воздействия оз. Гусиное от сбросов Гусиноозерской ГРЭС методами теплового инфракрасного дистанционного зондирования [2]. Задействован бесплатный открытый сервис GloVis Геологической службы США (<http://glovis.usgs.gov>). Используемое программное обеспечение: ENVI 4.8, ArcGIS 10.2. К сожалению, 4 апреля наблюдалась сплошная облачность и пришлось задействовать ближайший по времени снимок от 26.03.2017. Метод основан на линейных соотношениях между спутниковыми измерениями (радиационными температурами) в тепловом канале и температурой подстилающей поверхности. Алгоритм конвертации спутниковых данных в значения температур водной поверхности осуществляется в 2 этапа: 1) пересчет значений спектральной яркости в реальные значения приходящего излучения на сенсор; 2) пересчет значений излучения на сенсоре в значения температуры. Параметры для подстановки в формулы пересчета взяты из сопроводительного метафайла (количество приходящего излучения на сенсор, минимальное и максимальное калиброванные значения спектральной яркости и т. д.). На полученной картосхеме хорошо просматривается непосредственное воздействие ГРЭС, и температура достигает 14 °С в месте сброса подогретых вод (рис. 1).

Для валидации температурных полей, полученных в результате обработки данных спутника Landsat-8, в приповерхностном слое воды были установлены автономные регистраторы температуры (погрешность 0,56 °С). Частота измерения датчиков составляет 1 мин. Для калибровки данных измерений оценены поправочные отклонения от среднего для каждого регистратора. Для оценки горизонтального распределения температур регистраторы были установлены в 10 точках се-

верной части акватории озера. Вертикальный температурный профиль определен по данным трех регистраторов, размещенных на уровнях 0,2 и 6 м в точке озера с глубиной 7,5 м. Картограмма температуры поверхности воды получена интерполяцией значений термодатчиков (рис. 2).



*Рис. 1.* Температурные поля на основе данных TIRS/Landsat-8 от 26.03.2017



*Рис. 2.* Температурные поля на основе регистраторов, состояние на 04.04.2017

Следует констатировать, что как таковой валидации температурных полей выполнить не удалось ввиду некачественного снимка от 4 апреля (облачность 82 %), но все-таки общая закономерность в распространении тепловых полей на полученных картосхемах явно прослеживается. Отметим, что для визуализации тепловых полей на обеих картосхемах применено разделение на 13 одинаковых градаций.

### *Гидрохимические исследования*

Отбор проб воды на оз. Гусиное осуществлен в марте 2016 г. в ледовой фазе по четырем профилям, повторяющим промеры В. Б. Шостаковича [5]. На каждой станции были отобраны пробы воды с поверхности, с глубины 10 м и придонного слоя, а на глубине менее 10 м пробы отбирались только с поверхности и придонного слоя (всего отобрано 62 пробы).

Определение макрокомпонентного состава проб воды оз. Гусиное было проведено с использованием общепринятых в гидрохимии методов. Содержание катионов и анионов в воде определялось с помощью ионного хроматографа Dionex ICS 1600. Микроэлементный состав воды оз. Гусино определен с помощью современных спектральных методов, в частности, с использованием атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭ) Profile Plus производства США (Teledyne).

В пробах воды непосредственно на месте отбора проб определялись температура, минерализация, значения  $pH$ , концентрация растворенного кислорода. Минерализация по всей акватории отличается незначительно и составляет 380–400 мг/дм<sup>3</sup>, по щелочной реакции среды – воды слабощелочные, значения  $pH$  в пределах 6,6–8,3, содержание кислорода варьировало в пределах 8,7–9,9 мг/дм<sup>3</sup>, в зоне сброса термальных вод – 5,9–6,3 мг/дм<sup>3</sup>. Преобладающими ионами в макрокомпонентном составе вод являются гидрокарбонат-ион (198–214 мг/дм<sup>3</sup>), сульфат-ион (66–73 мг/дм<sup>3</sup>), ионы натрия (49–54 мг/дм<sup>3</sup>) и кальция (30–33 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание биогенных веществ (соединений азота и фосфора) также является повышенным в местах выраженной антропогенной нагрузки,

к которым относятся места сброса сточных вод ЖКХ г. Гусинозерск и р. Тель. По всей акватории озера наблюдается повышенное содержание фторид-ионов в концентрациях выше ПДК<sub>р/х</sub>.

Микроэлементный состав природных вод является важнейшим показателем степени загрязнения окружающей среды. Количественно были определены 10 элементов: Fe, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, As, Mo, Mn. Анализ микроэлементного состава воды показал, что содержание железа и марганца в целом по акватории озера не превышали значений ПДК<sub>р/х</sub> и находились в пределах 0,019–0,049 мг/дм<sup>3</sup> и 0,001–0,015 мг/дм<sup>3</sup>, соответственно. Превышение ПДК<sub>р/х</sub> в 10 раз по марганцу наблюдалось в районе сброса очистных сооружений г. Гусинозерск. Содержание цинка и меди в акватории озера составило 0,002–0,134 мг/дм<sup>3</sup> и 0,0003–0,0026 мг/дм<sup>3</sup> соответственно, в зоне влияния ГРЭС концентрация цинка достигала 13 ПДК, меди – 2,6 ПДК. По содержанию свинца превышения ПДК (до 1,6 ПДК) фиксировались в придонном слое воды в единичных случаях.

Проведенные исследования показали, что воды озера по составу являются сульфатно-гидрокарбонатными кальциево-натриевого типа. Сравнение результатов гидрохимических исследований, проведенных до строительства Гусинозерской ГРЭС и начала промышленной разработки Хольбоджинского угольного разреза в 1965 г., показало, что за 50 лет произошел рост минерализации воды с соответствующим увеличением содержания ионов в макрокомпонентном составе, в особенности сульфат-ионов и щелочных металлов. В зоне влияния ГРЭС в концентрациях выше ПДК<sub>р/х</sub> были обнаружены ионы меди, цинка, свинца и марганца. Данное повышение обусловлено не только уменьшением проточности озера, но и непосредственным влиянием Гусинозерской ГРЭС.

Применение новых подходов анализа и обработки термической информации позволило получить количественные характеристики аномальности температурных полей поверхности оз. Гусиное от сбросов подогретых вод Гусинозерской ГРЭС и выявить особенности ее пространственной изменчивости.

Оценено негативное воздействие ГРЭС на химический состав воды озера. Использование природного озера Гусиное в качестве водоема-охладителя потенциально может привести к развитию процессов эвтрофикации и водоем будет непригоден для хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного использования.

#### *Список литературы*

1. Борисенко И. М., Пронин Н. М., Шайбонов Б. Б. Экология озера Гусиное. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1994. 199 с.
2. Гуржапов Б. О., Цыдыпов Б. З., Гармаев Е. Ж. Оценка распространения теплового загрязнения оз. Гусиное от сбросов Гусиноозерской ГРЭС // Проблемы устойчивого развития региона: материалы VIII Школы-семинара молодых ученых России. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2016. С. 80–84.
3. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».
4. Чебунина Н. С., Пахахинова З. З., Бешенцев А. Н. Оценка влияния сброса теплых вод Гусиноозерской ГРЭС на динамику ледового режима озера Гусино (Западное Забайкалье) // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 116. С. 301–308.
5. Шостакович В. Б. Отчет о поездке на Гусиное озеро // Известия Русского географического общества. СПб., 1916. Вып. 6. С. 459–492.

### **Assessment of Impacts of Discharges of Gusinoozerskaya Power Plant on Thermal and Hydrochemical Regime of Lake Gusinoe**

*B. O. Gurzhapov, B. Z. Tsydypov, S. G. Andreev,  
A. A. Ayurzhanayev, B. V. Sodnomov, E. A. Batotsyrenov,  
I. A. Pavlov, V. G. Shiretorova, I. D. Ulzetueva,  
L. D. Radnaeva, E. Zh. Garmaev,  
Baikal Institute of Nature Management SB RAS,  
Ulan-Ude, Russia,  
e-mail: bair.gurzhapov@yandex.ru*

A new bathymetric map of Lake Gusinoe is obtained. Fields of distribution of thermal pollution of Lake Gusinoe from discharges of Gusinoozerskaya State District Power Plant are deter-

mined using methods of thermal infrared remote sensing and automatic digital recording of hydrothermal sensors. On the resulting maps, the direct impact of the power plant is clearly visible. The negative impact of the power plant on the chemical composition of the lake's water is estimated.

**Key words:** Lake Gusinoe, State District Power Plant, thermal effect, Landsat, chemical composition of waters

## **Зоопланктон, макрозообентос и ихтиофауна водоемов-охладителей экибастузских ГРЭС**

**В. И. Девятков, А. А. Евсеева, Г. К. Куанышбекова,**  
*Казахский НИИ рыбного хозяйства, Алтайский филиал,  
ул. Протозанова, 83, г. Усть-Каменогорск, Казахстан,  
e-mail: devyatkovvi@inbox.ru*

Исследованы зоопланктон, макрозообентос и ихтиофауна водоемов-охладителей экибастузских ГРЭС-1 и ГРЭС-2 в 2004, 2006 и 2007 гг. Установлены видовой состав, доминирующие группы и виды, численность и биомасса, дана оценка продуктивности сообществ беспозвоночных и рыб.

**Ключевые слова:** водоем-охладитель, зоопланктон, макрозообентос, ихтиофауна, биомасса, численность

Водоемы-охладители Экибастузских ГРЭС расположены недалеко от канала Иртыш-Караганда, соединены с ним и подпитываются водой из канала. Площадь водоема ГРЭС-1 составляет 2150 га, водоема ГРЭС-2 – 4350 га, максимальная глубина 7–8 м, средняя 4–5 м. Вода маломинерализованная, умеренно жесткая, относится к гидрокарбонатно-натриево-му классу. По некоторым гидрохимическим показателям наблюдалось незначительное превышение рыбохозяйственных ПДК, однако, в целом водоемы-охладители по основным показателям имели удовлетворительные условия обитания для гидробионтов.

Исследования проводились в рамках подготовки биологического обоснования на использование промысловых запасов рыб (оценка ОДУ), проведение мероприятий по текущей

рыбохозяйственной мелиорации и разработку рекомендаций по управлению рыбными ресурсами. Сбор и обработка материала проводились по общепринятым в гидробиологии и ихтиологии методам [2; 3; 5]. В весенне-летний период было отобрано 10 количественных проб зоопланктона: 1 проба на водоеме ГРЭС-1 (2004 г.) и 9 проб на водоеме ГРЭС-2 (1 проба в 2004 г., 4 – в 2006 г. и 4 – в 2007 г.), а также 6 количественных и 2 качественных пробы макрозообентоса. Было проведено 6 научно-исследовательских сетепостановок, 2 неводных лова, отобрано 3 пробы молоди рыб, проанализировано 465 экз. рыб. Пробы зоопланктона отбирали сетью Джели, количественные пробы макрозообентоса дночерпателем Петерсена. Идентификация беспозвоночных велась по известным определителям, указанным в списке литературы [4]. Биомассу отдельных групп макрозообентоса определяли путем взвешивания на торсионных весах.

В планктоне водоемов-охладителей Экибастузских ГРЭС за весь период исследований было идентифицировано 17 таксонов беспозвоночных: Rotifera – 8, Copepoda – 3, Cladocera – 6. Наибольшей частотой встречаемости отличались веслоногие рачки *Cyclops vicinus* (78 %) и *Neutrodiaptomus ingongruens* (56 %) и коловратки *Polyarthra dolichoptera* (89 %).

Пробы зоопланктона, отобранные в мае 2004 г., по таксономическому составу были бедны. В водоеме ГРЭС-1 определены *C. vicinus* и *N. ingongruens*; значение биомассы составило 974 мг/м<sup>3</sup>, численности – 71,3 тыс. экз./м<sup>3</sup> (табл. 1), что по «шкале трофности» С. П. Китаева [1] соответствовало низкому уровню продуктивности. В пробах зоопланктона водоема-охладителя ГРЭС-2 присутствовали *P. dolichoptera* и *C. vicinus*, биомасса равнялась 1247 мг/м<sup>3</sup>, что по «шкале трофности» характеризуется умеренным классом продуктивности.

В 2006 г. в составе зоопланктонного комплекса водоема-охладителя ГРЭС-2 было определено 9 таксонов: 4 вида коловраток – *P. dolichoptera*, *Keratella quadrata*, *Asplanchna priodonta* и *Lepadella* sp., 2 вида копепод – *N. incongruens* и *C. vicinus*, 3 вида кладоцер – *Daphnia galeata*, *Diaphanosoma*

*brachyurum* и *Leptodora kindtii*. Зоопланктон характеризовался средними значениями численности и биомассы: в мае – 144 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 659 мг/м<sup>3</sup> (низкий класс продуктивности), в июле – 88,6 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 1401 мг/м<sup>3</sup> (умеренный класс продуктивности). Среднее значение биомассы за 2006 г. составило 1030 мг/м<sup>3</sup>, что позволяет отнести водоем к α-мезотрофному типу с умеренным классом продуктивности [1].

В 2007 г., как и в 2006 г., зоопланктон водоема-охладителя ГРЭС-2 характеризовался средними значениями численности и биомассы. В мае – 159 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 979 мг/м<sup>3</sup> (низкий класс продуктивности), в августе – 423 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 1575 мг/м<sup>3</sup> (умеренный класс продуктивности) (см. табл. 1). В водоеме было отмечено 6 таксонов коловраток – *Lecane luna*, *P. dolichoptera*, *K. quadrata*, *Keratella cochlearis tecta*, *Brachionus* sp. и *Brachionus angularis*, 3 вида копепоид – *C. vicinus*, *Mesocyclops leuckarti*, *N. incongruens* и 5 видов кладоцер – *Bosmina longirostris*, *Bosminopsis deitersi*, *D. cucullata*, *D. brachyurum* и *Chydorus sphaericus*. В 2007 г. зоопланктон водоема-охладителя ГРЭС-2 носил копепоидный характер, по численности доля веслоногих рачков составляла весной 90 %, летом 89 %, по биомассе основной вклад вносили рачки *M. leuckarti*.

Таблица 1

Численность (Ч, тыс. экз./м<sup>3</sup>) и биомасса (Б, мг/м<sup>3</sup>) зоопланктона в водоемах-охладителях Экибастузских ГРЭС

Группа зоопланктона	ГРЭС-1 май 2004 г.		ГРЭС-2 май 2004 г.		ГРЭС-2 май 2006 г.		ГРЭС-2 июль 2006 г.		ГРЭС-2 май 2007 г.		ГРЭС-2 август 2007 г.	
	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б
Rotifera	-	-	10	10	31	37	1,0	1	22	24	76	84
Copepoda	71,3	974	173	1237	112	586	43,9	433	133	881	342	1403
Cladocera	-	-	-	-	1	36	43,7	967	4	74	5	88
Всего	71,3	974	183	1247	144	659	88,6	1401	159	979	423	1575

Таким образом, в 2004–2007 гг. количественные показатели развития планктонных беспозвоночных в водоемах-охладителях Экибастузских ГРЭС по «шкале трофности» [1] соответствовали низкому или умеренному классу продуктивности. Основу численности и биомассы составляли веслоногие рачки.

В пробах макрозообентоса, а также в кишечниках рыб, было обнаружено около 28 видов, из них 14 таксонов хирономид, 6 видов моллюсков, 2 – пиявок, по 1 виду мизид, гаммарусов, поденок и ручейников, а также олигохеты и личинки мокрецов, которые до вида не определялись. Во всех количественных пробах присутствовали малощетинковые черви. Довольно часто попадались моллюски *Euglesa sp.* (частота встречаемости 67 %) и личинки хирономид *Chironomus plumosus* (50 %) и *Procladius sp.* (50 %). В кишечниках рыб (окунь) из водоема-охладителя ГРЭС-1 были обнаружены понтокаспийские мизиды *Paramysis lacustris*, которые попали сюда, скорее всего, из Шульбинского водохранилища через р. Иртыш и канал Иртыш-Караганда.

В мае 2004 г. в бентосе водоема ГРЭС-1 наблюдались максимальные запасы донных беспозвоночных – 16,4 г/м<sup>2</sup> при плотности 1440 экз./м<sup>2</sup> (табл. 2), что соответствует повышенному классу по «шкале трофности» [1].

Таблица 2

**Численность (Ч, экз./м<sup>2</sup>) и биомасса (Б, г/м<sup>2</sup>) макрозообентоса в водоемах-охладителях Экибастузских ГРЭС**

Группа зообентоса	ГРЭС-1 май 2004 г.		ГРЭС-2 май 2004 г.		ГРЭС-2 июль 2006 г.		ГРЭС-2 август 2007 г.	
	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б
Олигохеты	920	2,40	200	0,24	460	0,56	420	0,56
Моллюски	40	0,64	120	4,32	160	0,98	120	2,52
Личинки хирономид	480	13,36	480	1,36	320	0,48	1200	5,90
Прочие б/п	-	-	-	-	40	0,08	80	0,32
Всего	1440	16,40	800	5,92	980	2,10	1820	9,30

Численно доминировали олигохеты – 920 экз./м<sup>2</sup>, по биомассе крупные личинки хирономид *C. plumosus* – 12,88 г/м<sup>2</sup>. Намного меньше были запасы макрозообентоса в водоеме-охладителе ГРЭС-2 – 800 экз./м<sup>2</sup> и 5,92 г/м<sup>2</sup>, при этом основу биомассы (73 %) составили моллюски *Lymnaea ovata* и *Euglesa* sp., а по численности преобладали мелкие личинки хирономид *Derotanypus sibiricus* – 360 экз./м<sup>2</sup>.

В конце июля 2006 г. в бентосе водоема ГРЭС-2 по численности доминировали малощетинковые черви – 460 экз./м<sup>2</sup>, мелкие личинки хирономид (6 видов) – 320 экз./м<sup>2</sup> и мелкие моллюски *Euglesa* sp. – 160 экз./м<sup>2</sup>, в связи с этим, общая биомасса донных беспозвоночных имела минимальное значение – 2,1 г/м<sup>2</sup>.

В начале августа 2007 г. в этом водоеме отмечалась максимальная плотность макрозообентоса – 1820 экз./м<sup>2</sup>. Основу численности (66 %) составляли личинки хирономид, среди которых преобладали крупные *C. plumosus*, более мелкие *Glyptotendipes gripekoveni* и совсем мелкие *Dicrotendipes* sp. Довольно многочисленными были олигохеты – 420 экз./м<sup>2</sup>. Общая биомасса составила 9,3 г/м<sup>2</sup>, лидировали личинки хирономид – 5,9 г/м<sup>2</sup> и моллюски – 2,52 г/м<sup>2</sup>; среди последних преобладали шаровки *Sphaerium* sp.

Таким образом, количество донных беспозвоночных в водоемах-охладителях Экибастузских ГРЭС изменялось в широких пределах – от 800 до 1820 экз./м<sup>2</sup> и от 2,1 до 16,4 г/м<sup>2</sup>, в зависимости от водоема и года исследований. Основу численности составляли личинки хирономид и олигохеты, по биомассе доминировали хирономиды, олигохеты и моллюски.

Ихтиофауна водоемов-охладителей была представлена ценными промысловыми видами. Непромысловые малоценные рыбы, к которым относились щиповка, пескарь, голянь, встречались единично. Редкие и исчезающие виды отсутствовали. Наибольшую численность и биомассу имели плотва, окунь и лещ, реже попадались язь, судак и щука. Карась серебряный и ёрш отмечались в уловах единично.

Плотва в 2004–2007 гг. была самым многочисленным видом. Уловы ее колебались в пределах 0,18–2,87 кг/сеть в зависимости от времени года. Размерный состав в сетных

и неводных уловах был довольно постоянным, доминировали особи с длиной тела 12–18 см, составляя 62–82 % численности. Средние метрические показатели плотвы изменялись по годам в пределах 16–17 см по длине и 94–165 г по массе. В 2004 г. преобладали рыбы в возрасте 3 лет (58 % численности), в 2006–2007 гг. доминировали 4-годовики (36–37 %). Предельный возраст плотвы составил 8 лет. Соотношение полов в популяции менялось по годам, в 2004 и 2007 гг. численно преобладали самки, в 2006 г. – самцы. Плотва, имея наибольшую численность, характеризовалась и сравнительно высокой урожайностью молоди – 0,82–0,99 экз./м<sup>3</sup>.

Лещ – акклиматизированный в водоемах Верхне-Иртышского бассейна вид. В наших уловах средняя длина тела лещей изменялась по годам в пределах 22–24 см, средняя масса в пределах 277–359 г. В 2004 г. доминировали 6-летние особи (27 % численности). В 2006 г. основу популяции составляли рыбы в возрасте 3–5 лет (58 % улова), однако довольно многочисленной была группа 8-летних особей (14 %). Возрастная структура популяции леща в 2007 г. характеризовалась доминированием рыб в возрасте 4–8 лет (68 % улова). Предельный возраст леща был зафиксирован в 2007 г. и составил 17 лет, при длине тела 45 см и массе 1315 г. Соотношение полов указывало на доминирование самцов над самками – 1,3:1. Урожайность молоди по результатам мальковой съемки 2006 г. составила 0,11 экз./м<sup>3</sup>, в 2007 г. она равнялась 0,42 экз./м<sup>3</sup>. Паразитологические исследования лещей выявили высокий процент особей, зараженных личинками ленточных червей диграмм. Так, в водоеме-охладителе ГРЭС-2 в неводных уловах до 45–50 % рыб были больны диграммозом, в сетных уловах этот показатель был намного ниже – 3–6 %.

Окунь является факультативным аборигенным хищником, относится к категории многочисленных видов рыб. В контрольных сетепостановках составлял 4–70 % численности. Средние метрические показатели окуня изменялись по годам в пределах 18–21 см по длине тела и 135–282 г по массе. Популяция была представлена 12 возрастными группами, среди которых во все годы преобладали 4–5-летние особи (18–79 %).

Половая структура стада характеризовалась доминированием самок, в 2007 г. в соотношении 3,2:1,0. Урожайность молоди в 2007 г. была одной из самых высоких – 1,35 экз./м<sup>3</sup>.

Судак – ценный промысловый акклиматизант. Уловы его колебались в пределах 0,13–1,07 кг/сеть. Средняя длина тела составила 32 см, средняя масса 488 г. Судак был представлен 6 возрастными группами, более многочисленными были 3–4-летки (около 74 % численности). Предельный возраст был зафиксирован в 2007 г., равнялся 7 годам, при длине тела 63 см и массе 3330 г. Половая структура популяции судака характеризовалась доминированием самок, в 2007 г. соотношение самцов и самок составило 1:1,9.

Язь является представителем аборигенной ихтиофауны, присутствовал в водоеме-охладителе ГРЭС–2, численность его была невысокой. Уловы язя варьировали от 0,09 до 1,5 кг/сеть. В исследовательских уловах был представлен 2 возрастными группами – 4- и 5-летними особями. Средняя длина тела язей равнялась 20,5 см, средняя масса 173 г. В 2004 г. наблюдалось значительное доминирование самок над самцами, в соотношении 5:1.

Щука – ценный аборигенный хищник. В научно-исследовательских уловах встречалась редко, 1–2 % от числа всех рыб. В 2007 г. основу уловов составляли рыбы размером 26–40 см. Предельный возраст щуки по результатам исследований 2007 г. был равен 6 годам, при длине тела 57,5 см и массе 2005 г. Урожайность молоди варьировала от 0,004 до 0,04 экз./м<sup>3</sup>.

Проведенные ихтиологические исследования показали сравнительно низкое видовое разнообразие промысловой ихтиофауны в водоемах-охладителях, низкий уровень рыбопродуктивности и относительно стабильные биологические показатели популяций рыб. Были рассчитаны общие допустимые уловы рыбы (лимиты), которые колебались по годам в пределах 12,7–14,0 т. В связи с высокой степенью зарастаемости водоемов рекомендован выкос жесткой и мягкой водной растительности. Рекомендовано подготовить тоневые участки для неводного рыболовства, определить и обозначить санитарные зоны, где промысел запрещен.

### *Список литературы*

1. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск, 2007. 395 с.
2. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах. Зообентос и его продукция. Л., 1984. 51 с.
3. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах. Зоопланктон и его продукция. Л., 1984. 33 с.
4. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 2. СПб., 1995. 628 с.; Т. 3. СПб., 1997. 648 с.; Т. 4. СПб., 2000. 97 с.; Т. 5. СПб., 2001. 836 с.; Т. 6. СПб., 2004. 528 с.
5. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть., 1966. 376 с.

## **Zooplankton, Macrozoobenthos and Ichthyofauna in the Cooling Ponds of Ekibastuz Thermal Power Plants**

*V. I. Devyatkov, A. A. Evseeva, G. K. Kuanyshbekova,  
Altai Branch of Kazakh Institute of Fish Research,  
Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,  
e-mail: devyatkovvi@inbox.ru*

Zooplankton, macrozoobenthos and ichthyofauna of cooling ponds of Ekibastuz TPP-1 and TPP-2 are investigated in 2004, 2006 and 2007. Species composition, dominant groups and species, abundance and biomass, productivity of communities of aquatic invertebrates and fish are determined.

**Key words:** cooling pond, zooplankton, macrozoobenthos, ichthyofauna, biomass, abundance

## Распределения сообществ мезопланктона Азербайджанской акватории Южного Каспия после вселения *Mnemiopsis leidyi*

**А. Г. Джалилов,**

Национальная академия наук Азербайджана,  
Проезд 1128, квартал 504, г. Баку, Азербайджанская Республика,  
e-mail: anvarj@mail.ru

Каспийское море выделяется уникальностями своей фауны среды континентальных водоемов. В современных экологических условиях наибольшей влиянии на биоразнообразии фауны Каспия оказывает биотические факторы. Поэтому изучения влияния трофической системе Каспия видов инвазированных последних лет очень актуален. Для изучения влияния этих видов на пелагических системах 2011–2015 гг. проводились комплексные исследования в Азербайджанском секторе Каспийского моря по сезонам.

**Ключевые слова:** мезопланктон, *Mnemiopsis leidyi*, Copepoda, биомасса, вид

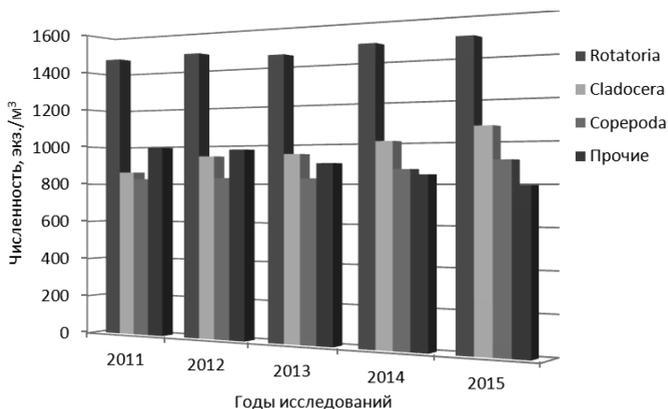
В последние годы наибольшего влияния на биоразнообразии фауны Каспия оказывало вселение гребневика *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz. Для изучения влияния гребневика на мезопланктонное сообщества в 2001–2015 гг. проводились комплексные исследования в Азербайджанском секторе Каспия. В этом районе Каспия наблюдалась возрастание численности и кардинальное изменение размерной структуры популяции *M. leidyi*. Суммарная численность гребневиков изменялась от 920 до 6450 экз./м<sup>3</sup>. В планктоне появлялись взрослые гребневика размером до 40 мм. Основу популяции составляла молодь размерным составом 10–15 мм, численность которых достигала до 3450 экз./м<sup>3</sup> [2]. В последние годы *M. leidyi* съедает большое количества мезопланктона и, тем самым, наносит огромный ущерб кормовой базе планктоядных рыб [3]. Вертикальное и горизонтальное распределение гребневика тесно связано с распределением полей температуры, солености и зоопланктона независимо от сезона [5]. На основании анализа спутниковых данных о распределении температуры по-

верхности моря, хлорофилла и взвеси, отражающих перенос водных масс мезомасштабными динамическими образованиями, определены механизмы возможного расселения гребневиков Южного – в Средний и Северный Каспий [1].

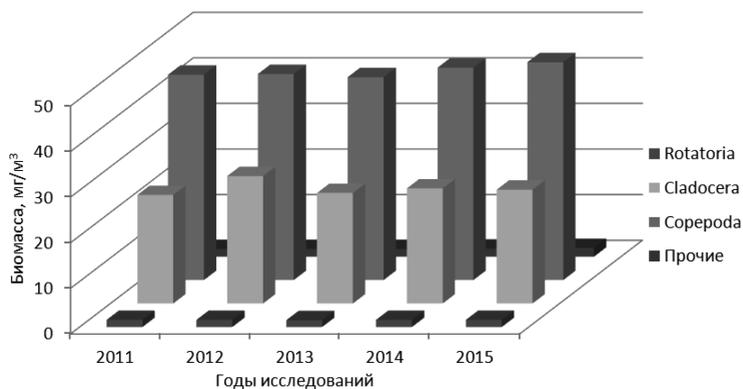
Съемка мезопланктона проводилась в 2011–2015 гг. в Азербайджанской акватории Южного Каспия по сезонам. Мезопланктонные пробы собраны сеткой Джели, изготовленная из сита № 38, и обработаны общепринятыми в гидробиологии методами [4]. Подготовлен список видов, встреченных в исследуемой части моря. Уточнено пространственное, распределение, плотность и биомасса этих видов. Параллельно проводились гидрологические исследования, измерялись прозрачность воды и вертикальные изменения температуры.

Весной 2011 г. в мезопланктоне Азербайджанской акватории Южного Каспия обнаружено 28 видов и личинки других беспозвоночных из трех групп. Численность мезопланктона составила 5241 экз./м<sup>3</sup>, а биомасса – 68,64 мг/м<sup>3</sup>. По числу видов преобладали ветвистоусые – 18 видов. Коловратки представлены 8, а веслоногие 4 видами. Доля из общей численности мезопланктона составляла: Rotatoria – 42,61 %, Cladocera – 16,70 %, Copepoda – 15,15 % (рис. 1). Весной отмечена высокая доля коловраток. По биомассе доминировали веслоногие рачки. Доля групп в общей биомассе мезопланктона следующая: Rotatoria – 3,45 %, Cladocera – 36,36 %, Copepoda – 56,88 % (рис. 2). Из личинок других беспозвоночных животных преобладали личинки гребневика. Летом в мезопланктоне доминировали из коловраток – *Asplanchna priodonta priodonta* Gosse, *Keratella cochlearis* (Gosse), *K. tropica* (Apstein), из ветвистоусых – *Pleopis polyphemoides* Leuckart; из веслоногих – *Acartia clausi* Giesbrecht. Летом в видовом составе зоопланктона изменения не отмечено. Доля коловраток от общей численности мезопланктона составила 30,25 %, ветвистоусых – 21,88 %, веслоногих – 22,87 %. Доля в общей биомассе составляла: коловраток – 1,64 %, ветвистоусых – 30,69 %, веслоногих – 64,91 %. В меропланктоне доминировали личинки мнемипсиса, численность которых составила 976 экз./м<sup>3</sup>. Осенью в видовом составе мезопланктона обнаружено 27 видов. В это

время коловратки *Synchaeta neapolitana* Rousselet, *Polyarthra vulgaris* Carlin, *Testudinella patina patina* (Hermann) и личинки других беспозвоночных в мезопланктоне отсутствовали.



**Рис. 1.** Численность мезопланктона в Азербайджанской акватории Южного Каспия в 2011–2015 гг.



**Рис. 2.** Биомасса мезопланктона в Азербайджанской акватории Южного Каспия в 2011–2015 гг.

2012 г. в мезопланктоне встречены 31 вид и личинки трех других групп беспозвоночных животных. Видовой со-

став претерпел некоторые изменения по сравнению с 2011 г. У коловраток количество видов увеличилось за счет *Synchaeta cecilia* Rousselet. Среди коловраток по численности и биомассе доминировала *A. priodonta*. У кладоцер видовой состав и количественные показатели не претерпели существенные изменений. Веслоногий рачок *A. clausi* по численности и биомассе доминировал во всем мезопланктоне. Биомасса мезопланктона составляла: весной 70,36 мг/м<sup>3</sup>, летом – 107,94 мг/м<sup>3</sup>, осенью – 50,84 мг/м<sup>3</sup>. Доля ветвистоусых ракообразных в общей биомассе мезопланктона составила: весной – 36,21 %, летом – 37 %, осенью – 36,31 %, веслоногих – весной – 57,12 %, летом – 59,01 %, осенью – 36,31 %. Среди личинок других беспозвоночных животных по численности доминировал личинки *Mnemiopsis*. Учет всех групп и организмов мезопланктона, которых мы здесь рассматриваем, позволяет судить о ведущей роли веслоногих ракообразных.

В 2013 г. на Азербайджанском секторе Каспийском море отмечен 31 вид мезопланктона, личинки других беспозвоночных животных из трех групп. Коловратки представлены 9 видами, кладоцеры – 18, веслоногие – 4. В 2013 г. численность мезопланктона изменялась в пределах 2000 – 5295 экз./м<sup>3</sup>, а биомасса 47,18–99,84 мг/м<sup>3</sup>. По биомассе преобладала *A. clausi*. Максимальная биомасса мезопланктона отмечалась летом, а минимальная – осенью. Весной в мезопланктоне выявлен 31 вид, а также личинки *Mnemiopsis*, *Balanus* и Mollusca. Доля коловраток в общей численности мезопланктонного сообщества составляла 42,19 %, а биомасса – 3,32 %, доля ветвистоусых соответственно 17,75 % и 35,48 %, доля веслоногих рачков – 15,68 % и 57,76 %. Летом мезопланктонная фауна включала 34 таксона, из которых 9 – коловратки, 18 – ветвистоусых, 4 – веслоногих, а также личинки других беспозвоночных. Наиболее обильными были по численности коловратки, а по биомассе – веслоногие. Осенью обнаружено 27 видов мезопланктона из трех групп: *Rotatoria* (5 видов), *Cladocera* (18 видов), *Copepoda* (4 видов). Во всех группах отмечалась тенденция к уменьшению численности и биомассы.

В 2014 г. идентифицировано 51 таксон мезопланктона, принадлежащих к би группам организмов. Среди них 31 ви-

дового ранга. В составе фауны преобладали коловратки (27 %) и ракообразные (65 %). Доля личинок других беспозвоночных составила 8 %. Весной и летом обнаружено 31 вид, принадлежащих к 3 группам, и личинки других беспозвоночных животных, а осенью – 27 видов. Осенью сокращается разнообразие в группах *Rotatoria* и прочие, среди коловраток не отмечались *S. cecilia*, *S. neapolitana*, *P. vulgaris* и *T. patina*, а из прочих – личинки *Balanus* и *Mollusca*. Видовой состав ракообразных осенью оставался без изменений. Среди коловраток по численности и биомассе доминировали *A. priodonta*. Доля ветвистоусых рачков в общей биомассе мезопланктона составляла весной – 25,5 мг/м<sup>3</sup> (35 %), летом – 32,61 мг/м<sup>3</sup> (32 %), осенью – 17,64 мг/м<sup>3</sup> (36 %). Среди ветвистоусых ракообразных доминировал *P. polyphemoides*. Весной численность веслоногих составляла 888 экз./м<sup>3</sup> (16 %), а биомасса 42,40 мг/м<sup>3</sup> (58 %). Летом плотность веслоногих немного увеличилась и достигла 1209 экз./м<sup>3</sup> (23 %) и 66,09 мг/м<sup>3</sup> (64 %). Осенью количество веслоногих снизилось до 521 экз./м<sup>3</sup> (25 %) и – 31,28 мг/м<sup>3</sup> (63 %). Весной 49 % всей биомассы мезопланктона составляла *Acartia*. Она же доминировала летом (55 %) и осенью (54 %). Как и прошлые годы, веслоногие рачки были представлены преимущественно *Acartia* с незначительной примесью *Heteroscope caspia* Sars и *Halicyclops sarsi* Akatova. Численность мезопланктона изменялась в пределах 2054–5410 экз./м<sup>3</sup>, а биомасса 49,57–103,10 мг/м<sup>3</sup>. Максимальное развитие мезопланктона отмечено летом, а минимальное – осенью.

В 2015 г. в видовом составе мезопланктона обнаружен 31 вид и личинки других беспозвоночных из трех групп. Группа *Rotatoria* весной была представлена 9 видами, *Cladocera* – 18, *Copepoda* – 4. Весной и летом отмечены личинки других беспозвоночных из трех групп. Доля коловраток весной в общей численности мезопланктонного сообщества составляла 41 %, ветвиструсых – 19 %, веслоногих – 17 %. Летом в видовом составе сообщества изменения не отмечались. Доля показателей биомассы следующие: коловратки – 1,64 %, ветвистоусые 31,63 %, – %, веслоногие – 64,02 %. Осенью в ме-

зопланктоне зарегистрировано 5 видов коловраток, 18 – ветвистоусых и 4 – веслоногих ракообразных. Личинки других беспозвоночных отсутствовали. В осенний период доля коловраток в общей биомассе мезопланктона составляла 1,25 %, ветвистоусых – 35 %, веслоногих – 63,74 %. Общая численность мезопланктона изменялась в пределах 1950–5559 экз./м<sup>3</sup>, биомасса 50,50 мг/м<sup>3</sup>.

В последние годы, в результате вселение мнемииопсиса, в пелагической трофической системе Каспийского моря произошли необратимые изменения. Произошло обеднение биоразнообразия и снижение количества мезопланктона. По богатству видов ветвистоусые (18 видов) доминировали над коловратками (9 видов) и веслоногими (4 вида). В мезопланктоне доминировал веслоногий рачок *Acartia clausi*. Обеднение видового состава и снижение количества мезопланктона привело к развитию мелкоклеточного фитопланктона. Установлено, что вселение *Mnemiopsis leidyi* в Каспийском море вызвало изменение структурных и функциональных показателей мезопланктонного сообщества. Это связано с увеличением пресса хищного питания мнемииопсиса на мезопланктон Каспийского моря. Сравнивая результаты исследований мезопланктонных сообществ последних лет (2011–2015 гг.) с данными в период 2005–2010 гг., можно отметить, что с 2011–2015 гг. в Азербайджанском секторе Каспийского моря наблюдается увеличение кормовой биомассы мезопланктона. Это происходит в основном за счет развития веслоногого рачка *Acartia clausi*, а также за счет кладоцер (виды рода *Evadne* и *Pleopis polyphemoides*).

#### Список литературы

1. Востоков С. В. Летнее состояние популяции гребневика *Mnemiopsis leidyi* и его связь с условиями среды обитания // Океанология. 2004. Т. 44. № 1. С. 101–109.
2. Джалилов А. Г. Численность и размерный состав популяции гребневика *Mnemiopsis leidyi* Азербайджанского сектора Каспийского моря: материалы междунар. науч.-практ. конф. «Морская экология 2007» (МОРЭК–2007). Владивосток: МГУ им. адм. Г. И. Неведьского, 2007. Т. I. С. 186–190.

3. Касымов А. Г. Экология планктона Каспийского моря. Баку: Адилоглы, 2004. 543 с.

4. Методы мониторинга в Каспийском море / под ред. А. Г. Касымова. Баку, 2000. 57 с.

5. Сокольский А. Ф., Камакин А. М. Распределение гребневика *Mnemiopsis* sp в Каспийском море в 2001 г. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: результаты НИР за 2001 г. / Касп. НИИ рыб. хоз-ва. Астрахань, 2002. С. 100–106.

## **The Distribution of Communities of the Azerbaijani Mesoplankton the Waters of the Southern Caspian Sea After the Invasion, *Mnemiopsis leidyi***

**A. G. Jalilov,**

*The National Academy of Sciences of Azerbaijan,  
Baku, Republic of Azerbaijan,  
e-mail: anvarj@mail.ru*

The Caspian Sea is highlighted by the uniqueness of its fauna environment continental waters. In the current environmental conditions of greatest influence on biodiversity of the Caspian fauna has biotic factors. Therefore, the study of the influence of the trophic system of the Caspian sea species infested in recent years is very relevant. To study the effects of these species on pelagic systems, 2011–2015 conducted a comprehensive study in the Azerbaijani sector of the Caspian Sea with the seasons.

**Key words:** mesoplankton, *Mnemiopsis leidyi*, Copepoda, biomass, species

## **Паразиты ротана *Perccottus glenii* озера Гусиное**

**Ж. Н. Дугаров,**

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,  
ул. Сахьяновой, 6, г. Улан-Удэ, Россия,  
e-mail: zhar-dug@biol.bsnet.ru*

Фауна паразитов ротана оз. Гусиное представлена 16 видами из 6 классов, в том числе 3 специфичными. Специфичная цестода *Nippotaenia togurndae* – доминантный вид среди паразитов ротана. В конце 20-го века ротан проник в бассейн Верхнего Амура и начал в нем стремительно расселяться.

**Ключевые слова:** ротан *Perccottus glenii*, *Nippotaenia togurndae*, оз. Гусиное, ареал

Биологическими инвазиями принято называть процессы, связанные с появлением и воздействиями на сообщества и экосистемы чужеродных видов. В широком смысле под биологической инвазией понимается проникновение живых организмов за пределы их обычного распространения. Выделяются две группы биологических инвазий: 1) произошедшие в силу естественных причин, и 2) вызванные прямо или косвенно деятельностью человека [1].

Расселение ротана *Perccottus glenii* в водоемах и водотоках Евразии – один из ярких примеров экспансии вида за пределы его природного ареала. Первые сведения о появлении ротана в бассейне оз. Байкал появились в конце 1970-х годов. Водоемы-доноры ротана в Байкальском регионе – пруды Хабаровского рыбхоза (Хабаровский край). Время завоза ротана на Байкальскую природную территорию – 1969 год; водоем-реципиент – оз. Гусиное. Ротан в данное время в Байкальском регионе населяет дельту р. Селенга, Посольский, Истоминский (Черкалов) соры, залив Провал и Селенгинское мелководье оз. Байкал, ряд прибрежных озер Прибайкалья, бассейны низовьев р. Селенга и р. Уды (притока р. Селенги), к северу от дельты р. Селенга отмечен в устьях рек Кика и Турка, придаточных водоемах р. Баргузин, Верхнеангарском соре и р. Верхняя Ангара. К югу от дельты р. Селенга ротан встречается в устьях рек Переемная и Мишиха. На западном побережье оз. Байкал (Иркутская область) ротан расселился от устья реки Бугульдейка до истока Ангары и Иркутского водохранилища [6, 7]. Ротан успешно натурализовался в Байкальском регионе. Его вселение дает возможность в природных условиях проследить, за изменениями фауны паразитов как самого ротана в новом участке ареала, так и аборигенных видов рыб после появления этого чужеродного вида.

**Цель работы** – анализ фауны паразитов ротана в оз. Гусиное, из которого этот вселенец начал расселяться в регионе, и краткое описание современного ареала ротана.

Отлов ротана в оз. Гусиное проводился закидным неводом и рыболовными ловушками (вершой, раколовкой, корчагой)

в июне 2003 г. в южной части озера; в январе, мае, июле и октябре 2013–2014 гг. на двух участках: 1) северном, в районе сброса теплых вод Гусиноозерской ГРЭС; 2) южном. Проведено полное паразитологическое исследование 20 особей ротана в 2003 г.; 30 особей ротана из северного участка и 14 особей из южного участка оз. Гусиное в 2013–2014 гг.

По собственным и литературным данным [8, 11], фауна паразитов ротана оз. Гусиное представлена 16 видами из 6 классов (табл. 1), в том числе 3 специфичными, завезенными вместе с хозяином: *Myxidium rimskykorsakowi*, *Gyrodactylus perccotti*, *Nippotaenia mogurndae*.

Таблица 1

**Фауна паразитов ротана оз. Гусиное  
(экстенсивность инвазии, %)**

Паразит	1980 г. (по: [8])	1988 г. (по: [8])	2003 г. (оригинал)	2013–2014 гг. (оригинал)	
	Южное побережье	Южное побережье	Южное побережье	Северное побережье, район сброса теплых вод	Южное побережье
Мухоспореа					
<i>Myxidium rimskykorsakowi</i>	7,7				
<i>Myxidium rhodei</i>	7,7				
Peritricha					
<i>Trichodinella epizootica</i>				6,7	
<i>Trichodina</i> sp.	30,7	4,2	10,0		
Monogenea					
<i>Gyrodactylus perccotti</i>			20,0		
Cestoda					
<i>Nippotaenia mogurndae</i>	100	95,8	90,0	13,3	50,0

Паразит	1980 г. (по: [8])	1988 г. (по: [8])	2003 г. (оригинал)	2013–2014 гг. (оригинал)	
	Южное побережье	Южное побережье	Южное побережье	Северное побережье, район сброса теплых вод	Южное побережье
<i>Proteocephalus torulosus</i>				3,3	
<i>Proteocephalus percae</i>					7,1
<i>Triaenophorus nodulosus</i>	7,7				
Trematoda					
<i>Diplostomum rutili</i>		4,2	90,0	3,3	57,1
<i>D. spathaceum</i>	30,7				
<i>D. chromatophorum</i>		91,7			
<i>D. pungiti</i>		4,2			
<i>D. helveticum</i>					35,7
<i>Ichthyocotylurus variegatus</i>		4,2		3,3	7,1
Nematoda					
<i>Raphidascaris acus</i>	30,7			6,7	7,1
<b>Число исследованных рыб</b>	13	24	20	30	14

Специфичная цестода *Nippotaenia mogurndae* – доминантный вид среди паразитов ротана. Цикл развития *N. mogurndae* в новых условиях обитания (в дельте р. Селенга) осуществляется через планктонных ракообразных *Neutroiaartomus incongruens*, *Eucyclops serrulatus*, *Mesocyclops leuckarti* и *Thermocyclops crassus* [11]. При акклиматизации

животных в первую очередь наблюдается потеря паразитов со сложным жизненным циклом [5]. Сохранение у ротана *N. mogurndae* при экспансии в Байкальском регионе, во-первых, подтверждает завоз ротана при акклиматизационных работах; во-вторых, делает предположение о выпуске его аквариумистами крайне маловероятным, поскольку сохранение в аквариуме паразита со сложным жизненным циклом практически невозможно [8]. В 2013–2014 годах уровень зараженности ротана *N. mogurndae* в южной части оз. Гусиное значительно выше, чем в северной его части, на участке сброса теплых вод Гусиноозерской ГРЭС (критерий Манна-Уитни;  $p < 0,05$ ). Возможно, это связано с неблагоприятным воздействием подогретых сбросных вод Гусиноозерской ГРЭС на планктонных ракообразных, промежуточных хозяев *N. mogurndae*, на участке сброса этих вод в озере [3, 14].

Ареал ротана состоит из двух частей: нативной и приобретенной. Особенностью его ареала является преобладание приобретенной его части над нативной. Нативный ареал ротана расположен на Дальнем Востоке Российской Федерации, в Китае и Северной Корее. Приобретенная часть ареала включает Центральную и Восточную Европу и северную часть Азии от Урала до бассейна Верхнего Амура. За пределами своего нативного ареала, в приобретенной его части, этот вид обнаружен в 15 странах Европы и Азии: на большей части территории России, в Литве, Латвии, Эстонии, Белоруссии, Молдавии, Украине, на севере Казахстана, Монголии, Польше, Словакии, Венгрии, Сербии, Болгарии, Румынии [10]. Приобретенная часть ареала ротана продолжает расширяться в западном направлении: этот чужеродный вид отмечен в Хорватии [15] и Германии [16]. Способы распространения ротана разнообразные: непреднамеренное вселение, то есть завоз вместе с акклиматизируемыми видами рыб (сазаном, толстолобиком, белым амуром и др.); преднамеренное вселение, в частности перемещение рыболовами-любителями и аквариумистами; перенос икры ротана водоплавающими птицами, к телу которых она может прилеиваться; саморасселение [9].

Приобретенный ареал ротана продолжает расширяться не только в западном направлении, но и в восточном. Нативный ареал ротана включает в себя средний и нижний участки бассейна р. Амур. В водоёмах Верхнеамурского бассейна он не отмечался до конца 20 века. В конце 1990-х годов ротан впервые регистрируется в бассейне р. Аргунь, в последующие годы он начал стремительно расселяться и достиг бассейна р. Шилка [4]. Таким образом, восточнее байкальского инвазийного участка ареала образовался новый, который можно назвать верхнеамурским инвазийным участком ареала ротана. Верхнеамурский участок наиболее близко расположен от нативного ареала ротана, от его нижнеамурского участка.

Ротан отмечен в единственном крупном бассейне на территории России, где он ранее не обнаруживался, бассейне р. Лена. Он найден в небольшом озере в пойме р. Куанда, притоке Витима [2].

В фауне паразитов ротана в островной части нативного ареала (оз. Сладкое, северо-западный Сахалин) насчитывается 24 вида и форм паразитов, в континентальной части нативного ареала в целом насчитывается 56 видов и форм паразитов [12]. В бассейне Верхнего Амура, относящемся к приобретенной части ареала ротана, зарегистрировано 18 видов и форм паразитов [13], что сопоставимо с видовым богатством фауны паразитов этого хозяина в оз. Гусиное (16 видов), в байкальском участке приобретенной части ареала. При этом видовое богатство паразитофауны ротана и в оз. Гусиное, и в бассейне Верхнего Амура меньше, чем в оз. Сладкое (Сахалин) островной части нативного ареала хозяина (24 вида). Предполагается, что в бассейны рек Аргунь, Шилка и оз. Далайнор ротан проник из ниже лежащих участков бассейна Амура (нативной части ареала хозяина); в бассейн р. Ингода – из бассейна оз. Байкал [13]. В связи этим представляется логичной гипотеза о возможности соединения трех участков ареала ротана (байкальского инвазийного участка, верхнеамурского инвазийного участка приобретенной части ареала и нижнеамурского участка нативной части ареала) в один.

Итак, в фауне паразитов ротана в оз. Гусиное насчитывается 16 видов из 6 классов. Видовое богатство паразитофауны ротана в оз. Гусиное меньше, чем в одном из озер нативной части ареала хозяина. В процессе интродукции в оз. Гусиное у ротана сохранились три специфических вида паразитов.

#### Список литературы

1. Алимов А. Ф., Богуцкая Н. Г., Орлова М. И. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 436 с.
2. Андреев Р. С., Матвеев А. Н., Самусенок В. П. Первая находка ротана-головешки (*Percottus glenii* Dybowski, 1877) в бассейне верхнего течения реки Лены // Изв. ИГУ. Серия «Биология. Экология». 2011. Т. 4. № 4. С. 143–145.
3. Гительман С. С. Зоопланктон // Экология озера Гусиное. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН 1994. С. 77–86.
4. Горлачева Е. П., Горлачев В. П. Новые находки ротана-головешки *Percottus glenii* (Odontobutidae) в водоёмах Забайкальского края // Вопросы ихтиологии. 2015. Т. 55. № 2. С. 233–235.
5. Догель В. А. Общая паразитология. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1962. 464 с.
6. Пронин Н. М., Болонев Е. М. О современном ареале вселенца ротана *Percottus glenii* (Perciformes: Odontobutidae) в Байкальском регионе и проникновении его в экосистему открытого Байкала // Вопросы ихтиологии. 2006. Т. 46. № 4. С. 564–566.
7. Пронин Н. М., Болонев Е. М., Дугаров Ж. Н. Распространение амурского вселенца ротана-головешки в водоемах Северной Евразии и ситуация с экспансией его в экосистему озера Байкал // Использование и охрана природных ресурсов России. 2005. № 2. С. 80–85.
8. Пронин Н. М., Селгеби Д. Х., Литвинов А. Г. Сравнительная экология и паразитофауна экзотических вселенцев в Великие озера мира: ротана-головешки (*Percottus glehni*) в оз. Байкал и ерша (*Gymnocephalus cernuus*) в оз. Верхнее // Сибирский экологический журнал. 1998. Т. 5. С. 397–406.
9. Решетников А. Н. Влияние интродуцированной рыбы ротана *Percottus glenii* (Odontobutidae, Pisces) на земноводных в малых водоемах Подмосковья // Журнал общей биологии. 2001. Т. 62. № 4. С. 352–361.
10. Решетников А. Н. Современный ареал ротана *Percottus glenii* Dybowski, 1877 (Odontobutidae, Pisces) в Евразии // Российский журнал биологических инвазий. 2009. № 1. С. 22–35.
11. Русинек О. Т. Паразиты рыб озера Байкал (фауна, сообщества, зоогеография, история формирования). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 571 с.

12. Соколов С. Г., Фролов Е. В. Разнообразие паразитов ротана (*Perccottus glenii*, Osteichthyes, Odontobutidae) в границах нативного ареала // Зоологический журнал. 2012. Т. 91. № 1. С. 17–29.
13. Соколов С. Г., Протасова Е. Н., Лебедева Д. И., Горлачева Е. П., Горлачев В. П. Паразиты ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Actinopterygii: Odontobutidae) в водоемах верхней части Амурского бассейна // Паразитология. 2016. Вып. 1. С. 69–81.
14. Шевелева Н. Г., Зайцева Е. П. Зоопланктон озера Гусиное в зоне влияния Гусиноозерской ГРЭС // Вода: химия и экология. 2015. № 5. С. 41–46.
15. Čaleta M., Jelić D., Buj I., Zanella D., Marčić Z., Mustafić P., Mrakovčić M. First record of the alien invasive species rotan (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) in Croatia // J. Appl. Ichthyol. 2010. V. 27. № 1. P. 146–147.
16. Nehring S., Steinhof J. First records of the invasive Amur sleeper, *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 in German freshwaters: a need for realization of effective management measures to stop the invasion // BioInvasions Records. 2015. V. 4. № 3. P. 223–232.

## Parasites of Rotan *Perccottus Glenii* in Lake Gusinoe

**Z. N. Dugarov,**

*Institute of General and Experimental Biology SB RAS,*

*Ulan-Ude, Russia,*

*e-mail: zhar-dug@biol.bsnet.ru*

There are 16 species of parasites fauna from 6 classes in rotan *Perccottus glenii* from the lake Gusinoe, including 3 specific ones. Specific cestode *Nippotaenia mogurndae* is a dominant species among rotan parasites. At the end of the 20th century, the rotan penetrated the Upper Amur basin and began to rapidly move into it.

**Key words:** rotan *Perccottus glenii*, *Nippotaenia mogurndae*, lake Gusinoe, area

**Зараженность щуки *Esox lucius*  
озера Гусиное (бассейн оз. Байкал)  
плероцеркоидами лентеца широкого**

**Ж. Н. Дугаров, О. Б. Жепхолова, Л. В. Толочко,**  
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,  
ул. Сахьяновой, 6, г. Улан-Удэ, Россия,  
e-mail: zhar-dug@biol.bscnet.ru

*Diphyllobothrium latum* в оз. Гусиное впервые отмечен в 1964 г. у 2 шук из 43 исследованных. В 1972–1974 гг. отмечено увеличение уровня зараженности щуки лентецом широким в оз. Гусиное, в 2013–2014 гг. – уменьшение. В целом, эпидемиологическая ситуация по дифиллоботриозу, вызываемому лентецом широким, на оз. Гусиное на протяжении 1960–2010-х гг. остается напряженной.

**Ключевые слова:** щука, *Diphyllobothrium latum*, лентец широкий, дифиллоботриоз, озеро Гусиное

Лентец широкий *Diphyllobothrium latum* – паразит человека и млекопитающих. Ареал лентеца широкого охватывает обширные территории Евразии, Северной и Южной Америки. *D. latum* распространен в большинстве регионов России. Исследования по зараженности рыб плероцеркоидами *D. latum* в водоемах Забайкалья проведены в 1960–1970 гг. [2; 3; 4; 7] и возобновлены лишь недавно [5].

**Цель работы** – анализ современной ситуации по зараженности щуки оз. Гусиное плероцеркоидами *D. latum*.

В 2013–2014 гг. проведено исследование зараженности плероцеркоидами *D. latum* щуки (*Esox lucius*) (32 экз.) и окуня (*Perca fluviatilis*) (134 экз.) из оз. Гусиное, расположенного в Селенгинском районе Республики Бурятия. Оз. Гусиное находится на втором месте (после Байкала) по площади и объему водной массы среди водоемов российской части бассейна оз. Байкал. Оно является наибольшим в Забайкалье. Площадь акватории оз. Гусиное 164 квадратных км; длина 24,8 км; объем водной массы 2,4 км<sup>3</sup>; наибольшая глубина 25 м, средняя – 15 м [1]. Озеро Гусиное подвержено значительному антропогенному прессу. Оно является водоёмом-охладите-

лем сбросных вод Гусиноозерской ГРЭС, по берегам озера расположены город Гусиноозерск, поселок Бараты, село Гусиное Озеро, вблизи от водоема проходит железная дорога. Р. Селенга протекает по территории России и Монголии. На российской территории русло Селенги пролегает через семь административных районов Республики Бурятия, включая Селенгинский район, и город Улан-Удэ. В Селенгинском районе р. Селенга протекает в нескольких десятках км восточнее оз. Гусиное.

В 2013–2014 гг. плероцеркоиды *D. latum* в оз. Гусиное отмечены только у щуки, у окуня лентец широкий не обнаружен [5]. Лентец широкий в оз. Гусиное впервые отмечен в 1964 г. у 2 щук из 43 исследованных [3]. В 1972 г. уровень зараженности щуки *D. latum* в оз. Гусиное незначительно увеличился. Максимальный уровень зараженности щуки лентецом широким зарегистрирован в 1973–1974 гг. [8]. Показатели инвазии щуки *D. latum* в оз. Гусиное в 2013–2014 гг. уменьшились в 3 раза по сравнению с максимумом 1973–1974 гг. (табл.). Анализ распределения плероцеркоидов *D. latum* в органах щуки из оз. Гусиное показал, что чаще всего они локализуются в жировой ткани (40,9 %) и гонадах (икре) (13,8 %), отмечаются также в стенке плавательного пузыря (9,1 %), печени (9,1 %), перитониальном эпителии (9,1 %), мышцах (4,5 %), стенке желудка (4,5 %), стенке кишечника (4,5 %), селезенке (4,5 %) [9].

У рыб оз. Байкал плероцеркоиды лентеца широкого не отмечены [12]. Впервые плероцеркоиды *D. latum* в озерах Забайкалья были обнаружены у щуки в оз. Арахлей Ивано-Арахлейской озерной группы (Забайкальский край) [7]. В Забайкальском крае, помимо оз. Арахлей, яйца *D. latum* обнаружены в 2010-х годах в воде водоемов и водотоков, сточных водах и их осадке города Читы [6]. Плероцеркоиды лентеца широкого зарегистрированы у щуки и окуня в оз. Большое Еравнинское Еравно-Харгинской озерной группы (Еравнинский район Республики Бурятия) [2]. Помимо оз. Гусиное, Еравно-Харгинских и Ивано-Арахлейских озер, лентец широкий отмечен в оз. Малое Капылюши (старое название Ка-

пылючикан) и оз. Большое Капылюши (старое название Орон) Ципа-Ципиканской группы в 1970 г. у трех видов рыб (щуки, налима и ерша) [4].

Таблица

**Зараженность плероцеркоидами *Diphyllobothrium latum* щуки в оз. Гусиное**

Год исследования	Экстенсивность инвазии, %	Индекс обилия, экз.	Лимиты интенсивности инвазии, экз.	Локализация	Количество исследованных рыб, экз.	Источник
1964–1971	3,3	-	1–2	серозная оболочка кишечника, мускулатура	94	[3]
1972	6,2	0,06	1–5	жировая ткань и другие внутренние органы	16	[8]
1973	33,3	0,40			15	
1974	33,3	0,43			28	
2013–2014	9,4	0,16	1–3	жировая ткань	32	[5]

Примечание: индекс обилия не приводится.

Из трех видов лентецов, отмеченных в Забайкалье, эпидемиологическое значение имеют два из них, *D. latum* и *D. dendriticum*. Развитие *D. ditremum* у человека при случайном заражении идет по абортивному типу, цестода паразитирует кратковременно (до 6 суток) и, не достигая половозрелого состояния, покидает неспецифичного хозяина. У лососевидных рыб оз. Байкал отмечены плероцеркоиды *D. dendriticum* и *D. ditremum*, у рыбадных птиц – взрослые черви этих видов. *D. dendriticum* имеет наибольшее эпидемиологическое значение на оз. Байкал, в Байкальском природном очаге дифиллоботриоза. Человек и домашние плотоядные животные (собака и кошка) могут также являться дефинитивными хозяевами этого лентеца [11].

В Селенгинском районе Республики Бурятия, на территории которого находится оз. Гусиное, ежегодно выявляется значительное количество людей, инвазированных лентецом широким: за 12 лет (2000–2011 гг.) минимальное число зарегистрированных заболевших за год составляло 150 человек, максимальное – 450 человек. Доля заболевших дифиллоботриозом человек в Селенгинском районе является самой высокой в Республике Бурятия, составляя в отдельные годы (2000–2011 гг.) свыше трети от всех зарегистрированных [10]. В Селенгинском районе Республики Бурятия возможны два источника заражения человека дифиллоботриозом: 1) *D. latum*, плероцеркоиды которого отмечены у щуки в оз. Гусиное, и 2) *D. dendriticum*, один из доминантных видов паразитов байкальского омуля. Самое многочисленное нерестовое стадо байкальского омуля ежегодно осенью заходит из оз. Байкал в р. Селенга и доходит по ней до Монголии и далее. Экстенсивность инвазии *D. dendriticum* нерестового стада селенгинской популяции байкальского омуля в 1973–2011 гг. составляла 62,3–100,0 %; индекс обилия – 4,06–9,79 экз. [10]. В оз. Гусиное циркуляция *D. dendriticum* невозможна ввиду отсутствия в водоеме нативных лососевидных рыб – вторых промежуточных хозяев лентеца чаечного. На оз. Гусиное формируются микроочаги дифиллоботриоза, вызываемого лентецом широким. Употребление недостаточно просоленного и недостаточно термически обработанного мяса и икры щуки способствует заражению населения дифиллоботриозом [9].

Дифференциальная диагностика возбудителей дифиллоботриоза, *D. latum* и *D. dendriticum*, не достижима при копроовоскопии, поэтому не представляется возможным корректно установить, какая доля заболевших в Селенгинском районе заразилась *D. latum*, а какая – *D. dendriticum*. *D. latum* формирует антропогенный очаг дифиллоботриоза на оз. Гусиное. Плероцеркоиды *D. dendriticum* в Селенгинский район привносятся извне, из оз. Байкал, при ежегодном осеннем нересте байкальского омуля в р. Селенга.

Итак, выявленный в 1960-х гг. на оз. Гусиное антропогенный очаг дифиллоботриоза, вызываемого лентецом широким, продолжает функционировать в настоящее время.

### Список литературы

1. Борисенко И. М., Пронин Н. М., Шойбонов Б. Б. Экология озера Гусиное. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 1994. 199 с.
2. Вознесенская Н. Г. Паразитофауна рыб некоторых озер Еравно-Харгинской системы // Тр. Бурятской научно-произв. вет. лаборатории. Улан-Удэ, 1968. Вып. II. С. 151–155.
3. Вознесенская Н. Г. Гельминты рыб Гусино-Убукунской системы водоемов и их эпизоотическое значение: материалы 1-й Респ. науч.-произв. вет. конф. по профилактике и лечению заразных болезней животных в Бурятской АССР. Улан-Удэ, 1974. С. 106–112.
4. Вознесенская Н. Г. Гельминтофауна рыб озер Орон и Капыльничан Ципо-Ципиканской озерной системы // Болезни и паразиты рыб Ледовитоморской провинции (в пределах СССР). Свердловск: Средне-Уральское книжн. изд-во, 1976. С. 43–49.
5. Дугаров Ж.Н., Жепхолова О.Б., Толочко Л.В. Распространение *Diphyllobothrium latum* в популяциях щуки в озерах Забайкалья // Российский паразитологический журнал. 2016. Т. 35, вып. 1. С. 41–48.
6. Клеусова Н. А., Полетаева Т. Г. Видовое разнообразие, морфологическая и морфометрическая характеристика яиц гельминтов на урбанизированной территории Восточного Забайкалья // Вестник БГУ. 2013. Вып. 4: Биология, география. С. 167–170.
7. Пронин Н. М., Цыкунова Э. М. Материалы к познанию паразитофауны рыб Ивано-Арахлейских озер // Уч. зап. Читинского гос. пед. ин-та. Чита, 1963. С. 157–164.
8. Пронин Н. М., Шигаев С. Ш. Паразитофауна щуки озера Гусиное // Фауна, морфология и экология паразитов позвоночных животных Забайкалья. Улан-Удэ, 1977. С. 56–67.
9. Пронин Н. М., Пронина С. В., Шагдуров Б. Х. Гусиноозерский очаг дифиллоботриоза антропогенного типа в Бурятии // Паразиты животных и вредители растений Прибайкалья и Забайкалья. Улан-Удэ, 1979. С. 113–117.
10. Пронин Н. М., Пронина С. В., Амагзаева Г. С. Динамика зараженности селенгинской популяции омуля *Coregonus migratorius* (Coregonidae) плероцеркоидами *Diphyllobothrium dendriticum* и заболеваемости дифиллоботриозом населения Республики Бурятия // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2012. № 5. Ч. 1. С. 296–299.
11. Пронина С. В., Пронин Н. М. Байкальский природный очаг дифиллоботриоза (структура, эпизоотология и эпидемиология). Улан-Удэ: Изд-во Бурятского гос. ун-та, 2010. 44 с.
12. Русинек О. Т. Паразиты рыб озера Байкал (фауна, сообщества, зоогеография, история формирования). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 571 с.

## **The Infection of Northern Pike *Esox lucius* with *Diphyllobothrium Latum* Plerocercoids in Lake Gusinoe (Lake Baikal Basin)**

**Z. N. Dugarov, O. B. Zhepkholova, L. V. Tolochko,**  
*Institute of General and Experimental Biology SB RAS,*  
*Ulan-Ude, Russia,*  
*e-mail: zhar-dug@biol.bscnet.ru*

*Diphyllobothrium latum* was first recorded in 1964 in the lake Gusinoe (in 2 pikes of the 43 examined). In 1972–1974 there was an increase of the infection level of the pike with a broad tapeworm in the lake Gusinoe, in 2013–2014 – a reduction. In general, the epidemiological situation of diphyllobothriasis, caused by the broad tapeworm, remains tense in the lake Gusinoe during the 1960–2010.

**Key words:** pike *Esox lucius*, *Diphyllobothrium latum*, broad tapeworm, diphyllobothriasis, lake Gusinoe

## **Популяционная структура и сравнительная биологическая характеристика серебряного карася *Carassius gibelio* (bloch, 1782), интродуцированного в оз. Хух-нуур**

**А. Дулмаа, Ч. Аюушсүрэн,**  
*Институт общей и экспериментальной  
биологии АН Монголии,*  
*ул. Жукова, 53, г. Улаанбаатар, Монголия*

**М. Ц. Итигилова,**  
*Институт природных ресурсов,  
экологии и криологии СО РАН,*  
*ул. Недорезова, 16а, г. Чита, Россия*

В статье даны результаты по вселению серебряного карася *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) из бассейна р. Улдза-Гол по озерам Юго-Восточной Монголии. Подробно рассматриваются новые материалы полевых исследований 2011 г. Основное внимание уделено размерным, весовым и возрастным характеристикам серебряного карася в озере Хух.

**Ключевые слова:** оз. Хух, серебряный карась *Carassius gibelio* (Bloch, 1782), размерные, весовые, возрастные характеристики

Озеро Хух было безрыбным. В гидрологическом и гидробиологическом отношении озеро удовлетворяло потребностям карповых рыб. В 1968 году было дано биологическое обоснование по зарыблению этого озера. Летом 1968 года был запущен в это озеро несколько десятков сеголеток серебряного карася, амурского сазана и амурского сома из бассейна реки Улз-гол. Карась прижился хорошо, сформировалось промысловое стадо. До настоящего времени карась водоёмов Монголии относится к малоизученным видам. Научные публикации по нему очень немногочисленны.

К бассейну р. Амура на территории Монголии относятся реки восточной части страны, стекающие с восточных склонов Хэнтийских хребтов. По площади своих водосборов реки данного бассейна охватывают примерно 13,9 % территории Монголии. К нему относятся реки Керулен, Онон, Улз, берущие начало в горах Хэнтэя, и река Халхин-гол, истоки которой находятся в горах Большого Хянгана. Наиболее крупным водоемом на территории северо-восточной степной Монголии является озера Буйр, Хух в бассейнах рек Керулен и Улз. Распространение серебряного карася в пределах северо-восточной Монголии был отмечен в оз. Хух, Дороо, Их-Далай, Буйр (рис. 1.) и в других малых озерах бассейна реки Онон, а также в реках Халхин-гол, Керулен.



*Рис. 1.* Точки исследований озер северо-восточной Монголии (2011 г.)

**Озеро Хух** расположено на высоте 560 м н.у.м. имеет несколько вытянутую форму с сильно изрезанной береговой линией. Площадь озера – 51.6 км<sup>2</sup>, длина – 10.3 км, наибольшая

ширина – 8 км. Общая длина береговой линии озера составляет 36 км. наибольшая глубина достигает 14 м, средняя – 3 м [5]. Дно озера илистое, местами встречаются песчано-каменистые грунты с растительностью. Оз. Хух было безрыбным. В конце 1968 г. было зарыблено карасем, сазан и амурским сомом. С начала 1970-х гг. рыбаки из Чойбалсанского мясокомбината начали эксплуатировать озеро совместно с рыбаками из КНР до 30–50 т рыбы в год и до сих пор продолжают рыбачить. У серебряного карася отмечено существование двух экологических форм, различающихся по темпу роста, быстрорастущей и тугорослой. Тугорослый карась обитает на одном месте, не выходит на зиму в русла крупных рек и образуется при неблагоприятных условиях его обитания [5]. В оз. Хух обитает тугорослая форма карася. В 1993 г. Институтом природных ресурсов экологии и криологии СО РАН было проведено обследование оз. Хух, Дороо. В 2008 году были обследованы озера Хух, Их-Далай, Бага-Далай, Дэлгэр, Цагаан и ряд других. Однако, материалы по рыбам были получены только для оз. Их-Далай [2].

**Оз. Буйр** крупное пресноводное озеро на востоке Монголии. Лежит в плоской степной западине на высоте 583 м. Площадь озера 610 км<sup>2</sup>, глубина до 15 м, средняя – 6,5 м. Длина составляет 40 км и до 20 км в ширину. Объём воды в озере – 3,8 км<sup>3</sup> [12]. Берега слаборасчленённые, плоские. Дно песчаное и илистое, местами каменистое. Впадающая река – один из двух рукавов Халхын-гол. Вытекает р Оршун, впадающая в оз Далай, на территории КНР. Богато разнообразием рыб, обитает 33 вида, основными промысловыми рыбами являются 20 видов, из которых наиболее важным относятся амурский сазан, амурская щука, монгольский краснопер, уклей, амурский сом, конь губарь, амурский чебак, серебряный карась [3; 4; 6; 9; 14; 15].

**Оз. Дороо** находится в пойме р. Улз. Площадь водной поверхности 6,2 км<sup>2</sup>, глубина 1,5 м. В нем водится серебряный карась.

**Оз. Их-Далай** мелководный, с глубиной 2,8–3,0 м, расположено на высоте 720 м, в пойме р. Дуч, которая впадает в

р. Улз. В данном озере 1993 г. в сети попадались караси. По данным В. П. Горлачева и др. [2] ихтиофауна исследованных озер является карасевым.

Сбор ихтиологического материала на оз. Хух был проведен в 2011 г. Методами работы являлись полевые маршрутные исследования, ихтиологические контрольные ловы, биометрические измерения, использование литературных данных и обработка ведомственных материалов. Контрольные ловы производились ставными сетями длиной 20–100 м, с ячейей 20 мм (попала одна рыба), 30 (...10), 45 (...57), 50 мм (попались 35 экз.) на участках водоёмов, различающихся скоростью и направлением течения, глубиной (1.5–2.5 м), прибрежной и водной растительностью, донными грунтами и другими экологическими факторами. Выставления сетей составляла 10, 12 и 24 ч. Размеры исследованных рыб колебались от 170 мм до 315 мм, масса от 80 г до 600 г. Дополнительно для определения качественного состава фауны и флоры производилось взятие проб зоопланктона [7], бентоса [8] и водной растительности [1]. Проводился биологический анализ 103 экземпляров карася серебряного. В ходе работы определялись: размерно-весовые характеристики: общая длина тела (AB), промысловая длина тела (от начала рыла до конца чешуйчатого покрова) AD, общая масса тела; пол, состав питания. Для определения возраста рыб была взята чешуя и оперкулум [13].

**Результаты исследований.** Было исследовано 103 экз. серебряного карася, из которых половозрелыми были 95 особей, принадлежащих к 7 возрастным группам (от 2 до 8 лет). Большую часть уловов (92 %) составляют рыбы в возрасте 4+ – 8+ лет с промысловой длиной тела 200–320 мм и массой 240–600 г (рис. 2).

В 2011 г. основную группу составляли четырёх-пятилетки (4+, 5+) – 30 % и 22 % соответственно (табл. 1). Из-за ограничений размеров сетей, лов младших возрастных групп рыб был представлен трёхлетками (2+), для сравнения возраста определялся у половозрелых особей. Старшие возрастные группы (6+, 7+, 8+) были представлены самками. Анализ воз-

растного состава улов карася, проведенных во всех озерах, показывает, что в уловах попадают рыбы в возрасте 2+ – 8 лет. В оз. Буйр попадалась особи 9, 14 летного возраста.

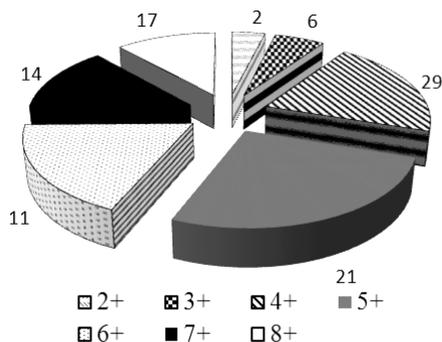


Рис. 2. Возраст серебряного карася (%) оз. Хух

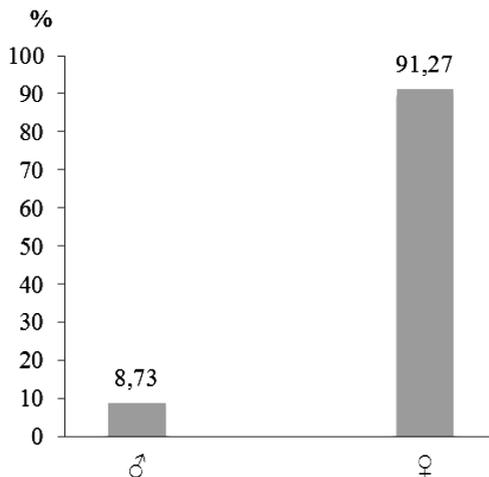
Таблица 1

Возраст и половой состав серебряного карася оз. Хух

Возраст	♀		♂		♀♂	
	N	%	N	%	N	%
2+	3	2.91	-	-	3	2.91
3+	5	4.85	1	0.97	6	5.82
4+	27	26.1	3	2.91	30	29.1
5+	21	20.3	1	0.97	22	21.3
6+	9	8.73	2	1.94	11	10.6
7+	12	11.6	2	1.94	14	13.5
8+	17	16.5	-	-	17	16.3
Итого	94	90.9	9	8.73	103	100

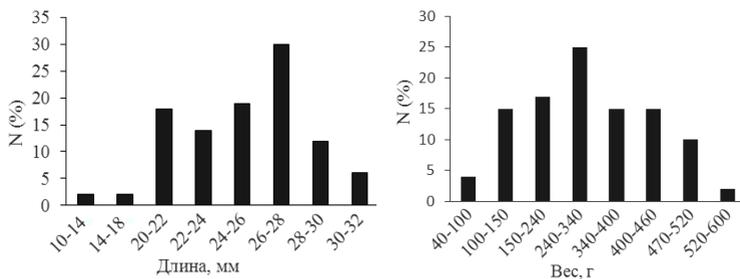
В популяциях серебряного карася из водоемов Амурского бассейна доля самцов в среднем составляет около 2,3–20,0 % [10]. Как и в обследованных автором карасей из рек бассейна Амура, в популяции преобладали самки (4,2♀ : 1♂). В пользу выше сказанного говорят и литературные данные с 1968, 1987, 1993 гг. на оз. Хух наблюдалось соотношение полов карася,

близкое к 4:1. В 2011 г. бессамцовые популяции серебряного карася нами не обнаружены, доля самцов составляет около 8,73 % (рис. 3).



**Рис. 3.** Соотношение самок и самцов (%) оз. Хух в 2011 г.

Основную, наиболее многочисленную группу представляют рыбы весом от 240 до 340 г, исключение составляют данные 2011 г., что обусловлено размером ячеи сетей не менее 45 мм (рис. 4).



**Рис. 4.** Длина и вес серебряного карася оз. Хух

Средние величины колеблются от 176 мм (оз. Их-Далай, 1993) до 230 мм (оз. Хух, 1968, 2011 и оз. Дороо, 1999), максимальные размеры добываемых карасей 320–330 мм (оз. Хух, 1987, 1997 и оз. Буйр, 1997) (табл. 2).

Таблица 2

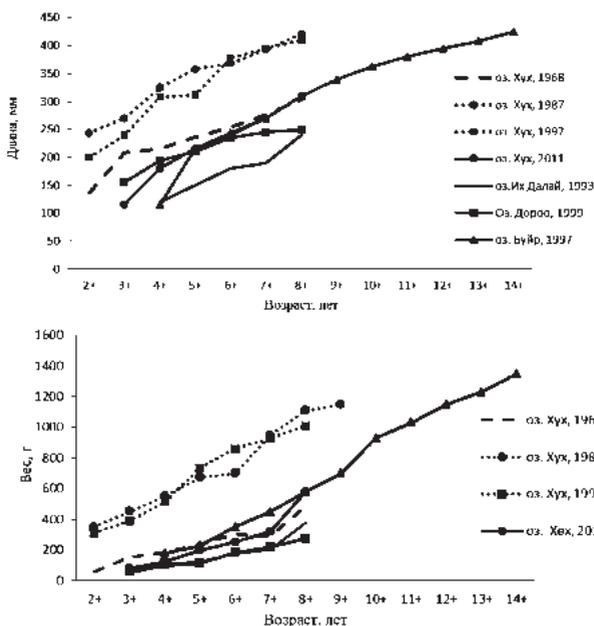
**Возрастной состав, рост серебряного карася  
в северо-восточных водоемах Монголии**

<i>Водоемы, сроки</i>	<i>Возраст, лет</i>							<i>Средние величины</i>
	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	
Оз. Хух, 1968	<u>137</u> 60	<u>208</u> 155	<u>215</u> 182	<u>236</u> 237	<u>254</u> 300	<u>277</u> 292	<u>303</u> 486	<u>230</u> 245
Оз. Хух, 1987	<u>244</u> 351	<u>270</u> 451	<u>325</u> 551	<u>358</u> 675	<u>368</u> 700	<u>393</u> 948	<u>420</u> 1110	<u>330</u> 740
Оз. Хух, 1997	<u>200</u> 310	<u>240</u> 390	<u>308</u> 510	<u>312</u> 735	<u>377</u> 860	<u>395</u> 930	<u>410</u> 1007	<u>320</u> 680
Оз. Хух, 2011	-	<u>115</u> 80	<u>180</u> 125	<u>216</u> 200	<u>240</u> 250	<u>270</u> 320	<u>310</u> 580	<u>220</u> 260
Оз. Дороо, 1999	-	<u>155</u> 55	<u>195</u> 100	<u>210</u> 115	<u>235</u> 185	<u>245</u> 220	<u>250</u> 275	<u>215</u> 160
Оз. Их Далай, 1993	-	-	<u>120</u> 110	<u>150</u> 120	<u>180</u> 180	<u>190</u> 200	<u>240</u> 380	<u>176</u> <u>200</u>
Оз. Буйр, 1997	-	-	<u>115</u> 180	<u>216</u> 230	<u>244</u> 350	<u>270</u> 450	<u>310</u> 580	<u>315</u> 740

*Примечание:* в числителе – длина, мм, в знаменателе – масса, г.

Таким образом, сравнение данных за предыдущие годы показывает, что произошедшие изменения в размерном составе карася в озерах северо-восточной Монголии невелики и проявляется, главным образом, в сокращении в уловах количества наиболее старых особей. Исключительно быстрым ростом обладали караси из оз. Хух, в первые годы после интродукции, встречались крупные особи относительно в большом количестве. Разница в размерах карася из различных озер видно из рис. 5. Наиболее сходны средние показатели карася оз. Хух с показателями серебряного карася оз. Буйр и Их-Далай. В 2011 году на различных участках средний размер про-

мысловой длины тела рыб составлял от 115 до 310 мм, средний вес от 80 до 580 г. Размеры самцов и самок карася близки, самцы немного мельче самок.



**Рис. 5.** Сравнение весового роста серебряного карася из различных озер

Весовые показатели 2+ – 8+ летних особей серебряного карася оз. Хух в различные годы близки к данным серебряного карася оз. Буйр. Под влиянием увеличившейся интенсивности промысла и из-за основных причин снижения уровня воды в озерах наблюдается некоторые уменьшение средних размеров карася. В маловодные годы карась скопляется глубже, там же встречается большое количество животных, питающихся карасем,

Средневесовые показатели карася оз. Хух выше показателям карася озер Дорго и Их-Далай бассейна р. Улз, составляющим в разные годы для оз. Хух средний вес от 60 до 1150 г, для оз. Буйр 180–1350 г.

Таблица 3

**Размерно-весовые показатели разновозрастных особей  
серебряного карася оз. Хух в 2011 г.**

№	Длина, мм		Вес, г	Возраст	Пол	№	Длина, мм		Вес, г	Возраст	Пол
	AB	AD					AB	AD			
1	288	265	460	6+	Самки	23	325	305	520	8+	-»-
2	288	273	480	5+	-»-	24	300	282	460	8+	Самец
3	270	253	340	4+	-»-	25	305	290	440	8+	Самки
4	271	256	400	4+	-»-	26	282	268	420	8+	-»-
5	268	252	340	5+	-»-	27	265	250	340	7+	-»-
6	272	255	380	6+	-»-	28	170	157	80	2+	-»-
7	260	240	320	5+	-»-	29	215	205	160	4+	-»-
8	290	271	480	7+	-»-	30	297	280	480	8+	-»-
9	285	277	460	6+	-»-	31	270	257	360	5+	-»-
10	282	270	360	6+	-»-	32	292	278	400	7+	-»-
11	285	272	340	6+	-»-	33	258	250	340	6+	Самец
12	295	280	420	7+	-»-	34	257	242	340	7+	Самец
13	242	230	220	5+	-»-	34	270	255	360	7+	Самки
14	222	215	200	4+	-»-	36	230	215	200	4+	-»-
15	217	206	180	4+	-»-	37	252	235	240	5+	-»-
16	260	242	300	5+	-»-	38	250	230	280	6+	-»-
17	218	202	160	4+	-»-	39	210	197	160	4+	-»-
18	220	208	160	3+	-»-	40	232	207	220	5+	-»-
19	210	190	140	3+	-»-	41	230	216	180	5+	-»-
20	210	200	140	3+	-»-	42	203	192	140	4+	-»-
21	248	235	280	5+	-»-	43	104	135	40	2+	-»-
22	312	280	600	8+	-»-						

Возраст достижения половозрелости у серебряного карася в большой степени зависит от условий его обитания. В оз. Буйр карась становится в массе половозрелым в возрасте 3+ [11]. По нашим данным, в пойменных озерах севе-

ро-восточной Монголии (озера Хух, Дороо, Их-Далай) возраст достижения половой зрелости самок, обитающей здесь туго-рослой формы несколько растянут, одни особи становятся половозрелыми в возрасте 3+ – 4+, а другие достигают зрелости лишь на 6–7-м году жизни (табл. 4).

Таблица 4

**Плодовитость разновозрастных самок  
серебряного карася оз. Хух в 1987 г.**

Возраст	Длина, мм	Масса, г	Вес яичника, г	Число икринок в 1 г	Плодовитость		Кэфф. зрелости, %
					Абсолютная	Относительная	
5+	255	518	48,3	847	41511	82,7	9,57
6+	285	675	40,0	730	29200	43,25	5,93
6+	256	450	40,0	832	33350	74,0	8,6
6+	331	1533	171,7	816,7	136687	88,8	11,1
7+	278	690	42,0	616,0	26290	43,5	6,65

Абсолютная плодовитость колеблется от 26,3 до 136,7 тыс. икринок, относительная от 43,3 до 88,8 икринок, коэффициент зрелости колеблется в пределах 5,93–11,1 %. Плодовитость карася оз. Хух мало отличалась от плодовитости карася оз. Буйр. Абсолютная индивидуальная плодовитость серебряного карася из оз. Буйр, по данным Цэнд-Аюуш [11], колеблется от 32,0 до 135,3 ( в среднем 78,6) тыс икринок.

Основу пищи молоди карася оз. Хух составляют колдовратки и мельчайшие личинки хирономид. В рационе взрослого карася занимают бентосные беспозвоночные, в частности, личинки Chironomidae. В питании карася, кроме этого, в большой степени входят детрит, водоросли и высшая растительность.

**Выводы.** На основании исследований, проводимых с 1968 г., можно заключить, что в водоёмах Восточной Монголии среди промысловых карповых наиболее распространён и многочислен карась серебряный (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)). Он относится к основными фоновым видам данной

экосистемы, приходящим в водоёмы на нерест и нагул. Результаты анализа количественных показателей и биометрических данных показывают о стабильности популяции карася. На это указывает размерно-возрастной состав популяции на протяжении длительного периода, преобладание среди половозрелых особей рыб в возрасте 4+, 5+ лет. Численность серебряного карася в оз. Хух и других водоёмах может меняться, подчиняясь циклической многолетней динамике в зависимости от гидрорежима водоёмов и пищевой конкуренции с иными видами рыб.

#### *Список литературы*

1. Базарова Б. Б. Сообщества водных растений некоторых приграничных озёр Монголии // Природоохранное сотрудничество в трансграничных экологических регионах: Россия-Китай-Монголия. Чита: Экспресс-изд-во, 2010. Вып. 1. С. 29–31.
2. Горлачев В. П., Михеев И. Е., Горлачева Е. П. Ихтиофауна озёр Хух-Нур и Дуро-Нур Монгольской Народной Республики // Ученые записки. РГО Забайкал. фил. Чита, 1994. Вып. 128: География и экология Забайкалья. С. 105–109.
3. Дашдорж А. К познанию водоемов и гидрофауны Восточной и Северной Монголии (бассейн Амура и Селенги на территории МНР): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск, 1953. 23 с.
4. Дулмаа А. Сезонная динамика планктона озера Боир // Вестник АН МНР. 1967. № 1. С. 13–30 (на монг. яз.).
5. Дулмаа А., Нансалмаа Б., Цогт Ө. К познанию планктона Восточной Монголии // Труды Института биологии АНМ. 1968. № 2. С. 93–112.
6. Дулмаа А. Рыбное население бассейна реки Онон, Керулен, Улз, Халхин-гол. Их охрана и использование // Биологическое обоснование. Улаанбаатар, 1988. 24 с.
7. Итигилова М. Ц., Дулмаа А., Афонина Е. Ю. Динамика зоопланктона озера Хух-нуур северо-восточной Монголии в разные фазы климатических изменений // Социально-экономические и экологические проблемы и перспективы международного сотрудничества России-Китай-Монголия. Чита: Поиск, 2012. С. 182–186.
8. Итигилова М. Ц., Дулмаа А., Афонина Е. Ю. Зоопланктон озёр долины рек Ульдза и Керулен северо-востока Монголии // Биология внутренних вод. 2014. № 3. С. 54–63.
9. Лимнология и Палеолимнология // Труды Совместной Российско-Монгольской Комплексной биологической экспедиции. Т. LX. М., 2014. 392 с.

10. Никольский Г. В. Рыбы бассейна Амура. М., 1956. 551 с.
11. Цэнд-Аюуш Я. К биологии карася, сазана на оз. Буйр // Труды Института биологии АН МНР. № 3. С. 117–126.
12. Цэрэнсодном Ж. Монгол орны нуурын каталог. Улаанбаатар, 2000. 141 с.
13. Чугунова Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб М.: Изд-во АН СССР, 1958. 164 с.
14. Экология и хозяйственное значение рыб МНР. М.: Наука, 1985. 200 с.
15. Milan Peňaz and Ayuriin Dulmaa. Morphology, Population Structure, Reproduction and Growth in Mongolian Populations of *Carassius auratus gibelio* (Pisces: Cyprinidae), Folia Zoologica. 1987. V. 36. P. 161–173.

**Population Structure and Comparative Biological  
Characteristics of the Silver Crucian Carp  
*Carassius Gibelio* (Bloch, 1782) Introduced  
in Lake Huh-Nuur**

***A. Dulmaa, Ch. Ayushsuren,***

*Institute of General and Experimental Biology,  
Ulaanbaatar, Mongolia*

***M.C. Itigilova,***

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS  
Nedorezova, 16a, Chita, Russia*

In the paper it is considered the results of research of the Silver crucian carp population (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)) in the lake Khokh flood plain, which is in the territory of the South-Eastern Mongolia. The lake lacked any fish stock prior to 1968, when young-of-the year of wild carps and crucian carps, both brought from rivers of the Uldza were released in it. The crucian carp survived well, and a strong population suitable for commercial exploitation formed, but the wild carp and Amur catfish disappeared completely. The main attention is paid to the size, weight and age characteristics of the Silver crucian population. The obtained data, which is new to this area, is given during 2011.

***Key words:*** *Carassius gibeilio*

**Изменения состава и состояния  
рыбного населения водоемов Амурского бассейна  
Монголии под влиянием климатических  
и антропогенных факторов**

***А. Дулмаа,***

*Институт общей и экспериментальной биологии,  
ул. Жукова, 53, г. Улаанбаатар, Монголия*

***М. Ц. Итигилова,***

*Институт природных ресурсов, экологии  
и криологии СО РАН,  
ул. Недорезова, 16а, г. Чита, Россия*

***Ю. В. Слынько,***

*Институт биологии внутренних вод  
им. И. Д. Папанина РАН,  
п. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия*

Исследовано воздействие геоклиматических (тектонический подъем, глобальное потепление, аридизация) и антропогенных (распашка пойменных земель, промышленные и бытовые стоки крупных городов, добыча и переработка рудных ископаемых, нерегулируемый вылов) факторов на видовой состав и состояние популяций рыб водоемов бассейна р. Амур на территории Монголии. Показано, что за последние 15 лет резко усилились процессы изменения рыбных сообществ, прежде всего в результате роста эвтрофикации, минерализации и потепления вод в реках, а также сильных флуктуаций уровня режима и высыхания пойменных водоемов. Значительно сократилась численность ценных видов лососевых – тайменя, ленка, хариуса. Существенно нарушены условия их воспроизводства и сократилась площадь нерестилищ. Возросла численность мелкоразмерных фитофильных карповых рыб (елец, плотва, карась), для ряда видов отмечено расширение ареалов (востробрюшка, головешка ротан). Предлагается комплекс мер по охране, мониторингу и воспроизводству отдельных видов и рыбных сообществ в целом.

***Ключевые слова:*** ихтиофауна, Амурский бассейн, климатические и антропогенные факторы

Результаты обследования речных водоемов бассейна р. Амур на территории Монголии (реки Онон, Керулен, Халхин-гол, Барх-гол, Хэрээ-гол, оз. Буйр) показало, что в амурском бассейне Монголии наблюдаются весьма существенные изменения при сравнении с данными первой половины 20 века [1; 2], 1960–1980 гг. [4] и 2000-ми. [3]. В настоящее время в них доминируют по численности реофильные и оксифильные виды карповых и лососеобразных. Наряду с взрослыми особями в уловах широко представлена молодь данных видов. Наиболее богаты по видовому составу р. Барх и верхний из обследованных участков р. Онон. Второй обследованный участок р. Онон расположен непосредственно ниже сомона Биндер и характеризуется мощным и быстрым течением, как в основном русле, так и в полноводных рукавах и обилием неорганической взвеси. Здесь отмечено выпадение из состава ихтиофауны прежде всего тех видов, для которых данные гидродинамические или гидрохимические условия являются малопригодными – минога, озерный гольян, амурский вьюн, амурская широколобка.

Наиболее бедной по видовому составу ихтиофауны оказался обследованный участок р. Керулен. На момент исследований этот участок характеризовался маловодностью, замедленным течением, сужением и пересыханием рукавов, значимо более высокой биогенной нагрузкой в результате выпаса скота. Из лососеобразных был обнаружен только амурский хариус, из карповых – только гольяны (Лаговского, обыкновенный и озерный), из вьюновых – голец и шиповка. Полностью отсутствовали в уловах представители миноговых и керчаковых. Несомненно, такое обеднение ихтиофауны является прямым следствием условий, сложившихся на момент проведения обследования.

На среднем участке р. Барх и участке р. Онон в районе сомона Бат-Ширээт был проведен сравнительный анализ состава ихтиофауны в основном русле и в прилегающих слепых, или имеющих слабое соединение с основным руслом протоках. В основном русле Барх-гол доминировали ленок, таймень, хариус, сиг-хадары, амурский чебак, на мелководьях

и в хорошо проточных рукавах обильно были представлены гольян обыкновенный, голец, шиповка, минога, молодь ленка, тайменя, амурского чебака. В замкнутых или слабопроточных пойменных водоемах, характеризующихся заиленностью и бурным развитием полупогруженной и погруженной высшей водной растительностью, в уловах в основном присутствовали гольян Лаговского, озерный и обыкновенный гольяны, вьюн, шиповка, горчак, в незначительных количествах встречались минога, голец, молодь чебака и ленка.

На основном русле Онона были представлены взрослые и молодь ленка, тайменя, хариуса, сига-хадары, амурского чебака, а также голец, шиповка, гольян обыкновенный, в устье р. Барх – гольян Лаговского, гольян обыкновенный, шиповка, голец, сибирский и пескарь Черского, амурский хариус, амурская широколобка, молодь ленка, тайменя, амурского чебака, владиславия, минога. В замкнутых пойменных водоемах – гольяны озерный и обыкновенный, шиповка, минога, горчак, молодь амурского чебака, единично попадалась хариуса и ленка. Особенно сильным изменениям в результате процессов естественной аридизации и активного водозабора подверглась экосистема р. Улз. В настоящее время почти на всем протяжении на территории Монголии река представляет собой цепочку слабопроточных водоемов, связанных периодически пересыхающими протоками. Из представителей ихтиофауны в р. Улз был обнаружен только амурский чебак. Вместе с тем, установлено, что ряд видов, а именно, корейская востробрюшка и головешка-ротан стали расширять свои ареалы в водоемах амурского бассейна Монголии. Востробрюшка была обнаружена по всей равнинной части р. Керулен, тогда как ранее, она отмечалась исключительно для оз. Буир. Ротан-головешка на территории Монголии обитает не только в р. Халхин-гол, как указывалось ранее, а и в акватории оз. Буир [5].

В районе среднего течения р. Онон возрос сток минеральных и органических веществ вследствие активной вырубке пойменных лесов и спровоцированных регулярных лесных пожаров. В самое последнее время угрожающее значение приобрел фактор сельскохозяйственной мелиорации. В сред-

нем и нижнем течении р. Керулен в результате возрастания забора воды на полив ускорился процесс осолонения пойменных земель. Также в последние годы серьезное значение приобрел фактор спортивно-любительского и браконьерского вылова рыбы, во многом ставший причиной резкого снижения численности тайменя и ленка в бассейне р. Онон. В бассейне р. Онон обращает на себя внимание достоверно более высокая электропроводность воды и солености и более низкие концентрации кислорода на участках среднего течения р. Барх и верховьев р. Керулен в сравнении с обследованными участками р. Онон (табл. 1).

Таблица 1

**Гидрохимические показатели воды  
бассейна р. Онон и верховьев р. Керулен**

<i>Показатели</i>	<i>Бассейн р. Онон</i>			<i>р. Керулен</i>
	<i>р. Барх-гол</i>	<i>р. Онон при впадении р. Барх-гол</i>	<i>р. Онон при впадении р. Хурх-гол</i>	
Т °С	16.8	14.0	15.7	17.8
<i>pH</i>	7.9	7.4	7.6	7.6
ЕПС ( $\mu S$ )	116	50	57	85
Соленость ‰	0.06	0.025	0.03	0.04
$O_2$ (мг/л)	7.0	9.0	8.3	8.1

Вероятней всего, эти различия определяются тем, что рассматриваемые участки рек Барх и Керулен расположены после выхода с Хэнтэйского нагорья и вода в них содержит больше минеральных веществ. Также следует принять во внимание, что в этих водах больше и аллохтонных биогенов, поскольку эти участки находятся под постоянным воздействием скота, а объемы водных масс в них значительно ниже, чем в сравниваемом участке р. Онон. Более того, обследованный участок р. Онон подвергается воздействию продуктов жизнедеятельности скота в основном, в зимний период. В летний период массовый выпас скота на этом участке не производится.

Таким образом, состав и разнообразие ихтиофауны верхневых рек амурского бассейна на территории Монголии в значительной степени зависит от гидрологического режима и степени антропогенной (животноводство) нагрузки. В случаях уменьшения уровня режима и при возрастании антропогенной нагрузки видовое разнообразие снижается, прежде всего за счет высокооксифильных элементов и редких видов (минога, амурская широколобка, амурский выюн). При сочетании этих факторов наблюдается катастрофическое снижение видового разнообразия и что, крайне немаловажно, исчезают, не только редкие или весьма требовательные к средовым условиям виды, но и крупные хозяйственно ценные виды – таймень, ленок, сиг-хадары, амурский чебак. Несомненно, такое обеднение ихтиофауны является прямым следствием условий, сложившихся на момент проведения обследования.

#### *Список литературы*

1. Дашдорж А. К познанию водоёмов и гидрофауны Восточной и Северной Монголии (бассейн Амура и Селенги на территории Монголии): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск, 1953. 29 с.
2. Никольский Г. В. Рыбы бассейна Амура. М.: АН СССР, 1956. 551 с.
3. Лимнология и Палеолимнология Монголии / Труды Совместной Российско-Монгольской Комплексной биологической экспедиции. Т. LX. М., 2014. 392 с.
4. Рыбы Монгольской Народной Республики. М.: Наука, 1983. 278 с.
5. Dgebuadze Yu., Mendsaikhan B., Dulmaa A. Diversity and distribution of Mongolian fish: recent state, trends and studies / *Erforschung Biologischer Ressourcen der Mongolei*. Band 12. Matrin-Luther-Universitat Halle (Saale). 2012. P. 219–230.

### **The Fisheries Composition and Status Changes of the Amur Basin in the Mongolia Under the Influence of Climatic and Anthropogenic Factors**

**A. Dulmaa,**

*Institute of General and Experimental Biology,  
Ulaanbaatar, Mongolia*

**M. C. Itigilova,**

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS  
Nedorezova, 16a, Chita, Russia*

**Yu. V. Slynko,**

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS  
Borok, Russia*

The influence of geoclimatic factors (tectonic upwelling, global warming, aridization) and anthropogenic (the plowing of floodplain lands, industrial and domestic sewage of large cities, extraction and processing of ore minerals, unregulated catch) of factors on the species composition and state of fish populations in the basins of the river basin were investigated. Cupid in the territory of Mongolia. It has been shown that during the last 15 years the processes of fish community changes have dramatically increased, primarily as a result of the growth of eutrophication, mineralization and warming of waters in rivers, as well as strong fluctuations in the level regime and drying of floodplain reservoirs. Significantly decreased the number of valuable species of salmon - taimen, lenca, grayling. The conditions for their reproduction have been seriously violated and the area of spawning grounds has decreased. The number of small-sized phytophilic cyprinids (dace, roach, crucian carp) increased, and a number of species noted an increase in their ranges (vostrobrushka, glutton rotan). A set of measures for the protection, monitoring and reproduction of individual species and fish communities in general is proposed.

**Key words:** ichthyofauna, Amur basin, climatic and anthropogenic factors

## **Экология Исетского водохранилища – водоема – охладителя Среднеуральской ГРЭС**

***Т. В. Еремкина, М. Ф. Изиметова, Н. Б. Климова,  
С. П. Силивров, Е. А. Цурихин, Н. В. Чечулина,***

*«Госрыбцентр», Уральский филиал  
ул. Ясная, 1, корп. 6, г. Екатеринбург, Россия,  
e-mail: grc-ural@mail.ru*

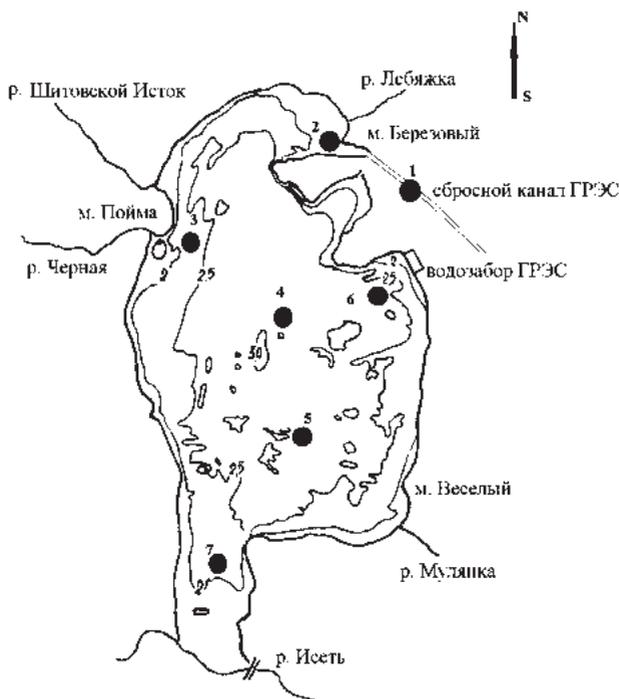
На основе оригинальных и литературных данных проанализировано изменение гидрохимического режима и гидробиологических характеристик Исетского водохранилища – водоема – охладителя Среднеуральской ГРЭС (Свердловская область) за многолетний период. Установлено, что на современном этапе Исетское водохранилище характеризуется как эвтрофный водоем с сильно загрязненной водой. В условиях антропогенного воздействия наблюдается ухудшение качества воды в водоеме, изменяются структура и количественные характеристики фитопланктона, зоопланктона и зообентоса.

**Ключевые слова:** Исетское водохранилище; фитопланктон; зоопланктон; зообентос

Комплексные исследования по оценке влияния деятельности электростанций на экологическое состояние водоемов-охладителей являются одной из важных мер, позволяющих обеспечить предприятия энергетики, органы государственного управления, экспертное сообщество информацией, необходимой для разработки природоохранных мероприятий и эффективного освоения ресурсов водоемов-охладителей.

**Цель работы** – мониторинг экологического состояния Исетского водохранилища (Свердловская область) при зарыблении молодью растительноядных рыб – белого амура и белого толстолобика.

**Объект исследования** – Исетское водохранилище – одно из старейших на Урале водохранилищ озерного типа (рис.).



**Рис.** Схема расположения станций отбора проб на Исетском водохранилище

Образовано водохранилище в 1725 г. путем строительства плотины на истоке р. Исеть (Обь-Иртышский бассейн) из оз. Исетское. Как водоем-охладитель Среднеуральской ГРЭС водохранилище эксплуатируется с 1936 г. Площадь зеркала водохранилища при НПУ – 24,9 км<sup>2</sup>, объем – 59,8 млн м<sup>3</sup>, длина водохранилища – 9,2 км, средняя глубина – 2,4 м, максимальная – 4,4 м, длина береговой линии – 42,5 км, водосборная площадь – 631 км<sup>2</sup>. Заболоченность площади водосбора весьма значительна и по разным источникам достигает 32,0–43,0 %. Среднегодовая амплитуда колебания уровня воды составляет 41 см, в отдельные годы достигает 90 см.

Поступление в водоем подогретых сбросных вод ГРЭС формирует специфический термический режим. Часть акватории, около 12 %, не замерзает в течение всей зимы, а часть покрывается льдом гораздо позже, чем в районе с естественным температурным режимом. Среднегодовая температура воды в сбросном канале СУГРЭС выше на 7–8 °С, чем на водозаборе, и на 5,5–10,5 °С, чем в приплотинной зоне водоема. В зимний период влияние подогретых вод на термический режим водохранилища проявляется лишь на одном ограниченном участке площадью около 1 км<sup>2</sup>, летом подогрев распространяется на всю активную зону водоема. Вдоль береговых склонов чаши водохранилища, включая острова, илстые отложения незначительны. Дно образовано обломочным материалом, реже песком или гравием. У водозаборных сооружений СУГРЭС мощность донных отложений составляет 0,2–0,3 м, на остальной акватории возрастает от берегов к средней части водоёма, достигая 1,5 м и более. В настоящее время средняя мощность донных отложений в водохранилище составляет около 1,2 м.

Мониторинговые наблюдения на Исетском водохранилище проводились нами в 2013–2016 гг. Отбор проб для химического и гидробиологического анализа, их транспортировку, хранение и обработку проводили в соответствии с общепринятыми методиками [3; 5] на 7 постоянных станциях (рисунок) в течение вегетационного сезона (май–сентябрь). Химический анализ проб воды проводился в аккредитованной лаборато-

рии. До 1936 г. водохранилище представляло собой болотный дистрофный водоем с кислой, очень мягкой, гидрокарбонатной водой низкой минерализации с большим количеством органических веществ. До 1956 г. поступление поверхностного стока со щелочной  $pH$  с золоотвалов ГРЭС в Черемшанский залив водохранилища способствовало улучшению гидрохимического режима водоема: в воде увеличилась концентрация кальция, бикарбонатов, сульфатов, биогенов, нормализовалась активная реакция среды [1]. Сокращение продолжительности подледного периода и формирование открытого участка акватории зимой способствовало формированию благополучного кислородного режима для заморного в прошлом водоема. В начале шестидесятых годов, после перехода ГРЭС на использование экибастузских углей, характер минерализации вод в водохранилище изменился с гидрокарбонатного на гидрокарбонатно-сульфатный. К 1963 г. водоем характеризовался сульфатными водами при кислом  $pH$ , в воде, кроме сульфатов, резко увеличивается содержание хлоридов и натрия. В 1980-е годы вода Исетского водохранилища характеризовалась благоприятным кислородным режимом, щелочным  $pH$ , низкой прозрачностью (0,4–1,4 м по диску Секки), высоким содержанием легкодоступного органического вещества, накоплением минеральных форм азота и сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевым составом [2]. На современном этапе вода пресная, среднеминерализованная, мягкая, по водородному показателю нормальная, гидрокарбонатного класса магниевой группы второго типа. По сравнению с предыдущими периодами наблюдений отмечается увеличение цветности (максимум – 134 градуса цветности по платиново-кобальтовой шкале), перманганатной окисляемости (27,4 мгО/дм<sup>3</sup>), концентрации нитритов (0,027 мг/дм<sup>3</sup>), нитратов (2,05 мг/дм<sup>3</sup>), фосфатов (0,13 мг/дм<sup>3</sup>), хлоридов (17,0 мг/дм<sup>3</sup>), магния (8,96 мг/дм<sup>3</sup>), снижение прозрачности по диску Секки, которая в последние годы не превышает 0,7 м. Многолетняя динамика гидрохимического режима Исетского водохранилища свидетельствует об ухудшении качества воды в водоеме и повышении его трофического статуса до эвтрофного.

Таксономический список фитопланктона Исетского водохранилища к настоящему времени включает 381 вид, разнообразность и форму фитопланктона из 8 отделов, что существенно превышает видовое разнообразие водорослей и цианопрокариот, наблюдавшееся в 1960–1980-е годы [2]. Лидирующие позиции в таксономическом спектре занимают зеленые водоросли (36,5 % от общего разнообразия), за ними следуют диатомовые (25,7 %), эвгленовые (14,2 %) и цианопрокариоты (12,9 %). Разнообразие эвгленовых водорослей значительно увеличилось в 2015–2016 гг. за счет развития представителей рода *Trachelomonas* (29 таксонов), что может быть связано с поступлением аллохтонной органики с заболоченного водосбора. По обилию видов выделяются роды *Desmodesmus* (14 таксонов), *Euglena* (13), *Surirella* (11), *Microcystis* (10), *Closterium* (9), *Pediastrum* (9). Показателем органического загрязнения водоема является значительное увеличение видов-индикаторов высокого уровня загрязнения: разнообразие  $\beta$ - $\alpha$ ,  $\alpha$  и  $\alpha$ - $\beta$ -мезосапробионтов в целом по сравнению с 2007 г. увеличилось более чем в 3 раза (с 10 до 31 таксона). Численность фитопланктона по сравнению с более ранними периодами исследований достоверно увеличивается и в последние годы сохраняется на очень высоком уровне, достигая 366,6 млн кл/л. Резкое увеличение биомассы фитопланктона наблюдается с 2015 г., достигая максимальных величин на уровне 99,2–157,0 г/м<sup>3</sup>, что соответствует эвтрофному типу и характеризует Исетское водохранилище как загрязненный водоем [4]. Характер распределения биомассы фитопланктона по акватории водохранилища и его сезонная динамика на современном этапе сопоставимы с данными предыдущих наблюдений [2]. Сохраняется отмеченное ранее снижение уровня вегетации водорослей в приплотинном участке. Как и прежде, основу биомассы альгоценоза (от 50,0 до 98,0 %) в течение всего вегетационного сезона формируют диатомовые водоросли, прежде всего *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. В летний период в структуре биомассы увеличивается доля нитчатых цианопрокариот, достигая в районе водозабора 51,8 % от общей биомассы фитопланктона, и зеленых водо-

рослей (до 18,2 %). Осенью значительный вклад (до 13,7 %) вносят эвгленовые водоросли. В структуре численности ведущая роль на протяжении вегетационного сезона принадлежит нитчатым цианопрокариотам родов *Leprolyngbya*, *Planktolynbya*. В 2015–2016 гг. по численности доминировал *Limnothrix planctonica* (Wołoszynska) Meffert 1988. Вселение растительных рыб в водохранилище, возможно, способствует изменению структуры фитопланктона в сторону развития зеленых хлорококковых водорослей, имеющих существенное значение в рационе растительных рыб. С 2014 г. по 2016 г. вклад *Chlorophyta* в общую структуру численности альгоценоза увеличился в среднем по водохранилищу с 2,0 до 5,4 %, что создает благоприятные условия для дальнейшего зарыбления водоема белым амуром и белым толстолобиком.

Высшая водная растительность в Исетском водохранилище представлена 32 видами макрофитов. В 1980-е годы площадь зарастания ими составляла 2,8 км<sup>2</sup> (11,6 % от площади зеркала), из которых большая часть (8,1 %) была занята сплавины и участками ложных берегов, заросших мезофитами. К настоящему времени степень развития макрофитов значительно снизилась, площадь зарастания не превышает 3,0–4,0 % от площади зеркала водохранилища. В 2016 г. заросли надводных растений, включая сплавины и ложные берега, наблюдались в основном в северо-западной части водохранилища. Площадь зарастания ими составила 0,61 км<sup>2</sup> (2,5 % от площади водоема). Заросли тростника были распространены на 62 % площади, занимаемой мезофитами, рогоза – около 28 % и оставшиеся 10 % приходилось на камыш, осоку, манник. Стрелолист, болотник, аир, сусак и вахта встречались единично. Макрофиты, произрастающие непосредственно в воде, занимали около 0,27 км<sup>2</sup> или 1,1 % акватории водохранилища. Основная роль в этих сообществах принадлежала кубышке желтой, горцу (гречихе) земноводному и рдестам (плавающему и курчавому). Общая площадь зарастания водохранилища высшими водными растениями составила 0,88 км<sup>2</sup> или 3,6 % от площади водоема. Средняя фитомасса в литорали водохранилища составила 3,1 кг/м<sup>2</sup>, в прибрежной зоне – 10,2 кг/м<sup>2</sup>. Биомасса макрофитов в 2016 г. достигла 0,289 кг/м<sup>2</sup>.

Основной ценологический комплекс зоопланктона Исетского водохранилища остается достаточно стабильным на протяжении многих лет. Общий видовой список зоопланктона водоема насчитывает 32 вида. Свои позиции среди руководящих форм сохранили *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857), *Chydorus sphaericus* (O. F. Muller, 1785), *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin, 1848), *Leptodora kindtii* (Focke, 1844). С 2007 г. в водоеме не встречены *Bosmina mixta* (Lilljeborg, 1901), достигавшая массового развития в летнее время в 1960-е годы, и *Daphnia hyalina* (Leydig, 1860). В настоящее время зоопланктон водохранилища представлен обычными пресноводными формами, преимущественно видами-индикаторами  $\beta$ -мезосапробных условий. В 2016 г. ведущая роль в структуре численности принадлежала веслоногим ракообразным (45,2 %), доля ветвистоусых составляла 37,3 %, коловраток – 17,5 %, в то время как в 1962 г. вклад ветвистоусых в общую численность зоопланктона достигал 80 %, и 20 % приходилось на веслоногих и коловраток. В целом по водоему биомасса и численность летом намного выше таковых в весенний и осенний периоды. По сравнению с 1986 г. средняя за вегетационный сезон биомасса зоопланктона снизилась в 2,4 раза.

Донная фауна Исетского водохранилища насчитывает около 40 видов и представлена всеми основными систематическими группами, включая хирономид, олигохет, моллюсков, ручейников, поленок, пиявок, клопов и др. Основными продуцентами, как на отдельных участках, так и в целом по водоему, являются хирономиды, среди которых ведущая роль принадлежит *Chironomus fl. plumosus* (Linne, 1758). По сравнению с 1960–1980-ми гг. видовое разнообразие зообентоса и его количественные показатели существенно снизились. Полностью исчез гаммарус, резко сократилась численность моллюсков и отдельных видов хирономид, которые были массовыми видами в 1940-е годы. Средняя за сезон биомасса зообентоса в 2016 г. в 3,3 раза ниже, чем в 1986 г., и в 16,9 раза – по сравнению с таковой в 1960-е годы.

Данные мониторинговых исследований позволяют охарактеризовать Исетское водохранилище на современном эта-

пе как эвтрофный водоем, в котором происходят процессы структурной перестройки сообществ гидробионтов, связанные с антропогенным воздействием, одним из факторов которого является многолетнее влияние на тепловой режим водохранилища.

#### *Список литературы*

1. Балабанова З. М., Сысолятина Т. А. Водоемы Большого Свердловска // Труды Уральского отд. СибНИИРХ. Свердловск, 1966. Т. 7. С. 107–132.
2. Васина М. Н., Ярушина М. И. Экологическая характеристика Исетского водохранилища // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. Л., 1984. Вып. 212. С. 61–68.
3. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М., 2013. 35 с.
4. Основы экогеологии, биоиндикации и биотестирования водных экосистем / под ред. В. В. Куриленко. СПб., 2004. 448 с.
5. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В. А. Абакумова. СПб., 1992. 319 с.

### **Ecology of Isetskoe Reservoir – the Reservoir – Cooler of Sredneuralskaya GRES**

***T. V. Eremkina, M. F. Izimetova, N. B. Klimova,  
S. P. Silivrov, E. A. Zurichin, N. V. Chechulina,***  
*Ural's branch FSBSI "Gosrybcenter",  
Yekaterinburg, Russia,  
e-mail: grc-ural@mail.ru*

Based on the original and published data are analyzed the changes of hydrochemical regime and hydrobiological characteristics of Isetskoe reservoir – the reservoir-cooler of Sredneuralskaya GRES (Sverdlovsk region) over a period of years. It is established that at the present stage Isetskoe reservoir is characterized as a eutrophic reservoir with heavily contaminated water. In conditions of anthropogenic impact observed water quality deterioration in the reservoir, changed the structure and quantitative characteristics of phytoplankton, zooplankton and zoobenthos.

**Key words:** Isetskoe reservoir; phytoplankton; zooplankton; zoobenthos

**Мониторинг состояния водных  
биологических ресурсов озер – охладителей  
Калининской АЭС**

***В. И. Жирехин, А. П. Буторина,***

***М. Ю. Кудинов, В. А. Смирнов,***

*«ГосНИОРХ», Верхне-Волжское отделение,*

*г. Конаково, Тверская обл., Россия,*

*e-mail: gosniorhkonakovo@mail.ru, konakovo\_niorh@rambler.ru*

В ходе мониторинга водных биологических ресурсов озер – охладителей Калининской АЭС Песьво и Удомля в периоды до и после введения в эксплуатацию 3-го и 4-го энергоблоков станции выяснилось, что в последние годы размерно-весовые показатели аборигенных рыб-моллюскоедов значительно увеличились. Проведен анализ содержимого кишечников плотвы, густеры и леща и определена доля рыб этих видов, потребляющих в пищу дрейссену. В статье также рассмотрены тенденции изменения видового состава ихтиофауны водоема-охладителя, приводятся доводы о необходимости ее научно обоснованного направленного формирования и предлагаются меры по поддержанию на водоеме экологического равновесия и рационального использования водных биоресурсов.

***Ключевые слова:*** ихтиофауна, размерно-весовые показатели, моллюскоеды, вселенцы

Система озер Песьво и Удомля является водоемом-охладителем Калининской атомной станции. Основным антропогенным фактором в водоеме является тепловое загрязнение. Сброс подогретых вод в водоем способен существенно менять экологические условия. Интенсивность тепловой нагрузки отражается на обилии и видовом составе водорослей, сказывается и на бентофауне водоема. В результате работы станции массовое развитие получил двустворчатый моллюск дрейссена (*Dreissena polymorpha*), который является основным источником биологического обрастания в системах технического водоснабжения. В качестве биологического метода борьбы с расселением дрейссены в течение нескольких лет проводилось зарыбление водоема посадочным материалом черного амура.

В ноябре 2005 г. тепловая нагрузка увеличилась: введен в эксплуатацию 3-й энергоблок Калининской АЭС, а в декабре 2012 г. – 4-й. Приводятся материалы по видовому разнообразию рыб, сравнивается состав ихтиофауны до и после введения в эксплуатацию 3-го и 4-го энергоблоков [1]. За весь период исследований (2005–2016 гг.) было проанализировано 3650 экземпляров рыб, в том числе 263 экземпляра – в 2016 г. Ихтиологический материал собирался из уловов ставных сетей на семи станциях. Набор сетей был следующим: 70-метровые сети ячеей 36 мм, 50 мм, 60 мм, и 40-метровые сети ячеей 90 мм. Был проведен полный биологический анализ аборигенных видов рыб-моллюскоедов – плотвы, и густеры, а также наиболее массовых и ценных видов – леща и судака. По результатам проведенных исследований определены размерно-весовые и возрастные характеристики рыб, степень использования дрейссены в пищу у леща, плотвы и густеры, а также уровень половозрелости леща. Сбор и обработка материала на биологический анализ рыб, в том числе определение возраста, проводились согласно методическим указаниям И. Ф. Правдина [2] и Н. И. Чугуновой [3], стадии зрелости гонад – по В. А. Мейену и С. И. Кулаеву (цитируется по И. Ф. Правдину [2]). Проведен сравнительный анализ их линейно-весовых показателей в различные периоды и в сравнении с таковыми в Ивановском водохранилище, являющемся тестовым водоемом для Тверской области.

После многолетней эксплуатации Калининской АЭС состав ихтиофауны водоема значительно изменился. Полностью исчезли виды арктического комплекса: ряпушка, снеток, сиг, не встречаются в уловах налим, линь. В начале 2000-х годов в составе ихтиофауны насчитывалось 13 видов рыб, включая 3 вида вселенцев.

В 2005 г в составе ихтиофауны озер-охладителей преобладал лещ: его доля составляла 79,4 % по биомассе. Остальные виды были представлены толстолобиком – 7,4 %, плотвой – 6,2 % и прочими (белый амур, карась, судак, карп, окунь, щука, густера) – 7 %. Процентный состав ихтиофауны в озерах-охладителях в этот период был сопоставим с таковым в Ивановском водохранилище (табл.).

Таблица

**Состав ихтиофауны Ивановского водохранилища (ИВ) и озер-охладителей Калининской АЭС  
в различные периоды, % по биомассе**

<i>Объекты, год</i>	<i>лещ</i>	<i>судак</i>	<i>сом</i>	<i>щука</i>	<i>сазан (кари)</i>	<i>карась</i>	<i>плотва</i>	<i>зустера</i>	<i>амур белый</i>	<i>толстолобик</i>	<i>красноперка</i>	<i>окунь</i>	<i>форель</i>	<i>сом кан.</i>	<i>проч.*</i>
ИВ, 2011–2015	88,9	0,7	0,1	0,4	0,3	0,3	2,8	2,3	0,1	0,6	0,3	0,8	-	-	2,4
	79,3	0,8	-	0,4	0,5	0,9	6,2	0,1	4,3	7,4	-	0,1	-	-	-
	44,8	4,8	-	4,4	0,2	0,1	0,7	0,5	0,5	39,0	-	2,4	2,6	-	-
Удомля 2015–2016	25,4	24,2	-	2,7	-	3,8	9,9	4,7	-	8,5	5,1	13,9	-	1,8	-

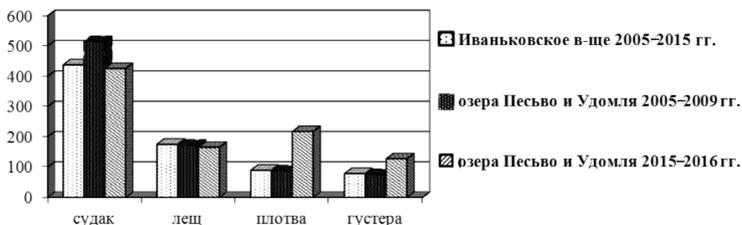
*прочие* \*: толька, налим, язь, жерех, чехонь, голавль, линь, берш, уклея.

После пуска 3-го энергоблока в составе ихтиофауны произошло значительное снижение доли леща до 44,8 % и увеличение доли хищников: судака, окуня, щуки. Наряду с этим, существенное влияние оказало зарыбление ценными видами рыб. В период 2005–2012 гг. в озера Песьво и Удомля вселялись сазан, белый, пестрый толстолобик и их гибрид, белый амур. Периодически фиксировались факты ухода из садкового хозяйства форели. Ежегодные зарыбления вселенцами качественно улучшили состав ихтиофауны. Так, доля толстолобика в данный период составляла 39 %. Дополнительно в качестве биологического мелиоратора для борьбы с расселением дрейссены вселялся черный амур в количестве 39,7 тыс. экз. Зарыбление этим видом, кроме единичных случаев встречаемости в уловах рыболовов-любителей, никакого практического результата не дало, что позволяет говорить о его неудачном вселении.

После пуска 4-го энергоблока в составе ихтиофауны прослеживается тенденция дальнейшего снижения биомассы леща (до 25,4 %) и значительное увеличение количества судака (до 24,2 %). В контрольных уловах появился сом канальный, который использовался в качестве объекта товарного выращивания в садках. В 2015 г. его доля в уловах не превышала 1 %, средняя навеска составила 270 г. В 2016 г. его доля достигла 3 %, а средняя навеска увеличилась до 332 г. Примечательно, что, по сведениям местных рыболовов и подводных охотников, в водоеме встречаются мальки этого вида, что свидетельствует о возможности результативного нереста и дальнейшего неконтролируемого распространения этого вида.

При анализе степени созревания и возраста достижения половозрелости леща отмечается тенденция повышения возраста наступления половой зрелости и размера впервые созревающих особей, что указывает на достаточную разреженность стада леща и снижение внутривидовой конкуренции.

На рисунке приведены средние весовые показатели основных возрастных групп судака, леща, плотвы и густеры в период до и после ввода в эксплуатацию 4-го энергоблока. Эти показатели даны в сравнении с таковыми в Ивановском водохранилище.



*Рис.* Средние весовые показатели судака, леща, плотвы и густеры Иваньковского водохранилища и озер Песьво-Удомля за ряд лет

В последние годы у аборигенных моллюскоедов (плотва, густера) по сравнению с предыдущими годами размерно-весовые показатели увеличились практически во всех возрастных категориях. У леща и судака на протяжении многих лет они остаются примерно на одном уровне. При анализе содержания пищевых комков выявилось, что дрейссена была обнаружена в кишечнике у 42 % особей плотвы и у 47 % густеры [1]. Это косвенно свидетельствует о том, что после пуска 4-го энергоблока количество дрейссены в водоеме возросло. Лещ по сравнению с плотвой и густерой питался дрейссеной в меньшей степени: она была отмечена в кишечнике лишь у 7,8 % экземпляров.

Следует отметить значительную долю в уловах толстолобика, что явилось результатом искусственного зарыбления. В уловах рыболовов-любителей вес 1 экземпляра достигал 22 кг. Возможно, кормовая база этого вида используется недостаточно, но без детального гидробиологического исследования говорить об этом преждевременно.

На основании выше изложенного можно сделать следующие выводы.

Судак, являющийся более теплолюбивым по сравнению с другими представителями семейства окуневых, в последние годы находит в озерах Песьво и Удомля весьма благоприятные условия. Его доля по массе (24,2 %) в настоящее время сравнима с лещом, прежде доминировавшим в ихтиофауне. Увеличение количества этого ценного вида, а также вселенцев свидетельствует об улучшении качественного состава ихтиофауны водоема.

После пуска 4-го энергоблока Калининской АЭС наблюдается значительное увеличение размерно-весовых показателей рыб-моллюскоедов: плотвы и густеры, что косвенно указывает на массовое расселение дрейссены. С одной стороны, она способствует самоочищению воды, является ценным кормовым объектом для некоторых карповых рыб, с другой – чрезмерное увеличение ее численности отрицательно сказывается на трофике водоема. Кроме того, дрейссена, образуя большие скопления и обрастания на гидротехнических сооружениях и водозаборных установках, создает серьезные помехи в работе агрегатов АЭС.

В качестве мер по улучшению экологического состояния озер-охладителей и рациональному использованию водных биоресурсов предлагается следующее.

- Борьба с массовым расселением дрейссены. Для вселения в мелиоративных целях черного амура требуется детальная проработка причин неудачных предыдущих зарыблений. Необходимо проведение исследований с целью оценки запасов дрейссены, а также плотвы и густеры – основных аборигенных моллюскоедов. Такой подход позволит выработать эффективный способ борьбы с массовым расселением моллюска, определить приемную емкость водоема по черному амуру и количество его посадочного материала.

- Установление факта возможного нереста канального сома и определение в дальнейшем способов борьбы с неконтролируемым расселением этого вида. Необходима бонитировка нерестилищ и оценка запаса этого вида.

- Дальнейшее вселение в водоем растительноядных видов рыб. Опыт предыдущих лет свидетельствует о положительных результатах в этом направлении. Необходима более детальная оценка уровня развития фито- и зоопланктона, степени зарастания и уточнение запасов имеющихся в водоеме растительноядных видов.

Продолжать наблюдения за состоянием водных биоресурсов в озерах Песьво и Удомля желательно в сезонном аспекте.

### *Список литературы*

1. Исследование ихтиофауны; актуализация сведений о современном состоянии водных биологических ресурсов озер Удомля и Песьво. Ко-наково // Фонды Верхне-Волжского отд. «ГосНИОРХ»: отчет, 2016. 35 с.
2. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
3. Чугунова Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 163 с.

## **Monitoring of the State of Water Biological Resources of the Lake – Coolers of KALININ NPP**

*V. I. Zhirehin, A. P. Butorina,  
M. Yu. Kudinov, V. A. Smirnov,*

*V-Volzhskoe отд. FGBNU “GosNIORKh”,  
Konakovo, Russia,*

*e-mail: gosniorhkonakovo@mail.ru, konakovo\_niorh@rambler.ru*

During the monitoring of the water biological resources of the cooling lakes of the Kalinin NPP, Peswo and Udomlya, before and after the commissioning of the third and fourth power units of the station, it was found out that in recent years the size and weight indices of aboriginal mollusk fishes have increased significantly. The analysis of the contents of the intestines of roach, bream and bream has been carried out, and the proportion of fish of these species consuming food for *Dreissena* has been determined. The article also examines the trends in the species composition of the ichthyofauna of the reservoir-cooler, cites the need for its scientifically based directional formation and suggests measures to maintain ecological balance and rational use of aquatic biological resources on the reservoir.

**Key words:** ichthyofauna, size and weight indicators, molluscids, invaders

## **Комбинированные рыбозащитные сооружения водозаборов Конаковской ГРЭС**

**В. И. Жирехин, Р. В. Жирехин, М. В. Кудинов,**  
«ГОСНИОРХ», Верхне-Волжское отделение,  
ул. Гагарина, 14, г. Конаково, Тверская обл., Россия,  
e-mail: zrw2015@yandex.ru

**М. А. Скоробогатов,**  
Тверской государственный технический университет,  
наб. Афанасия Никитина, 22, г. Тверь, Россия,  
e-mail: skorobogatov1@rambler.ru

Береговые насосные станции Конаковской ГРЭС БНС № 1 и БНС № 2 оборудованы комплексными рыбозащитными комплексами, включающими наплавную запань и воздушно-пузырьковую завесу. Рыбозащитная эффективность превышает нормативную – 70 %.

**Ключевые слова:** береговые насосные станции, рыбозащитные комплексы, запань, воздушно-пузырьковая завеса, рыбозащитная эффективность

Конаковская ГРЭС расположена на правом берегу реки Волга (Иваньковское водохранилище) ниже по течению от г. Конаково (Тверская область). Забор воды выполняют две береговых насосные станции (БНС-№ 1 и БНС-№ 2). Максимальная производительность каждой из насосных станций составляет 40 м<sup>3</sup>/с. Режим работы береговых насосных станций: круглосуточный и круглогодичный. Ширина Иваньковского водохранилища в районе насосных станций составляет 925 м, глубина на русле (при НПУ) – 12,5 м, в прибрежной части – до 6,5 м.

Основная доля в составе местной ихтиофауны принадлежит бентофагам, малая – хищникам и незначительная – планктофагам.

Опытные работы по многолетнему зарыблению водоема растительоядными рыбами (белый амур, толстолобики), нашедшими в водохранилище вполне благоприятные условия для нагула, способствовали образованию их временных популяций. Поскольку расселение этих видов ограничивает темпе-

ратурный фактор, то они придерживаются преимущественно зоны подогретых вод Конаковской ГРЭС. Численность их непостоянна и зависит от периодичности зарыбления и количества рыбопосадочного материала.

В настоящее время ихтиофауна Иваньковского водохранилища насчитывает 38 видов рыб (с исчезающими видами – 45). Из них наибольшее количество (22 вида) принадлежит семейству Карповые, 4 вида – Окуневые, остальные семейства представлены, в основном, одним видом.

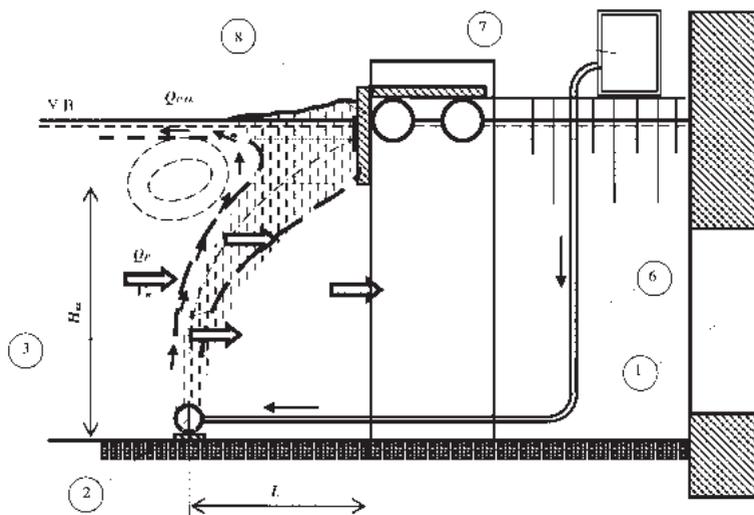
В соответствии с частью 2 статьи 61 «Водного кодекса» в качестве мер по предотвращению попадания рыб и других водных биологических ресурсов в водозаборные сооружения, БНС № 1 и БНС № 2 Конаковской ГРЭС оборудованы рыбозащитным комплексом (РЗК), предназначенным для предотвращения попадания рыб в водозабор.

**Цель работы** – изложить материалы исследований по определению эффективности рыбозащитных комплексов БНС № 1 и БНС № 2 Конаковской ГРЭС.

На береговых насосных станциях установлены комбинированные рыбозащитные комплексы, состоящие из наплавной запани и воздушно-пузырьковой завесы.

Наплавная запань перекрывает поверхностный двухметровый слой входящего водозаборного потока и обеспечивает защиту от попадания в водозабор молоди и взрослых рыб, обитающих в верхних слоях воды. Воздушно-пузырьковая завеса обеспечивает защиту рыб, обитающих в толще и придонных слоях воды. Воздушно-пузырьковая завеса создается с помощью перфорированного трубопровода, уложенного на дне перед наплавной запанью. Рыбозащитный комплекс расположен непосредственно перед водоподводящим ковшом и вынесен в водохранилище за линию уреза воды. Такое расположение способствует отведению молоди рыб из зоны водозахвата. Оба рыбозащитных комплекса имеют одинаковый состав сооружений, схожую компоновку сооружений, одинаковые геометрические размеры наплавной запани и участков воздухопроводов, при строительстве применялись те же конструкционные материалы.

Схема рыбозащитного комплекса БНС № 2 представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Схема работы рыбозащитного комплекса  
1 – водозабор БНС, 2 – перфорированная труба, 3 – водо-воздушная завеса, 6 – воздуховод, 7 – воздуходувка, 8 – запани

Функциональная рыбозащитная эффективность оценивалась коэффициентом рыбозащитной эффективности  $K_{эф}$  [5]:

$$K_{эф} = (C_1 - C_2) / C_1 \times 100 \%,$$

где  $C_1$  – концентрация молоди рыб в створе до наплавной запани, экз./м<sup>3</sup>;

$C_2$  – концентрация молоди рыб в створе после наплавной запани, экз./м<sup>3</sup>.

Для определения эффективности рыбозащитных комплексов проводили ловы рыб выше запани (перед «факелом» воздушно-пузырьковой завесы) и в створе, расположенном сразу за глухим экраном запани. Исследования всегда проводили при работе насосной станции и воздушно-пузырьковой завесы в проектных режимах. В качестве орудий лова ис-

пользовались: стандартные мелкочаеистые ловушки (ИКС); активные орудия для осуществления траловых ловов (рамный мальковый трал размером  $1,05 \times 1,05$  м, ячеей 5 мм, длина выбегов 60 м).

Лов личинок рыб проводился с помощью стандартных мелкочаеистых ловушек типа ИКС, которые выставлялись, согласно графику проведения наблюдений, на время, равное одним суткам. Периодичность постановки ловушек составляла 1–2 раза в неделю. Подросшая молодь рыб облавливалась активным способом – путем тралений рамным мальковым тралом. Облов акватории в створе выше запани производился через 4 часа, как в светлое, так и в темное время суток. Траления производились путем выборки вручную спущенного с лодки трала к середине наплавной запани. Трал выпускался на всю длину выбегов. Облов осуществлялся в трех горизонтах – поверхностном, придонном и на глубине  $0,5h$  (где  $h$  – глубина воды).

Кроме этого, распределение молоди рыб изучали с использованием эхолота LOWRANCE LMS-527.

Обработка полученных материалов заключалась в определении количества пойманных рыб, длины, вида [1; 2].

Одновременно с ихтиологическими исследованиями проводили и гидравлические. Для измерения скоростей течения использовали гидрометрические вертушки типа ГР-21М. Исследования проводились в течение одного года.

Объем собранного материала и полученные значения эффективности защиты молоди рыб приведены в таблице. В пробах были особи с длиной тела 11–90 мм. Доминирующими видами в уловах и пробах являлись: судак, тюлька, окунь.

Гидравлические исследования показали, что вдоль экрана имеется течение (рыбоотводящий поток) со скоростью от 0,05 до 0,12 м/с, по которому молодь рыб выносятся за зону влияния водозабора.

Следует отметить, что при проведении работ по определению рыбозащитной эффективности рыбозащитного комплекса БНС № 2 установлено изменение содержания кислорода и температуры после прохождения потока через воздушно-пу-

зырьковую завесу. В водохранилищном потоке на расстоянии 30 м содержание составляло 8,12 мг/дм<sup>3</sup>, в потоке за наплавной запанью 8,50 мг/дм<sup>3</sup>, это увеличение не превышало 4,6 %. По нашему мнению, эта изменение не могло влиять на работоспособность рыбозащитного комплекса.

Таблица

**Рыбозащитная эффективность рыбозащитных комплексов, установленных на БНС № 1 и на БНС № 2 Конаковской ГРЭС**

Место лова	Вид рыб	Количество отловленных рыб, экз.		Эффективность РЗК, %
		до РЗК	после РЗК	
Подводящий канал БНС № 1	лещ	291	59	79,7
	густера	129	30	76,7
	плотва	180	43	76,1
	уклея	322	69	78,5
	судак	2674	528	80,3
	тюлька	494	103	79,1
	пескарь	23	2	91,3
	ерш	101	22	78,2
	окунь	333	71	78,7
	<i>Всего</i>	4524	968	78,6
Подводящий канал БНС № 2	лещ	196	39	80,1
	густера	64	13	79,7
	плотва	120	34	71,7
	уклея	233	56	75,9
	судак	1263	302	76,1
	тюлька	478	106	77,8
	пескарь	-	-	-
	ерш	2	-	-
	окунь	303	67	77,8
	<i>Всего</i>	2659	617	76,8

Приведенные данные показывают: для всех видов рыб коэффициент рыбозащитной эффективности выше норматив-

ного – 70 % [5]. Такие же выводы были сделаны при анализе изменения коэффициента  $K_{эф}$  в зависимости длины тела рыб. Этот коэффициент был выше нормативного в течение всего года проведения исследований.

Таким образом, построенные рыбозащитные комплексы позволяют защитить молодь рыб, обитающую в Ивановском водохранилище с эффективностью, удовлетворяющей требованиям СП.101.13330.2012.

#### *Список литературы*

1. Касандрова О. Н., Лебедев В. В. Обработка результатов измерений. М.: Наука, 1970. 104 с.
2. Коблицкая А. Ф. Определитель молоди пресноводных рыб. М., 1981. 208 с.
3. Павлов Д. С., Жирехин В. И., Скоробогатов М. А. Рыбозащитный комплекс береговой насосной станции № 1 Конаковской ГРЭС // Рыбное хозяйство. 2015. Вып. 3. С. 100–102.
4. СП 101.13330.2012 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуализ. ред. СНиП 2.06.07-87.
5. Экспресс-методика по определению функциональной эффективности рыбозащитных сооружений на водозаборах. М., 2002. 43 с.

## **Combined Fish-Protection Constructions of Water Intakes of Konakovskaya GRES**

*V. I. Zhiryokhin, R. V. Zhoryokhin, M. V. Kudinov,*

*Upper Volga department – branch of FSBSI «GosNIORH»*

*Konakovo, Russia*

*e-mail: zrw2015@yandex.ru*

*M. A. Skorobogatov,*

*Tver State Technical University,*

*Tver, Russia,*

*e-mail: skorobogatov1@rambler.ru*

Konakovskaya GRES shore pumping stations BNS № 1 and BNS № 2 are equipped with multi-purpose fish-protection complexes including Floating fallow and Air-bubble veil. The efficiency of fish protection exceeds the normative one – 70 %.

**Key words:** shore pumping stations, fish-protection complexes, Floating fallow, Air-bubble veil, efficiency of fish protection

## Гидрохимия озера Кенон – водоема – охладителя Читинской ТЭЦ-1

*Л. В. Замана, Л. И. Усманова,*

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,  
ул. Недорезова, 16а, г. Чита, Россия,  
e-mail: l.v.zamana@mail.ru*

Рассмотрен современный химический состав воды озера, используемого с 1965 г. как водоем – охладитель ТЭЦ. Показаны произошедшие вследствие этого изменения его гидрохимических характеристик.

**Ключевые слова:** озеро, гидрохимия, изменение химического состава

Озеро Кенон – природный водоем, используемый с 1965 г. с пуском Читинской ТЭЦ-1 (первоначально ГРЭС) как ее водоем-охладитель. До пуска ТЭЦ при естественном гидрохимическом режиме вода озера имела гидрокарбонатный натриево-магниевый или магниевый-натриевый состав, значения  $pH$  были в пределах 8.4–8.8, а минерализации – 0.54–0.60 г/л. В июле-августе 1956–1958 гг. содержания  $НСО_3^-$  составляли 385–445 мг/л, а сульфат-иона не превышали 25 мг/л, при этом доля его в сумме анионов составляла 6,5–7 %-экв. По весовым концентрациям катионы располагались в ряд  $Na > Mg > Ca$ , в процентно-эквивалентной форме натрия и магний имели близкие значения и при наименовании типа воды могли меняться местами [1; 6]. В настоящее время вода озера характеризуется трёхкомпонентным составом катионов и преобладанием в анионном составе сульфатов. Цель данного сообщения – характеристика современного гидрохимического состояния озера и определяющих его основных источников и процессов формирования.

Использованы опубликованные и фондовые материалы, данные систематических гидрохимических наблюдений Читинской ТЭЦ-1 и нерегулярного гидрохимического опробования лаборатории геоэкологии и гидрогеохимии ИПРЭК СО РАН.

### *Морфология и особенности современного водного баланса озера*

Озеро Кенон находится в северо-западной части территории г. Читы в междуречье Ингоды и её левого притока р. Чита и в геолого-структурном отношении приурочено к центральной части Читино-Ингодинской межгорной впадины. Длина водоема 5.7 км, средняя ширина 2.8 км, наибольшая глубина 6.8 м, средняя глубина 4.4 м, площадь зеркала 16 км<sup>2</sup> [6], расчетный объём воды в озере при нормальном уровне (абс. отметка 654.8 м) около 91.5 млн. м<sup>3</sup> [4]. В озеро впадают р. Кадалинка с запада и ручей Ивановский с севера. В водосборный бассейн озера кроме впадины входит юго-восточный склон Яблонового хребта, в пределах которого формируется большая часть поступающего в озеро самотечным путем поверхностного стока.

Одной из основных приходных статей водного баланса, играющих заметную роль в формировании гидрохимических характеристик озера, служит подпитка его из р. Ингода по напорным водоводам (длина их около 2 км). По данным ТЭЦ-1 от 2014 г., в год 50 % обеспеченности, за который принят 2013 г., в озеро было закачано 10565 тыс. м<sup>3</sup> (далее в тех же единицах) речной воды, что более чем в 3 раза превышало приток с водосбора (3250) в тот же год. Объем подпитки по годам сильно меняется, но за 2008–2013 гг. он не опускался ниже 4385 (2012 г.) при среднем за 6 лет 8228, что указывает на закачку из реки как главную статью восполнения озера водой. В расходных статьях водного баланса озера кроме безвозвратных потерь, связанных с подпиткой теплосети, расходами на гидрозолоудаление и др. (6159–8938 в те же годы), примерно такой же объем, и даже немногим больше, приходится на испарение с водной поверхности (8185 по 2013 г.). Несколько выше цифры по испарению и безвозвратным потерям, а именно порядка 10–12 и 7–10 млн м<sup>3</sup> в год, приведены в [4]. В водном балансе участвуют также разгрузка подземных вод вдоль северного берега и фильтрация из озера вдоль южного. Оценки этих статей ориентировочны и значительно различаются – по разгрузке 57.8–200 л/с, а по фильтрации – 31.7–63.4 л/с [6] (по максимальным значениям 6307 и 1999 тыс. м<sup>3</sup>/год).

### *Гидрохимическая характеристика озера*

Как отмечено выше, использование озера в качестве водоема-охладителя ТЭЦ привело к изменению химического состава воды, при этом выросла и ее минерализация. По данным Читинской ТЭЦ-1, ведущей мониторинг состава забираемых из озера и сбрасываемых в него вод, среднегодовые содержания основных макрокомпонентов в последние годы варьировали в пределах (мг/дм<sup>3</sup>): кальций – 48–62; магний 37–45; натрий – 44–57; сульфат – 196–237; гидрокарбонат – 140–204; хлорид – 48–67. Среднеквартальное содержание фтора изменялось от 1,79 до 2,81 мг/дм<sup>3</sup>. С учетом приведенных в нижеследующей таблице данных опробования в различных местах акватории в разные периоды, интервалы колебаний концентраций компонентов несколько шире.

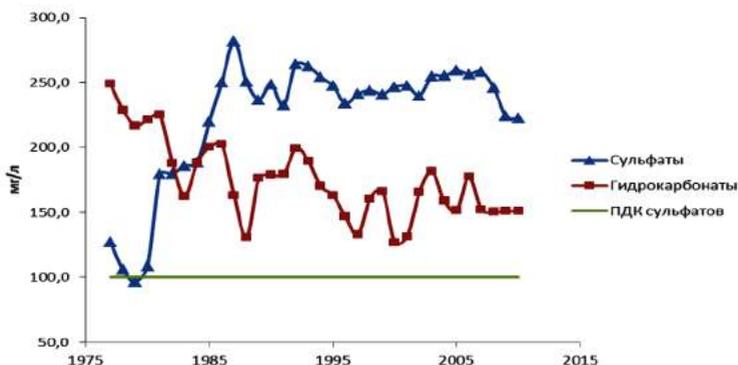
Заметно колеблется по акватории и сезонам года соленость озера. Так, по данным мониторинга ТЭЦ-1 средние значения ее в первых кварталах 2002–2010 гг. изменялись от 586 до 729 мг/дм<sup>3</sup>. В летний период 2004–2010 гг. по результатам разовых определений ГУП «Читагеомониторинг» минерализация воды не превышала 660 мг/дм<sup>3</sup> и в 2010 г. варьировала по акватории в пределах 557.6–578.3 мг/дм<sup>3</sup> в связи с круговыми течениями, неравномерностью подкачки из р. Ингоды и сброса технологических вод ТЭЦ-1. В последние годы заметно некоторое снижение общей минерализации озерной воды.

Наиболее значимые изменения произошли в анионном составе воды – содержания гидрокарбоната по максимуму практически втрое снизилось, тогда как сульфат-иона выросли более чем в 10 раз. По данным ТЭЦ-1, по первым кварталам 2002–2010 гг. они изменялись в интервалах соответственно 178.9–211.5 и 259.7–308.2 мг/дм<sup>3</sup>. Различная направленность динамики этих компонентов (рисунок) обусловлена, с одной стороны, изменением статей водного баланса, и, с другой, появившимися новыми источниками, участвующими в формировании солевого баланса. В частности, снижение концентрации карбонатных компонентов вызвано закачкой речной воды.

Таблица  
Физико-химические показатели воды оз. Кенон (в мг/дм<sup>3</sup>, кроме рН) по данным лаборатории геоэкологии  
и гидрогеохимии ИПрЭК СО РАН

Компонент	Период отбора проб									
	2011 г.		2012 г.				2013 г.		2015 г.	
	март	июнь	октябрь	март	июль	декабрь	март	июль	март	июль
рН	7.96-8.32	8.81-9.09	8.47-8.52	8.21-8.45	8.19-8.35	8.0-8.12	8.07-8.12	8.07-8.12	8.07-8.12	8.61
CO <sub>2</sub>	0.44	0.0	0.0	0.0	0.88-1.76	2.20-3.96	2.64-3.62	2.64-3.62	2.64-3.62	0.0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	189.1-195.2	140.3-152.5	172.0-189.0	176.0-192.0	129.0-134.0	168.0-185.0	206.0-207.0	206.0-207.0	206.0-207.0	100.7
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.0	0.9-1.8	0.0-0.3	0.0-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	185.0-212.0	179.1-195.0	218.0-244.0	201.0-210.4	221.0-229.0	191.2-198.9	180.0-187.6	180.0-187.6	180.0-187.6	185.1
Cl <sup>-</sup>	67.7-71.3	65.0-67.8	60.1-63.7	85.2-89.2	66.4-69.2	86.1-91.3	92.1-94.0	92.1-94.0	92.1-94.0	76.7
F <sup>-</sup>	2.68-2.75	2.08-2.28	1.9-2.28	2.79-2.83	1.9	2.22-2.34	2.52-2.75	2.52-2.75	2.52-2.75	1.62
Ca <sup>2+</sup>	32.9-62.3	38.7-46.4	33-49.9	44.7-58.0	54.0-54.5	52.9-54.8	37.5-40.6	37.5-40.6	37.5-40.6	58.5
Mg <sup>2+</sup>	32.3-51.5	39.8-44.0	36.1-42.2	44-61.7	40-41.1	54.7-63.3	63.7-68.0	63.7-68.0	63.7-68.0	30.1
Na <sup>+</sup>	70-80.5	68.2-70.0	81.8-89.8	52.0-69.8	51.9-54.3	50.3-55.6	50.2-52.6	50.2-52.6	50.2-52.6	52.3
K <sup>+</sup>	2.80-3.27	2.10-2.24	1.86-1.99	2.40-2.89	1.90-1.98	2.82-3.02	3.04-3.27	3.04-3.27	3.04-3.27	1.6
<b>Минерализация</b>	610.7-644.8	546.0-576.9	622.4-663.4	633.6-659.2	568.9-581.5	617.1-644.6	640.5-649.8	640.5-649.8	640.5-649.8	510.2

Некоторое участие в выводе карбонатов из воды имеет, по всей видимости, образование карбонатных минералов ввиду насыщения по ним озерной воды, которое отмечалось и до пуска ТЭЦ [5]. Рост концентраций сульфата обусловлен влиянием гидрозолоотвала [2] и выпадением на акваторию озера оксидов серы в составе газодымовых выбросов ТЭЦ-1, а также сбросами технологических вод с агрегатов химводоподготовки и после очистки котлов, где в качестве одного из основных реагентов используется серная кислота. Возможно, продолжается вынос сульфатов и из золошлаковых осадков, накопленных в первом золоотвале ТЭЦ в оз. Мал. Кенон.



*Рис.* Среднегодовые концентрации сульфатов и гидрокарбонатов в воде оз. Кенон в 1977-2010 годы (по данным Читинской ТЭЦ-1)

В 1970 г. содержание сульфат-иона в озерной воде достигло значений ПДК (предельно допустимой концентрации, 100 мг/дм<sup>3</sup> для рыбохозяйственных водоемов), а в 1983 г. в %-эквивалентном отношении превысило концентрацию гидрокарбоната. По нашим данным, в 2006–2007 гг. концентрации SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> в северной части озера достигали 320 мг/л. В последующие годы содержания сульфатов в озерной воде изменялись в пределах 150–230 мг/л в летние месяцы и 180–279 мг/л в осенне-зимний период. В первом квартале 2014 г. средняя концентрация сульфата в заборной воде была 263.1 мг/дм<sup>3</sup> (данные ТЭЦ-1).

Особая опасность высоких концентраций сульфата в воде озера состоит в том, что в обогащенных органическим веществом (детритом) донных отложениях создаются условия для сероводородного заражения илов и придонных слоев воды, особенно в период ледостава. С этим могут быть связаны имевшиеся случаи гибели рыбы.

Кроме сульфатов выросли также концентрации хлоридов – с 5–19 мг/дм<sup>3</sup> в допустимый период до свыше 90 мг/дм<sup>3</sup> (таблица) в последние годы, что также связано с использованием содержащих их химреактивов в технологических процессах ТЭЦ-1. В некоторые периоды содержания хлора превышают 20 %-экв. и становятся значимыми для определения химического типа воды.

Важное экологическое значение имеет содержание в водах фтора, которое по рыбохозяйственному нормативу должно быть ниже 0.75 мг/дм<sup>3</sup>, тогда как постоянно превышает эту норму. В начале 1990-х годов концентрации фтора в озерной воде находились в пределах 2.7–5.1 мг/л. По данным ТЭЦ-1 в воде, забираемой из озера для технического водоснабжения, в 2001 г. они изменялись в пределах 2.3–6.0 мг/дм<sup>3</sup> (среднее 4.06), в первом квартале 2014 г. средняя концентрация  $F$  на заборе и сбросе воды составляла 1.97 мг/дм<sup>3</sup>. Данные по содержанию фтора в воде оз. Кенон в допустимый период отсутствуют. Исходя из общих закономерностей распределения фтора в водах Забайкалья, концентрация  $F$  в озерной воде в то время должна быть не более 1.0 мг/дм<sup>3</sup>. Некоторое накопление его в озерной воде связано с фильтрацией вод из золоотвала, поскольку другие реальные источники отсутствуют. Годовые выбросы фтора в атмосферу оцениваются всего в 0.005 т [6]. Безусловно, не все фильтрационные потери золоотвала поступают в озеро, к тому же еще при фильтрации через золошлаковые осадки в золоотвале основная масса фтора осаждается. По данным ГУП «Читагеомониторинг», по скважине у золоотвала наиболее высокие концентрации фтора в воде приходились на период 1998–2001 гг. и составляли 1.45–4.65 мг/дм<sup>3</sup>.

По нашим нескольким нерегулярным определениям, в разгрузке подземных вод в 1 км от золоотвала содержание фтора в воде в последние пятнадцать лет не поднималось выше 0.91 мг/дм<sup>3</sup>.

По макрокомпонентам превышающие ПДК (40 мг/дм<sup>3</sup>) содержания иногда отмечаются по магнию. Концентрации биогенных элементов азота и фосфора в воде озера не превышали рыбохозяйственных норм. По нашим многочисленным определениям, их содержания (мг/дм<sup>3</sup>) составляли:  $\text{NH}_4^+$  – 0.05–0.26,  $\text{NO}_2^-$  – 0.003–0.022,  $\text{NO}_3^-$  – 0.8–2.25, Роб. – 0.034–0.065. Примерно такой же уровень содержания этих веществ приведен и в [3].

Из микроэлементов отмечаются превышения ПДК по марганцу, меди, ртути, алюминию. По данным ГУП «Забайкалгеомониторинг» в водах озера они превышены по ванадию и молибдену. Стабильно превышают допустимый уровень в 0.05 мг/дм<sup>3</sup> содержания нефтепродуктов. По данным ТЭЦ-1, за период с 1977–2010 гг. среднегодовые концентрации их составляли 0.06–0.35 мг/дм<sup>3</sup>.

Использование оз. Кенон как водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1 привело к существенной трансформации его природного химического состава. По ряду содержащихся в водах компонентов озеро не соответствует требованиям, предъявляемым к водным объектам рыбохозяйственного значения.

#### *Список литературы*

1. Гидрогеология СССР / Н. С. Богомолов [и др.]. М.: Недра, 1969. Т. XXI. Читинская область. 444 с.
2. Замана Л. В., Усманов М. Т., Усманова Л. И. Влияние золотвала Читинской ТЭЦ-1 на геологическую среду // Сергеевские чтения. Вып. 6. Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (Москва. 23–24 мар. 2004). М.: ГЕОС, 2004. С. 246–250.
3. Цыбекмитова Г. Ц. Содержание биогенных элементов (азот и фосфор) в воде озера Кенон – водоема охладителя ТЭЦ-1 // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 7. С. 39–43.

4. Чечель А. П. Водохозяйственные и технологические проблемы эксплуатации озера Кенон как водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1 // Записки Забайкальского отделения Русского географического общества. 2012. № 131. С. 142–147.

5. Шишкин Б. А., Мизандронцев И. В. Основные черты гидрохимического режима озера Кенон // Записки Забайкал. филиала Геогр. общ-ва СССР. Чита, 1973. Вып. ХСVI. С. 13–27.

6. Экология городского водоема / М. И. Итигилова [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. 260 с.

## **Hydrochemistry of Kenon Lake – the Chita TPS-1 Water Reservoir – Cooler**

***L. V. Zamana, L. I. Usmanova,***

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of SB RAS,  
Nedorezova, 16a, Chita, Russia*

The modern chemical composition of the lake water, used since 1965 as a water reservoir – cooler of a thermoelectric power station, is considered. The resulting changes in its hydrochemical characteristics are shown.

**Key words:** lake, hydrochemistry, chemical composition change

## **Влияние сбросов теплых вод Пермской ГРЭС на гидроэкологическую обстановку в Камском водохранилище**

***Е. А. Зиновьев, А. Б. Китаев, В. М. Носков,***

*Пермский государственный национальный  
исследовательский университет,  
ул. Букирева, 15, г. Пермь, Россия,  
e-mail: hydrology@psu.ru*

На основе полевых гидрофизических и гидрохимических исследований Камского водохранилища в районе расположения Пермской тепловой станции выявлены закономерности теплового загрязнения в акватории водоема при различных гидрометеорологических условиях. Дана оценка влияния нагретых вод станции на кислородный режим водохранилища и гидробиолию.

**Ключевые слова:** водохранилище, тепловое загрязнение, кислородный режим, гидробионты

Тепловое загрязнение. Источником теплового загрязнения является Пермская ГРЭС, расположенная на левом берегу водохранилища в 5 км выше г. Добрянки и в 65 км от плотины Камской ГЭС. Забор воды осуществляется через подводящий канал в 2,5 км выше по течению, сброс – через отводящий канал в 4 км от промплощадки ниже по течению.

После пуска первых агрегатов ГРЭС в термическом и ледовом режиме приплотинной части водохранилища произошли изменения. В безледоставный период в зоне станции образуются зоны теплового загрязнения и теплового влияния, где температура воды выше естественной более чем на 3 °С в случае теплового загрязнения и на 0,1 до 2,9 °С в случае теплового влияния. Площадь распространения теплых вод по гидродинамическим условиям можно разделить на две зоны: ближнюю, где происходит интенсивное турбулентное перемешивание подогретых и естественных вод и гасится скорость втекающей струи; и дальнюю, где перемешанные и охлажденные воды, как более легкие, распространяются в поверхностном слое, образуя вышеуказанные зоны, форма и площадь которых определяются в основном направлением, скоростью и продолжительностью действия ветра [3; 4].

Влияние, которое оказывает тепловой сброс с ГРЭС в разные сезоны года, проявляется не одинаково. В безледоставный период (проточность невелика), тепловое влияние распространяется на расстояние до 14 км ниже ГРЭС. В ледоставный период (при значительной проточности), тепловое влияние распространяется до плотины Камской ГЭС и прослеживается в нижнем бьефе гидроузла.

Для наблюдений был выбран период с максимальными температурами поверхности воды (9 июля 2007 г.), и период с температурами, близкими к минимальным в безледоставный период (25 октября 2007 г.). Анализ наблюдений, проведенных 9 июля показал, что вследствие высоких температур воздуха (+26,0 °С), державшихся в течение нескольких дней, а также благодаря слабым ветрам, фоновая температура поверхности воды поднялась до 23,0–25,0 °С, что на 3,0–4,0 °С выше, чем в соответствующие периоды наблюдений прошлых

лет. Поэтому и площади теплового загрязнения и влияния, несмотря на то, что количество работающих блоков ГРЭС оставалось прежним, оказались наибольшими. Данный факт объясняется исключительно метеорологическими условиями, которые в таком сочетании – длительные высокие температуры и слабый ветер – наблюдаются довольно редко. В период наблюдений 25 октября температура воздуха составляла 3 °С. Благодаря большой теплоаккумулирующей способности воды, ее температура была более чем в два раза выше, и ее значения изменялись от 6,0 до 7,0 °С. Как и в наблюдениях прежних лет, проводимых в октябре, разница температур забираемой и сбрасываемой воды была значительна и составила 10,8 °С. Площадь теплового загрязнения под влиянием северо-западного ветра ориентирована на юго-восток и составила 1,5 км<sup>2</sup>. Зона теплового влияния распространилась вниз до траверза устья р. Кважвы, что по площади составило примерно 15 км<sup>2</sup> [4].

Следовательно, площади зон теплового загрязнения и влияния определяются не только количеством сбрасываемых теплых вод, но зависят так же от метеорологических факторов – температуры воздуха, скорости, направления и продолжительности действия ветра, который определяет на этом участке основной вид течения – ветровой.

Из-за искусственного повышения температуры летом до 27–30 °С происходит удлинение вегетационного периода, увеличение количества планктона. Кроме того, усиливается токсическое действие загрязняющих примесей, уменьшается доступ света к водным растениям, что негативно сказывается на качестве воды. В створах г. Добрянки и выше г. Перми наблюдался дефицит растворенного кислорода (2004 г.). В конце ледостава при минимальной водности содержание растворенного кислорода снижалось до 3,08–2,34 мг/л при норме в зимний период не менее 4 мг/л.

Влияние теплового загрязнения на кислородный режим. Анализ температур и содержания кислорода в воде Камского водохранилища в районе г. Добрянки за периоды 1968–1972 гг. (до создания Пермской ГРЭС) и 1994–1998 гг. (после создания Пермской ГРЭС) показал, что с изменением температуры

произошло снижение концентрации растворенного кислорода в июле-августе и сентябре-октябре, а в мае-июне концентрация увеличилась. Для всего навигационного периода отмечается уменьшение содержания кислорода.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого и санитарного водопользования содержание растворенного кислорода в пробе не должно быть ниже 4 мг/дм<sup>3</sup> в любой период года. Для водоемов рыбохозяйственного назначения концентрация растворенного кислорода не должна быть ниже 4 мг/дм<sup>3</sup> в зимний период и 6 мг/дм<sup>3</sup> – в летний. По результатам наших исследований в навигационный период по содержанию кислорода (у дна) воды водохранилища в пределах рассматриваемого района соответствуют 2 классу качества (чистые). В зимний период содержание кислорода изменяется от 8,9 до 12,7 мг/дм<sup>3</sup> и воды относятся тоже к 2 классу качества (чистые). По величине БПК<sub>5</sub> (зимой БПК<sub>5</sub> изменялось от 0,64 до 0,65 мг/дм<sup>3</sup>), что соответствует 1 классу качества (очень чистые). Следовательно, сброс теплых вод Пермской ГРЭС практически не повлиял на класс качества воды по кислороду и БПК.

Влияние теплового воздействия на гидробиологию. Полевые исследования, проведенные вначале 1990-х гг. показали, что для оценки влияния теплового загрязнения на микробиоценоз в районе Пермской ГРЭС рационально использовать количественное соотношение сапрофитов мезофильной группы (с температурным оптимумом 20 °С) к численности термофилов (с температурным оптимумом 30 °С).

С июля по октябрь 1990 г. численность обеих групп сапрофитных бактерий, выделенных из воды, колебалась в широких пределах, достигая максимального развития в летнее время (13,5/11,0 тыс. кл/мл) и минимального (0,01/0,02 тыс. кл/мл) осенью, при этом, как правило, более высокие значения отмечены в придонных пробах [2]. В зоне влияния подогретых вод количество гетеротрофных микроорганизмов в среднем в 2–3 раза выше по сравнению с таковыми на контрольных участках. Максимальное их число обнаружено в зоне сильного подогрева, далее по мере разбавления подогретых вод про-

исходит заметное снижение численности сапрофитов, причем, эта тенденция сохранялась на протяжении всего периода исследований. В зоне с устойчивым влиянием теплового загрязнения доля термофильных сапрофитных форм превышала количество мезофиллов, выделенных из воды в летнее время. Вычленение из биоценоза мезофильных форм бактерий свидетельствует об устойчивом влиянии теплового фактора на формирование микробного сообщества.

Снижение температуры воды в осенний период приводит к снижению общей численности сапрофитных микроорганизмов в исследуемой зоне, как и во всем водоеме, однако, и в осеннее время удалось выделить термофильные формы сапрофитных бактерий, причем, наибольшее их количество (0,30 тыс. кл/мл) обнаружено вновь в зоне влияния теплового загрязнения. В 1992 г. сохранялась отмеченная ранее тенденция увеличения микробного числа в зоне влияния подогретых вод, особенно заметно это в летних пробах воды, отобранных у поверхности, где оно в среднем в 10 раз выше по сравнению с таковыми на контрольном участке в русловой части [2]. Распределение бактерий по глубине весьма различно на рассматриваемых участках и зависит от времени года. Так, на станциях, расположенных в зоне распространения подогретых вод Пермской ГРЭС число бактериальных клеток в поверхностных горизонтах почти в 3 раза превышало учтенное у дна в июле, а в августе оно несколько выше в донных пробах, осенью же оно практически не различалось. В русловой части показатели численности в большей степени отличались в летнее время.

Для определения степени влияния теплового загрязнения в течение суток был проведен суточный отбор проб воды с трех горизонтов на станции, расположенной на границе зоны теплового загрязнения, грунт отбирался дважды в течение суток. Исследованиями установлено, что заметных изменений численности микроорганизмов при отборе проб воды через каждые 4 часа не происходит. Количество мезофилов и термофилов колеблется в очень незначительных пределах от 0,48 до 1,06 тыс. кл/мл в первой группе и от 0,76 до

1,15 тыс. кл/мл во второй, а процентное соотношение обеих групп очень высокое от 50 до 97 %. В распределении сапрофитов по вертикали наблюдается снижение численности обеих групп почти наполовину, причем, на горизонте 0,5Н и у дна количество бактериальных клеток близко по значению. Наблюдения за динамикой численности в донных отложениях в течение суток дали сходную, с описанной для воды, картину [3].

Анализ многолетней динамики процесса показал, что численность мезофильных форм сапрофитных бактерий в 1990 г. ниже, чем среднегодовые данные фоновых наблюдений, полученные Т. И. Карпуниной в 1983–1985 гг. (соответственно 1983 – 15,6, 1984 – 3,5, 1985 – 3,6, 1990 – 1,3 тыс. кл/мл) [2]. Наблюдаемое снижение доли мезофиллов в микробиоценозе показывает не улучшение санитарного состояния исследуемого участка водохранилища, а лишь подтверждает замену их на термофильную группу, что свидетельствует об устойчивом характере воздействия теплового загрязнения в районе Пермской ГРЭС.

Результаты исследований 1992 г. показали, что в формировании микробиоценоза в районе действия Пермской ГРЭС произошли заметные изменения. Развитие микробного сообщества в воде происходило при доминирующем развитии мезофильных бактерий на всех изучаемых станциях и на протяжении всего периода исследования. Даже в зоне влияния подогретых вод сохраняется низкое количество термофилов. Максимальное различие в количественном отношении этих групп микроорганизмов обнаружено в летних пробах воды.

Следовательно, низкое количество термофилов в воде на протяжении всего срока исследования можно рассматривать как факт приспособления донных микроорганизмов к теплому загрязнению в неблагоприятных для их развития температурных условиях, сложившихся в период вегетации, поскольку даже в зоне влияния подогретых вод Пермской ГРЭС температура воды оказалась оптимальной для развития мезофилов и доминирующим их положением над численностью термофилов в составе микробного сообщества [2].

Влияние теплых сбросов от Пермской ГРЭС на количественный и качественный состав зообентоса подробно изучался в начале 1990-х гг. Е. И. Есюниной [1]. В течение 1988–1989 гг. собрано и обработано 70 проб зообентоса на 5 станциях Камского водохранилища (1 опытная и 4 контрольных). При исследовании бентоса учитывались качественные характеристики всего сообщества, особенности питания гидробионтов и численность отдельных трофических группировок. Видовой состав донных животных исследуемого района за время наблюдений представлен 20 видами хирономид, 7 видами олигохет, 6 видами моллюсков, кроме того, 1 видом пиявок и 1 видом ракообразных [1].

Для оценки различий в видовом составе контрольных и опытного участков был применен метод кластерного анализа. Различия в видовом составе незначительны (66 % сходства), однако, можно выделить 2 участка наиболее близких по составу донных животных – это 3 станции на мелководье и 2 станции на русловой части водоема; следовательно, различия фауны между участками наблюдаемой зоны связаны, скорее всего, не с действием антропогенного фактора, а с естественными расхождениями по глубинному градиенту. На исследуемом участке порядок доминирования видов характерен для мезомиксного комплекса организмов и определяется двумя видами доминантами 1 и 2 порядка и второстепенными видам с низкой величиной плотности. Для всех 5 станций набор доминантов практически одинаков. Индекс трофического разнообразия, показывающий равномерность представленности пищевых группировок, резко возрастает, что также подтверждает неблагоприятное трофической обстановки в зоне термического воздействия.

Оценка структуры сообщества по видовому разнообразию и выровненности гидробионтов, по их количественной представленности показывает, что на высокотемпературном полюсе градиента разнообразие и выравненность несколько меньше, чем на противоположном. Стабильность таких сообществ низка, однако, они сохраняются за счет упругости – способности возвращаться к прежнему состоянию после изменений под внешним воздействием. Изменение биомассы бентоса во

времени показывает, что в районе Добрянки каких-либо тенденций к снижению или увеличению этого показателя с поступлением теплых вод не обнаруживается.

**Выводы.** После создания Пермской ГРЭС отмечается уменьшение содержания кислорода для всего навигационного периода, однако сброс теплых вод станции практически не повлиял на класс качества воды по кислороду и БПК; на исследуемом участке водоема происходит приспособление донных микроорганизмов к тепловому загрязнению в неблагоприятных для их развития температурных условиях, температура воды при этом оказалась оптимальной для развития мезофилов; тепловое загрязнение не является определяющим в формировании макроструктуры зообентоса в приплотинной части Камского водохранилища.

#### *Список литературы*

1. Есюнина Е. И. Динамика донных беспозвоночных Камского водохранилища в районе сброса теплых вод Пермской ГРЭС // Биол. ресурсы камских водохранилищ. Пермь, 1992. С. 199–206.

2. Картунова Т. А. Изменения в зоопланктоне Камского водохранилища в течение вегетационного сезона (район г. Добрянки) // Биология водоемов Западного Урала. Пермь, 1985. С. 14–22.

3. Китаев А. Б., Носков В. М., Рочев А. В. Изменение теплового и химического загрязнения в приплотинной части Камского водохранилища при сооружении Добрянского ЦБК // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий: материалы 3-й Межрегион. науч.-практ. конф. Челябинск, 2008. С. 59–63.

4. Носков В. М. Исследование термического режима и оценка теплового загрязнения в приплотинной части Камского водохранилища // Геогр. вестн. Пермского гос. ун-та. Пермь, 2008. № 1. С. 117–133.

### **Influence of Dumpings of Warm Waters of Perm Thermoelectric Power Station on the Hydroecological Situation In the Kama Reservoir**

*E. A. Zinovyev, A. B. Kitaev, V. M. Noskov,  
Perm State National Research University,  
St. Bukirev, 15, Perm, Russia,  
e-mail: hydrology@psu.ru*

On the basis of field hydrophysical and hydrochemical researches of the Kama Reservoir around an arrangement of the

Perm thermal station regularities of thermal pollution in the water area of a reservoir at various hydrometeorological conditions are revealed. An assessment of influence of heated waters of the station on the oxygen mode of a reservoir and hydrobiology is given.

**Key words:** reservoir, thermal pollution, oxygen mode, hydrobionts

## **Гидрофизическая и гидрохимическая характеристика вод, поступающих в Камское водохранилище от Пермской ГРЭС**

***А. Б. Китаев,***

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,*

*ул. Букирева, 15, г. Пермь, Россия,*

*e-mail: hydrology@psu.ru*

На основе полевого обследования вод, поступающих от Пермской ГРЭС (по материалам 1999–2002 гг.), дана оценка качества этих вод, их соответствие принятым нормативам. Анализ ежемесячных сбросов проводился по 12 показателям. Выявлены проблемные показатели.

**Ключевые слова:** тепловая станция, водохранилище, химический состав вод, нормативы

**Целью** настоящего исследования является оценка качества вод, поступающих от Пермской ГРЭС в Камское водохранилище, соответствие их питьевым и рыбохозяйственным нормативам, выявление проблемных показателей и ответ на вопрос – является ли тепловая станция экологически чистым предприятием.

Сбросы Пермской ГРЭС анализировались каждый месяц в 1999–2002 гг. Опробования производилось в определенные дни месяца с интервалом не менее 15–20 дней. Анализ сбросов проводился по 12 показателям: температуре воды, рН, взвешенным веществам, хлоридам, жесткости, аммоний-иону, ХПК, железу общему, сульфатам, нефтепродуктам, сухому остатку, кислороду и алюминию.

Гидрофизические показатели. *Температура воды.* Согласно действующим нормативам, температура сбрасываемых в водные объекты стоков не должна превышать на 3 °С в летний период и на 5 °С в зимний период естественный фон [1].

Сбрасываемые Пермской ГРЭС воды имеют высокие значения температуры по сравнению с водоемом-приемником. Температура сбросных вод ГРЭС в течение всего рассматриваемого периода изменялась в пределах от 4 до 33 °С. Наименьшие значения температуры отмечались в период зимней сработки (вторая половина ноября–март). Интервал их изменения составил 5,0–14,5 °С. В этот же период наблюдался минимум температуры – 4 °С, который пришелся на ноябрь. В фазу весеннего наполнения температура воды увеличивалась, ее максимум в этот период достигал значения 28 °С, а пределы составили от 5 до 28 °С. Наивысшие значения температуры сбрасываемых вод в году наблюдались в летне-осенний период (июль–первая половина ноября) – 33 °С. Годовой ход температуры сбрасываемых ГРЭС вод следовал за ходом температуры воздуха, но при этом ее значения были на несколько градусов выше значений температуры камских вод.

*Взвешенные вещества.* Согласно действующим нормативам, в водотоки – приемники со сточными водами может поступать не более 0,25 мг/л взвешенных веществ по сравнению с фоновыми концентрациями. Анализ соответствия поступления взвешенных веществ со стоками ГРЭС нормативам затруднен ввиду отсутствия исчерпывающей информации, поэтому ниже приведен анализ той информации, которая имелась в наличии. В створе отбора проб ниже водовыпуска ГРЭС содержание взвешенных веществ как увеличивалось за весь рассматриваемый период, так и уменьшалось. Наибольшим количеством превышений нормы характеризовался 2000 г. Из отобранных в разные месяцы 7 проб превышение наблюдалось во всех случаях, в остальные годы из 6–8 проб нормативам по превышению фона не отвечали 2–3. Содержание взвешенных веществ, в сбрасываемых ГРЭС водах изменялось от 0 до 18,4 мг/л. При этом максимальные значения пришлось на наиболее водную фазу – весеннее наполнение – 18,4 мг/л. Далее

значения концентраций взвешенных веществ снизились почти в два раза и составили 0,25–8,7 мг/л. В фазу зимней сработки водоема отмечались наименьшие концентрации – 0,00–4,05 мг/л. Так как амплитуда колебаний концентрации взвешенных веществ в течение года достигает значительной величины, и при этом амплитуды внутри фаз гидрологического режима также велики, то можно предположить, что превышение установленного норматива на сброс взвешенных веществ наблюдается часто.

Гидрохимические показатели. *pH*. Эта характеристика является показателем щелочности или кислотности воды. Согласно действующим нормативам, *pH* воды может изменяться в пределах от 6 до 9 мг-экв/л. В течение рассматриваемого периода щелочность вод ГРЭС изменялась от 7,0 до 8,2 мг-экв/л. Следовательно, щелочность стоков не выходила за допустимые пределы. В период зимней сработки Камского водохранилища щелочность составила 7,0–8,0 мг-экв/л, в фазу весеннего наполнения – 7,1–7,8, в период навигационной сработки – 7,3–8,2.

*Сухой остаток*. Сухой остаток характеризует содержание минеральных солей и нелетучих органических соединений. Согласно питьевым и рыбохозяйственным нормативам, концентрация сухого остатка не должна превышать 1000 мг/л. Превышений допустимых нормативов сбрасываемыми ГРЭС водами не наблюдалось.

Сухой остаток во многом определяется содержанием в воде хлоридов и сульфатов, поэтому распределение его концентраций в году следует ходу концентраций этих элементов. Следовательно, наибольшие значения сухого остатка отмечались в фазу зимней сработки и составили 189–478 мг/л. С повышением уровней воды в период весеннего наполнения водоема значения концентраций снизились и были в пределах 58–433 мг/л.

*Хлориды и сульфаты*. Хлориды и сульфаты присутствуют во всех природных водах обычно в виде натриевых, кальциевых и магниевых солей. При отсутствии в воде кислорода сульфат-ионы под действием сульфитредуцирующих бакте-

рий восстанавливаются до сероводорода. При значительном содержании в воде хлоридов и сульфатов они являются причиной ее агрессивности по отношению к бетону. Воды, содержащие сульфат-ионы свыше 250 мг/л, оказывают разрушающее действие на бетонные конструкции вследствие образования гипса, что вызывает увеличение объема и образование трещин в бетоне. В свою очередь, присутствие в воде значительного количества хлоридов приводит к выщелачиванию и разрушению бетонного камня вследствие образования с известью растворимых хлористого магния и кальция.

Согласно действующим нормативам, для хлоридов и сульфатов установлены питьевые и рыбохозяйственные нормативы, которые составляют для хлоридов 350 и 300 мг/л, для сульфатов – 500 и 100 мг/л соответственно. За весь рассматриваемый период превышений питьевых и рыбохозяйственных ПДК как хлоридов, так и сульфатов не наблюдалось. Внутригодовая их динамика обратно пропорциональна ходу уровня воды. Наибольших значений концентрации хлоридов и сульфатов в среднем достигали в фазу зимней сработки, составляя 49–156 и 23–59 мг/л соответственно. По мере увеличения уровня воды их концентрации снижались, изменяясь в пределах 8–132 и 8–58 мг/л соответственно. В фазу навигационной сработки уровни воды постепенно уменьшаются, вместе с их уменьшением возрастают концентрации хлоридов и сульфатов в пределах 8–84 и 5–35 мг/л соответственно, однако в этот период поддерживаются наиболее низкие средние концентрации в году.

*Жесткость.* Жесткость воды обусловлена содержанием солей кальция и магния. Жесткость воды выражают в мг-экв/л. По установленным питьевым и рыбохозяйственным нормативам жесткость воды не должна превышать 7 мг-экв/л.

Сбрасываемые ГРЭС сточные воды за весь рассматриваемый период характеризуются соответствующей действующим нормативам жесткостью воды. Пределы изменений за 1999–2002 гг. составили 0,55–4,1 мг-экв/л. Наибольшими величинами жесткости характеризовался самый маловодный период года – период зимней сработки, когда уровни имели

минимальные значения. Величина жесткости в это время составляла 1,8–4,1 мг-экв/л. По мере увеличения уровней воды в водохранилище величина жесткости уменьшилась до значений 0,55–3,6 мг-экв/л, а в период наиболее высоких и стабильных уровней она имела наименьшие в году величины – 0,9–2,5 мг-экв/л.

*Аммоний – ион.* Азотсодержащие вещества (аммонийные соли, нитриты, нитраты) образуются в воде главным образом в результате разложения белковых соединений, попадающих в водоем со сточными бытовыми и промышленными водами. Реже в воде встречается аммонийный азот минерального происхождения, образовавшийся в результате восстановления неорганических азотистых соединений. Если причиной образования аммиака является гниение белков, то такие воды не пригодны для питья. По наличию азотсодержащих веществ в воде можно судить о загрязненности ее бытовыми стоками.

Согласно действующим нормативам, питьевая ПДК содержания  $\text{NH}_4^+$  в водах составляет 2 мг/л, рыбохозяйственная – 0,5 мг/л. За весь рассматриваемый период содержание  $\text{NH}_4^+$  в сбрасываемых ГРЭС водах изменялось в пределах 0,2–1,8 мг/л. Это свидетельствует о систематическом превышении рыбохозяйственных ПДК, при этом питьевая ПДК превышена не была. Наибольших значений концентрации  $\text{NH}_4^+$  достигали в период весеннего наполнения, составив 0,25–1,8 мг/л, несколько меньше в фазу зимней сработки – 0,25–1,13 мг/л. Самые низкие концентрации отмечались в период летне-осенней стабилизации уровня воды – 0,2–0,68 мг/л.

*Железо общее.* В поверхностных водах железо встречается в форме органических комплексных соединений, коллоидов или тонкодисперсных взвесей. Длительное употребление человеком воды с повышенным содержанием железа может привести к заболеваниям печени. Такая вода неприятна на вкус, причиняет неудобства в быту. Присутствие в воде железа может способствовать развитию в трубах и теплообменных аппаратах железистых и марганцевых бактерий, продукты жизнедеятельности которых вызывают уменьшение сечения, а иногда их полную закупорку.

Питьевая ПДК содержания железа в водах составляет 0,3 мг/л, рыбохозяйственная – 0,1 мг/л. Весь рассматриваемый период характеризуется наличием повышенных концентраций железа в водах, сбрасываемых ГРЭС. Наибольшие значения концентраций железа отмечались в период весеннего наполнения, когда происходил интенсивный смыв и выщелачивание талыми снеговыми водами соединений различных веществ на площади водосбора. Значения концентраций в этот период составили 0,84–2,9 мг/л. Также достаточно высокие, но ниже весенних концентрации соединений железа наблюдались зимой, когда из-за недостатка кислорода, который контролирует переход металлов из нерастворимой формы в растворимую, могли происходить процессы восстановления оксидов металлов, особенно железа. При этом происходит выделение сорбированных железом металлов. Пределы изменения концентраций в зимнее время составили 0,52–1,16 мг/л. Период летне-осенней стабилизации уровня воды характеризовался несколько меньшими значениями концентраций железа – 0,4–1,1 мг/л.

*Алюминий.* Согласно действующим нормативам, питьевая ПДК содержания алюминия в водах составляет 0,5 мг/л, рыбохозяйственная – 0,1 мг/л. Наибольших значений концентрации алюминия в сбросах достигали в период весеннего наполнения водохранилища – 0,04–0,14 мг/л. В среднем в два раза ниже концентрации отмечались в фазу зимней сработки (0,027–0,068 мг/л) и наиболее низкие концентрации приходились на летне-осенний период, изменяясь в пределах 0,022–0,072 мг/л.

*Нефтепродукты.* Согласно действующим нормативам, питьевая ПДК содержания нефтепродуктов в водах составляет 0,1 мг/л, рыбохозяйственная – 0,05 мг/л.

За весь рассматриваемый период наличие нефтепродуктов в сбрасываемых ГРЭС водах отмечалось в 1999–2001 гг. При этом превышение ПДК отмечалось лишь в 1999 г., и в основном в зимний период (до 0,48 мг/л). В период весеннего наполнения их концентрации снизились (0,00–0,15 мг/л), а в навигационный период составили 0,00–0,096 мг/л, превысив только рыбохозяйственную ПДК.

*Кислород.* Резкое снижение содержания кислорода в воде указывает на ее загрязнение. Согласно действующим нормативам, содержание кислорода в воде не должно снижаться ниже величины  $6 \text{ мгО}_2/\text{л}$ . За весь рассматриваемый период наблюдения за содержанием кислорода в сбрасываемых водах Пермской ГРЭС, тревожная ситуация сложилась только в 1999 г. Снижение величины кислорода в воде ниже нормы отмечалось в отдельные месяцы каждой фазы гидрологического режима. Наименьшие значения кислорода отмечались в период ледостава, когда был прекращен его доступ из атмосферы, а оставшийся подо льдом использовался на дыхание гидробионтов. В этот период его содержание варьировало в пределах  $4,1\text{--}9,3 \text{ мгО}_2/\text{л}$ . В весенний период, когда водные объекты очистились ото льда, содержание кислорода несколько возросло и составило  $5,4\text{--}9,1 \text{ мгО}_2/\text{л}$ . Наибольших значений содержание кислорода достигало в фазу летне-осенней стабилизации уровня воды –  $5,1\text{--}10,4 \text{ мгО}_2/\text{л}$ .

*Химическое потребление кислорода.* ХПК – это количество кислорода, потребленное при общем химическом окислении органических компонентов до неорганических продуктов. Оно обусловлено содержанием в воде органических веществ и может служить характеристикой загрязненности воды. ПДК величины ХПК вод составляет  $15 \text{ мг/л}$ . За весь рассматриваемый период величина ХПК изменялась в пределах  $2,7\text{--}49 \text{ мг/л}$ , достигая наибольших величин в периоды зимней сработки и весеннего наполнения: зимой –  $2,7\text{--}49$ , весной –  $15,7\text{--}48 \text{ мг/л}$ . Превышение ПДК наблюдалось примерно в 95 % случаев за рассматриваемый период. В фазу летне-осенней стабилизации уровня значения ХПК были также достаточно высоки –  $22\text{--}46 \text{ мг/л}$ . Таким образом, в течение всего года поддерживались повышенные значения ХПК, свидетельствующие о наличии в воде органики.

**Выводы.** В течение всех фаз гидрологического режима Камского водохранилища отмечается превышение установленного норматива на сброс взвешенных веществ; воды, сбрасываемые в отводящий канал и далее в водохранилище имеют нейтральную или слабощелочную среду; имеются повышен-

ные значения ХПК (до 3-х ПДК), что свидетельствует о наличии в водах органических веществ; воды, поступающие от тепловой станции, имеют превышение ПДК по иону аммония (рыбохозяйственный норматив) и общему железу; имеются также превышения по алюминию в период весеннего наполнения водоема (рыбохозяйственный норматив) и нефтепродуктам.

Воды, поступающие от Пермской ГРЭС, не всегда являются достаточно чистыми, имеются превышения предельно-допустимых концентраций по некоторым показателям химического состава вод. Однако они не столь велики и загрязненные воды, попадая в Камское водохранилище, быстро перемешиваются, и все повышенные концентрации химических веществ в сбросах станции приходят в норму. Таким образом, тепловую станцию можно считать достаточно экологически чистым предприятием.

#### *Список литературы*

1. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000.

## **The Hydrophysical and Hydrochemical Characteristic of the Waters Coming to the Kama Reservoir from Perm Thermoelectric Power Station**

*A. B. Kitaev,*

*Perm State National Research University,*

*St. Bukirev, 15, Perm, Russia,*

*e-mail: hydrology@psu.ru*

Based on the field survey of the waters coming from the Perm thermoelectric power station on materials of 1999–2002. Assess the quality of these waters, their compliance with the adopted standards. Analysis of monthly discharges were made of 12 indicators. Problem indicators are identified.

**Key words:** thermal station, reservoir, the chemical composition of water standards

## Из опыта предпроектных научных проработок вариантов размещения новых площадок при реконструкции золоотвала Читинской ТЭЦ-1

**В. Г. Кондратьев,**

*«ТрансИГЭМ», Забайкальский государственный университет,  
ул. Александро-Заводская, 30, г. Чита, Россия,  
e-mail: v\_kondratiev@mail.ru*

Приводятся возможные варианты конструкций гидроизоляции дна и верховых откосов ограждающих сооружений золоотвала, а также анализ особенностей этих конструкций и технологии их сооружения.

**Ключевые слова:** золоотвал, инженерно-геологические и гидрогеологические условия

В конце прошлого века остро встал вопрос о реконструкции золоотвала, расположенного в 3 км северо-западнее ТЭЦ-1, размещенной на насыпной площадке в прибрежной части оз. Кенон, из которого осуществляется забор свежей воды для системы гидрозолоудаления и который используется также как водоем-охладитель. Теплоэлектростанция работает с 1965 г., золоотвал – с 1973 г. До этого зола складировалась в заливе озера, отгороженного дамбой. Золоотвал имел площадь около 115 га, размещен в естественном понижении холмисто-увалистой поверхности днища Читино-Ингодинской межгорной впадины, заполненной терригенно-осадочными породами. По периметру золоотвала сооружена дамба, которая периодически наращивалась, однако разумная емкость золоотвала была практически исчерпана. Золоотвал состоял из двух секций, в одну секцию по кольцевому трубопроводу сбрасывалась пульпа, вода из которой переливалась во вторую секцию, отстаивалась, и снова возвращалась в систему гидрозолоудаления. Противофильтрационного экрана золоотвал не имеет. Фильтрационные потери оценивались ориентировочно в 550 м<sup>3</sup>/час. Для перехвата инфильтрационных вод было пробурено несколько скважин [1; 2].

Для перспективного размещения золоотвала в начале изучалось два варианта: 1) площадка № 3, примыкающая к су-

существующему золоотвалу с севера; 2) площадка № 4 в 2 км западнее золоотвала (рис. 1). Геологические исследования площадок выполнялись в 1994–1996 гг. Читинской партией Западного горно-геологического предприятия, проектные разработки в 1996 г выполнил Новосибирсктеплоэлектропроект.

В 1999 г. НПП «ТрансИГЭМ» выполнил предпроектные научные проработки по новому варианту размещения золоотвала – на площадке, непосредственно примыкающей с западной стороны к существующему золоотвалу (рис. 1), и сделал выводы:

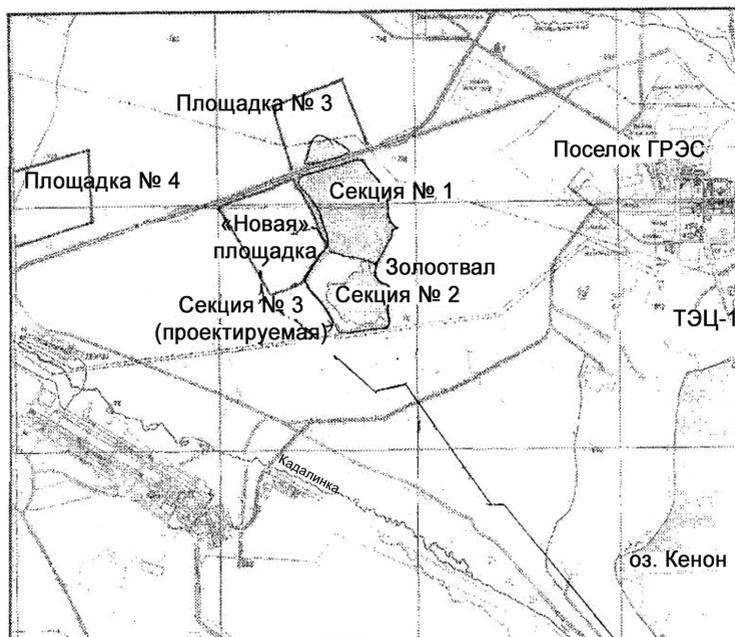
1. Разведанный участок под площадки золоотвалов № 3, № 4 принадлежит к центральной части Читино-Ингодинской впадины. Геологическое строение площадок определяется повсеместным развитием маломощного (до 1–3 м) чехла делювиальных отложений (щебень с суглинисто-супесчаным заполнителем), пролювиальных отложений такого же состава и мощностью до 5 м по долинам логов и ручьев, коренных нижнемеловых пород тургинской серии, представленных переслаивающимися алевролитами, аргиллитами и песчаниками.

2. Породы тургинской серии имеют угол падения около 10° на юго-запад, т.е. в сторону, противоположную от поселка ГРЭС, аэропорта и озера Кенон. Толща разбита тектоническими трещинами, преимущественно субмеридионального простирания.

3. Специальных определений фильтрационных параметров не проводилось. Наличие водоносных горизонтов пластового типа не подтверждается наблюдениями при бурении. Наиболее вероятной является схема гидрогеологического строения, при которой водоносной является верхняя, относительно маломощная зона экзогенной трещиноватости терригенных пород тургинской серии. Существенной разницы в проницаемости этой зоны нет, вне зависимости от литологической характеристики верхней части разреза. Мощность обводненной части трещиноватой зоны – первые метры; возможно увеличение мощности в полосе прослеженных тектонических нарушений.

К зоне экзогенной трещиноватости приурочен поток грунтовых вод, направленный к юго-востоку, в оз. Кенон. О величине расхода этого потока сведений нет, однако, наличие островной мерзлоты в зоне транзита этого потока свидетельствуют о малых расходах.

4. Области рассредоточенной и, возможно, субаквальной разгрузки являются русло реки Кадалинка и западный берег озера. В связи с этим, маловероятно влияние потока на мерзлотно-геологические явления (пучение, наледы и т. д.), на территориях, находящихся за этими дренами.



*Рис. 1.* Общая схема района размещения площадок

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия площадок № 3 и № 4 практически одинаковы. Фильтрационные свойства всех пород тургинской серии, вероятно, близки, поскольку они прошли в своей геологической истории

одинаково сложные этапы диагенеза и метаморфизма. Проницаемость пород в этом случае определяется не их литологическим обликом, а экзогенной трещиноватостью, которая обычно мало различается для песчаников и аргиллитов.

5. Оценка расхода потока грунтовых вод от золоотвала была сделана следующим образом. Если принять ширину ленты тока равной максимальной ширине золоотвала, т. е. 800 м, а мощность грунтового потока – 10 м, то площадь поперечного сечения “условно грязной” ленты тока будет 8000 м<sup>2</sup>. Уклон грунтового потока вычисляется путем деления разности отметок воды на золоотвале и в оз. Кенон на расстоянии между ними –  $(717-653) / 3600 = 0,002$ .

О коэффициенте фильтрации для водоносной зоны экзогенной трещиноватости сведений нет. Заметим, что специальные опытно-фильтрационные исследования здесь не проводились, а в условиях вероятной резкой фильтрационной неоднородности они могут и не дать истинного распределения величин проницаемости. В связи с этим приняты в расчет ориентировочные значения в максимальном диапазоне – от 0,1 до 2,0 м/сут. В этом условно принятом диапазоне расход потока оказывается равным:  $Q = kFJ = (0,1 - 2,0) \times 3000 \times 0,002 =$  от 0,6 до 12 м<sup>3</sup>/сут. Полученная величина является весьма малой, однако ее отслеживание современными методами мониторинга вполне реально.

Таким образом, имеющиеся материалы позволили считать инженерно-геологические и гидрогеологические условия площадок № 3 и № 4 принципиально одинаковыми. Следовательно, и новая площадка, непосредственно примыкающая к существующему золоотвалу и являющаяся практически смежной площадке № 3, также перспективна по условиям геологической среды.

Опыт эксплуатации существующего золоотвала показал приемлемость его традиционной конструкции, предполагающей выравнивание ложа и отсыпку дамб из местного материала – делювиальных суглинков со щебнем. Разработка таких грунтов может производиться обычной землеройной техникой. В этом отношении предпочтительнее строить золоотвал

западнее существующего, поскольку одна ограждающая дамба (восточная) уже имеется, противоположная сторона имеет естественное превышение над днищем золоотвала. Таким образом, придется отсыпать лишь боковые дамбы.

Одной из важнейших задач при устройстве нового золоотвала является его надежная изоляция, исключающая вероятность загрязнений подземных и поверхностных вод. Необходимо решить вопросы защиты собственно конструкций гидроизоляции. К таким мероприятиям следует отнести, по меньшей мере, устройство нагорных канав, огибающих площадку золоотвала с верховой и боковой (не примыкающей к существующему золоотвалу) стороны. Глубина нагорных канав должна обеспечивать исключение серьезного подтопления поверхности дна золоотвала при максимальных расходах атмосферных осадков.

В заключении отметим, что с целью оценки степени воздействия золоотвала на геологическую среду необходимо проводить дальнейшие мониторинговые инженерно-геокриологические и гидрогеологические исследования в зоне его возможного влияния. Результатом этих исследований должна явиться оценка эффективности принятого решения, а также прогноз неблагоприятных ситуаций в результате расширения и реконструкции действующего золоотвала Читинской ТЭЦ-1.

#### *Список литературы*

1. Замана Л. В., Усманов М. Т., Усманова Л. И., Борзенко С. В. Влияние золоотвала Читинской ТЭЦ-1 на геологическую среду // Сергеевские чтения. Вып. 6. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (23–24 марта 2004). М.: ГЕОС, 2004. С. 246–250.
2. Итигилова М. Ц., Чечель А. П., Замана Л. В. Экология городского водоема. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. 260 с.
3. Шестернев Д. М., Лапкин Г. И., Татауров С. Б. Геоэкологические проблемы эксплуатации теплоэлектростанций южной периферии криолитозоны Забайкалья // Сергеевские чтения. Вып. 5. Молодежная секция: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (24–25 марта 2003). М.: ГЕОС, 2003. С. 430–434.

## From the Experience of Pre-Project Scientific Processing of Options for New Squares Placement at the Chitinskaya CHPP-1 Receptation Reconstruction

*V. G. Kondratiev,*

*Transbaikal State University,*

*St. Aleksandro-Zavodskaya, 30, Chita, Russia*

*e-mail: [v\\_kondratiev@mail.ru](mailto:v_kondratiev@mail.ru)*

Possible variants of waterproofing structures for the bottom and upper slopes of the enclosing structures of the ash dump are presented, as well as an analysis of the features of these structures and the technology of their construction.

**Key words:** ash dump, engineering-geological and hydro-geological conditions

## Влияние тепловой электростанции на зоопланктон озера Кенон

*И. Ф. Кривенкова,*

*Забайкальский государственный университет,*

*ул. Бабушкина, 129, г. Чита, Россия,*

*e-mail: [krivenkova\\_iren@list.ru](mailto:krivenkova_iren@list.ru)*

Представлены материалы по зоопланктону озера Кенон.

Приведена сравнительная характеристика видового состава данных за 1946 г., 1966–1967 г., 1969–1972 г., 1985–1986 г., 1994–1996 гг. (Боруцкий, 1952; Комарова, Шкатулова, 1969; Кузьмич, Семенюк, 1972; Итигилова, 1998; Кривенкова, 1999).

**Ключевые слова:** зоопланктон, водоем-охладитель

Озеро Кенон эксплуатируется в качестве водоема-охладителя с 1965 г. Ежегодно на технологические нужды из озера отбирается около 110 млн м<sup>3</sup> воды. Современное гидрохимическое состояние озера характеризуется трехкомпонентным катионным и анионным составом с преобладанием сульфатов (хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатная кальциево-натриево-магниевая). Величина *pH* в летний период составляет 8,8–9,1,

минерализация – до 0,6 г/л. Основные изменения биоты проявляются на участке, прилегающем к гидросооружениям, к северо-западным и западным берегам, площадью около 2 км<sup>2</sup>. Под действием сброса подогретых вод, отводимых с ТЭЦ-1, происходит изменение температурного режима озера и в безледный период температурная разница обогреваемых и необогреваемых зон составляет до 7 °С.

Целью работы явилось сравнение видового разнообразия и количественного развития зоопланктона озера Кенон за 30-летний период существования в качестве водоема-охлади-теля.

Исследование зоопланктона озера Кенон проводилось с июня по сентябрь с 1994–1996 гг. Материалом послужили 235 количественных проб. Для оценки роли фитофильного зоопланктона пробы отбирались в зарослях высшей водной растительности и незаросшей части литорали. В качестве орудия лова использовалась сеть Джеди, в зарослях – зарослечерпатель Зимбалеvской, площадью захвата 0,1 м<sup>2</sup>, размер ячеи мельничного сита 70–100 мкм. Обработка материала проводилась по общепринятому гидробиологическому методу. При переходе от численности к биомассе использовались уравнения зависимости массы тела животного от его длины, по данным Балужкиной, Винберга. Для сравнения зоопланктона различных биоценозов озера использовался индекс значимости (ВР), рассчитанный как произведение средней арифметической биомассы (В, г/м<sup>3</sup>) на встречаемость вида (Р, %).

Результаты. Первое исследование зоопланктона озера проведено амурской ихтиологической экспедицией в 1946 г. [1]. Сведения о зоопланктоне базируются на данных двух проб, отобранных в центре озера и у северного побережья. Зоопланктон был представлен 9 видами, коловратками: *Polyarthra trigla vulgaris*, *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis*; ветвистоусыми ракообразными: *Ceriodaphnia quadrangula*, *Daphnia cristata longispina*, *Bosmina coregoni*; веслоногими: *Macrocylops sp.*, *Cyclops abyssorum*, *Mesocyclops leuckarti*.

Дальнейшие исследования проводились И. В. Комаровой и А. П. Шкатуловой в 1966–1967 гг. – первый год эксплуатации

озера в качестве водоема-охладителя. В составе зоопланктона обнаружено 15 таксономических единиц: коловраток 6 таксонов: *Polyarthra* sp., *A. priodonta*, *Lecane* sp., *Brachionus* sp., *K. cochlearis*, *K. quadrata* 8 видов ветвистоусых ракообразных: *Diaphanosoma brachyurum*, *C. quadrangular*, *D. longispina longispina*, *D. longispina* var. *cucullata*, *Macrothrix hirsuticornis*, *B. longirostris*, *B. coregoni*, *Bythotrephes longimanus*, веслоногих раков – 1 вид *C. strenuus* [2].

В 1969–1972 гг. влияние тепловой электростанции на зоопланктон изучали В. Н. Кузьмич и Г. А. Семенюк. С 1971 г. для поддержания уровня воды в озере производится водозабор из р. Ингода, относящейся к Амурскому бассейну. В данные годы исследования было обнаружено 53 таксона. Коловраток 26 видов, 17 видов ветвистоусых ракообразных и 9 таксонов веслоногих раков. Доминирующими видами среди коловраток являлись *K. quadrata*, *Synchaeta* sp., *A. priodonta*, ветвистоусых ракообразных *Ceriodaphnia pulchella*, *B. longirostris*, веслоногих *M. leuckarti* [3]. В летне-осеннем периоде 1971 г. отмечено, что общая продукция фильтраторов на станции “ТЭЦ” и “Центр” была одинаковой и составляла 40 г/м<sup>3</sup> или 94 кДж/м<sup>3</sup>, а продукция хищного планктона – 6 г/м<sup>3</sup> или 14,1 кДж/м<sup>3</sup> [3; 4].

С 1985–1986 гг. зоопланктон изучался М. Ц. Итигиловой, видовой состав определялся 51 таксономической единицей, коловраток – 21 таксон, ветвистоусых – 21 вид, веслоногих – 9 видов, из которых 16 таксонов не были отмечены ранее [5].

С 1994–1996 гг. зоопланктон зарослей высшей водной растительности исследовался автором и определялся 73 видами: коловраток – 35, ветвистоусых рачков – 26, веслоногих – 12. Было выявлено 30 неотмеченных ранее видов. Данные виды были встречены в основном в зарослях высшей водной растительности. Развитие фитофильного зоопланктона зависит от морфологии растения, наличия перифитоновых организмов, как источника питания для живущих на них беспозвоночных, фитонцидной активности растения, плотности их произрастания и других факторов. В зарослях обитали коловратки: *Notommata copeus*, *Trichocerca elongata*, *Lecane inermis*, *L. cornuta*, *L. lunaris*, *L. tenuiseta*, *Trichotria tetractis*,

*Lepadella patella*, *Euchlanis lyra*, *E. pyriformis*, *Brachionus angularis*, *Platylas quadricornis*, *Dissotrocha aculeata*, *Testudinella mucronata*, *Pompholyx complanata*. Из ветвистых раков к высшей водной растительности приурочены: *Scapholeberis erinaceus*, *Pleuroxus truncatus*, *Alona costata*, *A. guttata*, *A. rectangula elegans*, *Graptoleberis testudinaria*, *Chydorus sphaericus* s.st., *Monospilus dispar*. Доминирующими видами в ассоциациях макрофитов являлись *S. crystallina*, *E. lamellatus*, виды рода *Alona*, *C. sphaericus*, которые практически не встречались в незаросшей части литорали. Из веслоногих, предпочитающие заросли: *Eucyclops denticulatus*, *E. serrulatus*, *Paracyclops fimbriatus*, *P. poppei*, *Microcyclops varicans*.

Подогрев оказывает влияние на видовой состав доминирующего комплекса зоопланктона и его обилие. В зарослях тростника обыкновенного доминантным видом являлась *S. crystallina*, максимальная его численность в зарослях тростника термальной зоны достигала 20,52 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 2,56 г/м<sup>3</sup>, а в зоне без влияния подогретых вод эти показатели составляли 7,76 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 0,6 г/м<sup>3</sup>. Средняя биомасса *S. crystallina* за сезон в растительной ассоциации тростника термальной зоны – 0,47 г/м<sup>3</sup>, а в зоне без влияния – 0,28 г/м<sup>3</sup>. Индекс значимости (ВР) для *S. crystallina* был равен 46,8 в термальной зоне и 25,4 – в зоне без влияния подогретых вод. Максимальные значения численности и биомассы зоопланктона в зарослях тростника термальной станции 132,2 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 4,5 г/м<sup>3</sup>, а в районе без влияния подогретых вод – 71,1 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 1,5 г/м<sup>3</sup>. Средневзвешенные значения численности и биомассы зоопланктона за вегетационный период в зарослях тростника термальной зоны составляли 70,5 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 1,7 г/м<sup>3</sup>, а в зоне без влияния – 25,4 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 0,5 г/м<sup>3</sup>. Продукция зоопланктона в зарослях тростника термальной зоны в 3 раза выше, чем в зоне без влияния подогретых вод. Так, продукция за летний период в термальной зоне составляла 70,0 кДж/м<sup>3</sup>, а в фоновой – 23,5 кДж/м<sup>3</sup>.

Сравнивая зоопланктон в зарослях урути колосистой обогреваемой и необогреваемых зон, отмечалось более высокое

значение показателя индекса ВР для доминирующего вида *E. lamellatus* в зоне влияния – 40,9 и 23,1 – в зоне без влияния подогретых вод. Ранжирование доминирующих видов зоопланктона по индексу значимости (ВР) в зарослях урути показало, что *E. lamellatus* предпочитал в водоеме термальную зону, где его максимальная биомасса составляла 2,78 г/м<sup>3</sup>, а в зоне без влияния подогретых вод – 0,28 г/м<sup>3</sup>. Средневзвешенные значения численности зоопланктона за период вегетации урути в зоне вне влияния подогретых вод составляли 39,8 тыс. экз./м<sup>3</sup>, а в термальной зоне – 66,7 тыс. экз./м<sup>3</sup>, за счет большого количества коловраток рода *Euchlanis*, представителей отряда *Bdelloida*, *T. patina* и других. Средневзвешенные показатели биомассы зоопланктона в урути (за период ее вегетации) для обеих зон – 1,1 г/м<sup>3</sup>, где основу составляли ветвистоусые ракообразные. В зарослях урути в зоне влияния подогретых вод основу биомассы составляли ветвистоусые: *E. lamellatus*, *S. crystallina*. На термальных станциях доля ветвистоусых раков по численности всегда меньше, а доля коловраток больше, данная закономерность характерна и для других типов зарослей. Сравнивая размерные показатели популяций *S. crystallina*, обитающих в участках с максимальным обогревом водоема-охладителя с популяцией из необогреваемой зоны, прослеживалось уменьшение длины самок с увеличением температуры. Подтверждается закономерность, согласно которой увеличение скорости роста наряду с укорочением общего периода развития при повышении температуры приводит к уменьшению размеров, достигаемых взрослыми особями, а значит средняя длина тела партеногенетических самок *S. crystallina* уменьшается, что приводит к уменьшению средней популяционной плодовитости рачков.

Наибольшая биомасса зоопланктона отмечалась в подогреваемой зоне зарослей рдеста курчавого и составляла 5,1 г/м<sup>3</sup>, что обусловлено развитием теплолюбивого рачка *E. lamellatus*. Доминирующим комплексом в зарослях рдеста обогреваемой зоны составляло сообщество *E. lamellatus* и *S. crystallina*. Индекс значимости для *E. lamellatus* составил 74,9, а для *S. crystallina* – 48,2.

Доминирующий комплекс зоопланктона в зарослях горца земноводного и болотноцветника щитолистного необогреваемой зоны представлен сообществом *S. crystallina* + *B. longirostris*. Индекс значимости для *S. crystallina* самый высокий из всех типов зарослей и равен 81,1.

В обогреваемых зарослях, по сравнению с необогреваемыми, отмечалось превышение численности организмов в 1,7–2,8 раза в основном за счет фитофильного зоопланктона.

В зоне свободной от зарослей средневзвешенные показатели численности зоопланктона отличаются незначительно, средневзвешенная биомасса меньше в 2 раза в необогреваемой части озера. В подогреваемой зоне, свободной от макрофитов, биомасса и численность зоопланктона в 2 раза меньше. Отмечается преимущественное развитие копепод, в частности теплолюбивого рачка *M. leuckarti*. Данная особенность связана с травмированием ветвистоусых раков при прохождении через охлаждающую систему ТЭЦ, связанную с большим перепадом температур, наличием золы в термальной зоне, что вызывает гибель большей части животного населения в данном биоценозе.

В обогреваемой зоне максимальные значения биомассы в зарослях и незаросшей литорали отмечались в начале октября. В зоне без влияния подогретых вод пик численности и биомассы отмечался в конце августа. Таким образом, происходило смещение пика в динамике развития зоопланктона на месяц вперед в зоне влияния подогретых вод. Наличие выраженного октябрьского пика биомассы в обогреваемой зоне озера Кенон обусловлен определенным термическим режимом и видовым составом зоопланктона.

Продукция фильтраторов на станции “Центр” в 2,4 раза меньше, что обусловлено снижением биомассы зоопланктона, в связи с увеличением доли мелких ветвистоусых ракообразных *C. quadrangula* и *B. longirostris* вместо *D. longispina*.

В литературе приводятся противоречивые данные по изменению обилия зоопланктона в отепленной зоне за период открытой воды водоемов-охладителей, что связано, с типом водоема, климатическими условиями, уровнем его трофии,

доминирующей группой зоопланктона, степенью подогрева. За тридцатилетний период исследования озера Кенон отмечается увеличение видового разнообразия всех групп зоопланктона. В 90-х гг. произошло увеличение видового разнообразия коловраток рода *Lecane*, *Euchlanis*, *Lepadella*, отмечены представители отряда Bdelloida. Во все периоды исследования отмечены виды рода *Keratella* и *A. priodonta*. Среди ветвистых ракообразных произошло увеличение видового разнообразия рода *Alona*, доминирующими видами в последние годы являются *D. galeata*, ранее исследователи отмечали *D. cristata longispina* и *D. longispina longispina*. Среди веслоногих раков отмечены новые виды, такие как *E. denticulatus*, *P. poppei*, *T. oithnoides*, *C. kolensis* – доминирующий вид в настоящее время среди отряда Cyclozoidea. Умеренный подогрев воды благоприятен для жизнедеятельности гидробионтов в зарослях высшей водной растительности озера Кенон. Увеличение численности, биомассы и продукции зоопланктона характерно для термальной зоны всех растительных ассоциаций. Отмечалось увеличение продукции зоопланктона в зарослях термальной части озера, по сравнению с необогреваемой зоной. При исследовании зоопланктона фоновой и термальной зон озера отмечались различия в видовом составе, структуре доминирующего комплекса, численности и биомассе зоопланктона, сдвиге фенологических явлений. Расчеты по продукции, проведенные в 1995 г., показали, что продукция зоопланктона как заросшей, так и не заросшей литорали отличались в сторону ее увеличения в обогреваемых зонах. Умеренный подогрев воды в весенне-осенний период более благоприятен для развития зоопланктона, нежели на участках сильного перегрева, где отмечалось повышение температуры воды выше 26 °С.

#### Список литературы

1. Боруцкий Е. В. Сестон бассейна Амура и его роль в питании амурских рыб // Труды Амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949 гг. М.: Изд-е МОИП, 1952. Т. 3. С. 141–228.
2. Комарова И. В., Шкатулова А. П. Зоопланктон озера Кенон (Читинская область) // Вопросы географии и биологии Забайкалья. Вып. 19. Чита, 1969. С. 105–116.

3. Кузьмич В. Н., Семенюк Г. А. Продукция зоопланктона в водоеме-охладителе озере Кенон за безлѣдный период // Лимнологические исследования в Забайкалье. Зап. Забайкал. филиала Геогр. о-ва СССР. Вып. 96. Чита, 1973. С. 113–120.

4. Семенюк Г. А. Влияние тепловой электростанции на зоопланктон водоема-охладителя (на примере озера Кенон в Забайкалье): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Минск, 1980. 23 с.

5. Экология городского водоема / М. Ц. Итигилова, А. П. Чечель, Л. В. Замана [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. 260 с.

## **Thermoelectric Power Station Impact on the Zooplankton in the Lake Kenon**

***I. Ph. Krivenkova,***

*Zabaikalsky State University,*

*St. Aleksandro-Zavodskaya, 30, Chita, Russia,*

*e-mail: krivenkova\_iren@list.ru*

This work presents data on zooplankton from Lake Kenon. Species composition of zooplankton studied in 1996 were compared to those obtained in 1946, 1966–1967, 1969–1972, 1985–1986 (Borutskiy, 1952; Komarova, Shkatulova, 1969; Kuzmich, Semeniuk, 1972; Itigilova, 1998; Krivenkova, 1999).

**Key words:** zooplankton, refrigerant reservoir

## **Пресноводные макроводоросли в мониторинге загрязнения вод токсичными металлами<sup>1</sup>**

***А. П. Куклин,***

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,*

*Недорезова 16а, г. Чита, Россия,*

*e-mail: kap0@mail.ru*

Автор ставит перед собой цель поиска биомониторов токсичных элементов на территориях, где отсутствует мониторинг за трансграничным переносом загрязнений. Было определено содержание *Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Mo, Cd, Hg, Pb* в макроводорослях из водных объектов на пригра-

---

<sup>1</sup> РФФИ-Сибирь № 14-05-98013 при финансовой поддержке грантов РФФИ-Забайкальский край № 11-05-98034-р\_сибирь\_a, Интеграционного проекта № 23.

ничной с Монголией и Китаем территориях. Анализ данных по содержанию ТМ показал, что имеются пространственные различия в концентрациях химических элементов. Макроводоросли содержат более высокие концентрации (*Cu*, *Zn* и прочие) на участках, подверженных загрязнению. Статистическая оценка показала, что существует корреляция между концентрациями токсичных элементов в водорослях, собранных на одних участках. В качестве объектов для мониторинга на особо проблемных участках нами предложены *Tribonema sp.*, *Cladophora fracta*, *Spirogyra spp.*, *Ulothrix zonata*, которые могут быть взаимозаменяемы.

**Ключевые слова:** пресноводные экосистемы, макроводоросли, токсичные элементы

Горнодобывающая промышленность вносит значительный вклад в загрязнение вод токсичными металлами. Требуется поиск биологических индикаторов загрязнения в пресных водах. Использование биомониторов оказывается более привлекательным, так как эти организмы не только накапливают металлы из окружающей среды, но и продолжительное время удерживают их в своем теле (*Żbikowski et al.*, 2007). Это позволяет проводить слежение за состоянием экосистем за длительные промежутки времени. Макроскопические водоросли являются хорошими индикаторами повышенных содержаний тяжелых металлов. Простота сбора водорослей и недорогой анализ делает макроводоросли хорошим объектом для мониторинга загрязнений на трансграничных водоемах.

Особо остро стоит проблема мониторинга токсичных элементов на трансграничных территориях. Россия граничит с Монголией и Китаем. На участке верхнего течения бассейна р. Онон воды поступают с территории России на территорию Монголии, позже возвращаются с территории Монголии в Россию. Граница с КНР проходит по фарватеру реки Аргунь. На участке между с. Молоканка и с. Приаргунск поступление вод с территории России отсутствует. Воды реки Аргунь на этом участке характеризуют сток с территории КНР.

Изученные водные объекты расположены на территории, различающейся по природно-климатическими условиям (Помазкова, Фалейчик, 2013), а также величиной антропогенной

нагрузки на экосистемы. Поэтому макроводоросли, характеризуют территории с разной степенью антропогенных изменений. Участки на реке Тырин, руч. Банный, оз. Кенон находятся под непосредственным влиянием загрязненных ТМ вод, а воды оз. Арей, р. Кадалинка, Бырца не загрязняются промышленными стоками.

Образцы водорослей собраны в период с 2011 по 2014 год на 37 станциях Верхнеамурского бассейна. Определение видового состава производили на живых образцах в лаборатории под микроскопом Nikon Eclipse 200. Образцы водорослей на месте сбора промывались водой из водоема для удаления захваченных частиц грунта, эпифитов и эпизоотов. Затем водоросли сушили на воздухе до постоянного веса и после измельчали в ступке в порошок. Анализ концентраций токсичных металлов в воде и водорослях проводили на ISP MS (Elan DRC II; PerkinElmer). Статистическую обработку проводили в программе *STATISTICA* для Windows (*STATISTICA* 10, Copyright© Statsoft, Inc.).

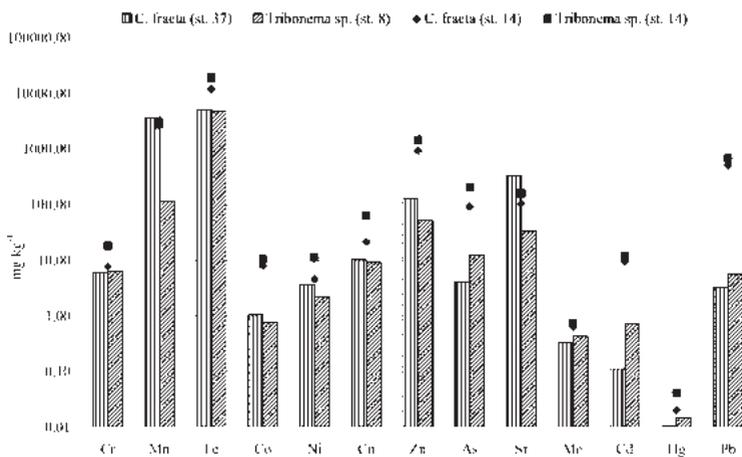
При расчете средних концентраций из общей выборки были исключены станции со статистически значимым превышением ( $p < 0,05$ ) над средними содержаниями. В целом можно отметить сходство в содержании химических элементов в водорослях *Spirogyra spp.*, *U. zonata*, *C. fracta*, *Tribonema sp.*, собранных из мест с повышенным содержанием токсичных элементов (стоки с хвостохранилищ, отвалы горных пород). Здесь виды имеют более высокие концентрации химических элементов. В целом при рассмотрении относительного среднего обилие химических элементов у *Spirogyra spp.* Fe Mn Sr Zn Cu As Ni Cr Pb Co Mo Cd Hg, *U. zonata* Fe Mn Sr Zn Cu As Cr Pb Ni Cd Co Mo Hg, *C. fracta* Fe Mn Sr Zn As Cu Pb Cr Ni Co Mo Cd Hg, и *Tribonema sp.* Fe Mn Zn Pb Sr As Cu Cr Ni Co Cd Mo Hg выясняется, что у *Spirogyra spp.*, *U. zonata*, *C. fracta* ряды элементов в общих чертах схожи, то у *Tribonema sp.* отмечается резкое возрастание количества Pb и Zn относительно других токсичных металлов.

На рассматриваемой территории в условиях незначительного увлажнения преимущественно протекают реки с малым расходом воды (Ресурсы..., 1966). В этих водотоках в боль-

шом количестве развиваются пресноводные макроскопические водоросли. Такие их представители как *Ulothrix zonata* (Weber & Mohr) Kützing, *Cladophora fracta* (Müll. ex Vahl) Kützing, виды родов *Spirogyra* and *Tribonema* на территории исследования встречаются от таежных до степных ландшафтов наиболее часто. Мы рассматриваем эти виды как потенциальные биомониторы токсичных металлов в регионе.

Наиболее высокие показатели превышения нормативов в приграничных водотоках отмечаются по *Mn* и *Fe*, а также *Cu*, *Zn* и *Pb*. В некоторых случаях это объясняется минеральным составом пород (St. 1), в других случаях загрязнением в результате добычи ископаемых (St. 14, St. 11, St. 25).

Известно, что содержание ТМ в водорослях видоспецифично, и определяется строением и физиологическими особенностями организма (Jasrotia et al., 201). Нами установлено, что виды водорослей разных систематических отделов сходным образом реагируют на содержание токсичных элементов в воде. Величина различий между видами, обитающими в чистых и загрязненных токсичными металлами водах, показана на рисунке.



**Рис. 1.** Концентрация токсичных элементов в *Tribonema sp.* и *C. fracta* на участках с отсутствием и наличием загрязнения

Сравнение концентраций токсичных элементов в водорослях со средними содержаниями для водотоков приграничной территории выявляет водотоки наиболее подверженные загрязнению. Среди водотоков пересекающих границу России или являющихся притоками более крупных рек наиболее загрязненными являются реки Тырин (st. 14) (по *C. fracta*, в  $n$  раз над Mean+SE) *Fe* 6, *Mn* 5, *Zn* 27, *Cu* 4, *As* 10, *Cr* 2, *Pb* 162, *Co* 6, *Cd* 33, *Hg* 5; Средняя Борзя (st. 25) *Mn* 2, *Sr* 2, *Cu* 2, *Pb* 4, *Cr* 4, *Co* 2, *Mo* 9, *Cd* 3; Калга (st. 24) *Fe* 2, *Mn* 13, *Zn* 2, *Cu* 3, *Cr* 3, *Pb* 2, *Co* 6; Дунда-Хонгорун (st. 11) *Ni* 5, *As* 3, *Cd* 2, *Hg* 2; по *U. zonata* реки Богузия (st. 28) *Cu* 3, *Zn* 2; Тырин (st. 15) *Mn* 4, *Zn* 51, *Cu* 3, *As* 2, *Pb* 35, *Co* 6, *Cd* 13, *Mo* 5. Среди водоемов, находящихся на значительном удалении от границы, наибольшему загрязнению подвергается р. Ингода (по *Cl. fracta*) *Fe* 2; *Sr* 3; литораль озера Кенон в районе ТЭЦ 1 *Cr* 5; *Mn* 4; *Fe* 7; *Co* 7; *Ni* 6; *Cu* 19; *Zn* 14; *As* 3; *Sr* 5; *Mo* 3; *Cd* 2; *Hg* 5; *Pb* 4.

Высокие содержания *Pb*, *Zn* и *Cd* в водорослях из р. Тырин обусловлены поступлением металлов из не рекультивированного хвостохранилища Хапчерангинского горно-обогатительного комбината. Повышенные содержания *Mo*, *Pb* и *Cd* в р. Средняя Борзя обусловлены поступлением неочищенных стоков при добыче россыпного золота. Высокая мутность воды из-за обилия минеральной взвеси препятствует развитию водорослей, которые произрастают в узкой полосе у уреза воды. Повышенное содержание *As* в организмах из р. Дунда-Хонгорун обусловлено примесью арсенопирита в золоторудных жилах. Повышенное содержание *Sr* нами связывается с золошлаковыми отходами, поступающими в водные объекты в результате аварийных сбросов.

Водоросли показали хорошую сходимость данных при анализе загрязняемых участков и не загрязняемых, поэтому могут являться объектами для мониторинга. Полученные средние значения по *Cu*, *Zn* можно рассматривать как фоновые для не загрязненных водотоков. Исследованные водоросли можно использовать в качестве биомониторов загрязнения токсичными металлами на приграничных территориях. Водо-

токами, представляющими потенциальную опасность в трансграничном распространении загрязнений, являются р. Тынрин и р. Средняя Борзя.

#### *Список литературы*

1. Помазкова Н. В., Фалейчик Л. М. Ландшафтное разнообразие территории Забайкальского края: количественная оценка // Transbaikal State University Journal. 2013. № 9. С. 23–36.
2. Żbikowski R Szefer P Latała A Comparison of green algae *Cladophora* sp. and *Enteromorpha* sp. as potential biomonitors of chemical elements in the southern Baltic // Science of the Total Environment. 2007. С. 320–332.

### **Freshwater Macrowaves in Monitoring of Pollution of Waters to Toxic Metals**

***A. P. Kuklin,***

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS,  
Nedorezova 16a, Chita, Russia,  
E-mail: kap0@mail.ru*

The author aims to search for biomonitors of toxic elements in areas where there is no monitoring of transboundary pollution transfer. The contents of *Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Mo, Cd, Hg, Pb* were determined in macroalgae from water bodies on the territories bordering Mongolia and China. Analysis of data on the content of TM has shown that there are spatial differences in the concentrations of chemical elements. Macroalgae contain higher concentrations (*Cu, Zn* and others) in areas prone to contamination. The statistical evaluation showed that there is a correlation between the concentrations of toxic elements in algae collected on some sites. We have proposed, as monitoring sites in particularly problem areas, *Tribonema sp., Cladophora fracta, Spirogyra spp., Ulothrix zonata*, which can be used interchangeably.

**Key words:** freshwater ecosystems, macroalgae, toxic elements

## Зоопланктон Копорской губы Финского залива в условиях влияния Ленинградской АЭС<sup>1</sup>

*Д. В. Кулаков,*

*Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН,  
Санкт-Петербургский государственный университет,  
Санкт-Петербургское отделение,  
Средний просп., 41, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: dvkulakov@mail.ru*

Выполнено исследование зоопланктона Копорской губы, воды которой используются в охладительном цикле Ленинградской атомной электростанции (ЛАЭС). Сброс подогретых вод способствовал обеднению видового состава зоопланктона, сокращению численности и биомассы, упрощению структуры сообщества. Основу доминантного комплекса составляли эвритермные и эвригалинные виды с широким или вседневным распространением.

**Ключевые слова:** зоопланктон, Ленинградская АЭС, тепловое воздействие, Копорская губа

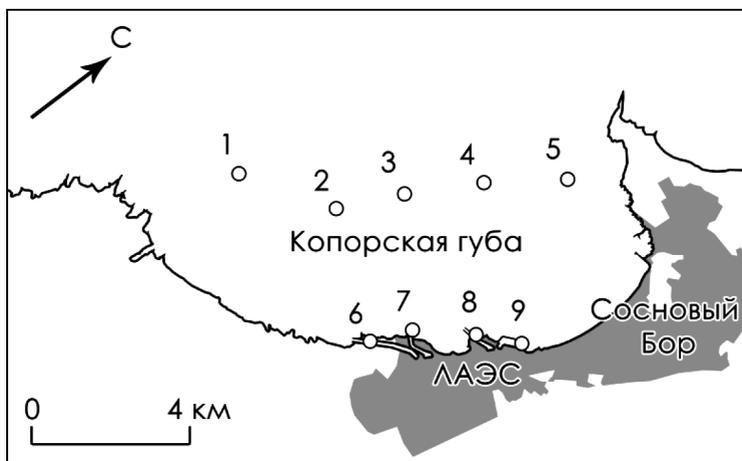
Копорская губа Финского залива испытывает высокую антропогенную нагрузку, связанную с поступлением в залив речных вод, загрязненных бытовыми веществами, эксплуатацией очистных сооружений и использованием в охладительном цикле Ленинградской атомной электростанции (ЛАЭС) больших объемов морской воды (4,4–5,3 км<sup>3</sup> в год). Ведущую роль в воздействии ЛАЭС на экосистему Копорской губы играет сброс подогретых вод, способствующий нарушению условий существования гидробионтов и приводящий к структурным и функциональным изменениям в биоценозе. В связи с этим, весьма актуальной проблемой является оценка воздействия ЛАЭС на биоту Копорской губы, в частности на зоопланктон. Планктонные животные являются одними из важнейших компонентов гидробиоценоза, участвуют в процессах деструкции органического вещества и составляют значительную часть рациона рыб, кроме того, организмы зоопланктона могут использоваться в качестве индикаторов экологического состояния водоема [1].

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке проекта СПбГУ 3.19.6.2016.

**Цель работы** – исследование зоопланктона Копорской губы Финского залива в условиях влияния ЛАЭС.

Изучение зоопланктона осуществлялось в рамках комплексных экологических исследований [2], выполнявшихся в 2010–2015 гг. Пробы отбирались с периодичностью раз в месяц с апреля по сентябрь на 9 мониторинговых станциях (ст.), расположенных в открытой части Копорской губы (ст. 1–5), а также в сбросных (ст. 6, 9) и водозаборных каналах ЛАЭС (ст. 7, 8) (рис. 1). Отбор проб, камеральная обработка и анализ результатов выполнялись стандартными методами [4] с использованием соответствующих определителей [3, 5].



**Рис. 1.** Расположение станций отбора проб

В зоопланктоне Копорской губы было обнаружено 60 таксонов видового и подвидового рангов, среди которых коловраток (Rotifera) – 23, веслоногих (Copepoda) – 18, ветвистоусых ракообразных (Cladocera) – 19 видов и подвидов. В открытой части Копорской губы встречалось 52 вида и подвида беспозвоночных, в водозаборных каналах – 43, в сбросных каналах – 38. Сброс подогретых вод способствовал сокращению среднего количества видов и подвидов в пробе в среднем в 1,2 раза (табл. 1).

Основу численности и биомассы зоопланктона Копорской губы составляли пелагические виды с широким или всесветным распространением, эврибионты по отношению к факторам среды. Наибольшим числом видов были представлены термофилы и термобионты. В разные периоды исследований по численности и биомассе доминировали *Asplanchna priodonta* Gosse, 1850, *Euchlanis dilatata lucksiana* Hauer, 1930, *Keratella cochlearis baltica* Imhof, 1886, *K. quadrata platei* Jägerskiöld, 1894, *Bosmina (Bosmina) longirostris* (O. F. Müller, 1785), *B. (Eubosmina) coregoni maritima* P. E. Müller, 1867, *Acartia tonsa* Dana, 1849, *Cyclops vicinus* Uljanin, 1875, *Eurytemora lacustris* (Poppe, 1887) и ювенильные особи Calanoida и Cyclopoida. Количество видов коловраток в сбросных каналах ЛАЭС было заметно выше, чем ракообразных. Здесь развивались *Bipalpus hudsoni* (Imhof, 1891), *Brachionus quadridentatus* Hermann, 1783, *Lecane lunaris* (Ehrenberg, 1832), *Notommata collaris* Ehrenberg, 1886, *Testudinella patina* (Hermann, 1783), *Trichocerca capucina* (Wierzejski & Zacharias, 1893), отсутствующие в водозаборных каналах. Тем не менее, в зоне теплового воздействия из зоопланктона выпадали представители ракообразных, испытывающие наиболее сильные повреждения при прохождении через охладительные агрегаты ЛАЭС: *Leptodora kindtii* (Focke, 1844), *Diaphanosoma brachyurum* (Liévin, 1848), *Cercopagis pengoi* (Ostroumov, 1891), *Ceriodaphnia quadrangula* (O. F. Müller, 1785), *Bosmina (Eubosmina) coregoni* Baird, 1857, *Macrocyclus albidus* (Jurine, 1820), *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888), *Eu. gracilis* (G.O. Sars, 1863), *Cyclops scutifer* Claus, 1857, *Acanthodiptomus denticornis* (Wierzejski, 1887). В значительно меньшей степени травмировались беспозвоночные, имеющие мелкие размеры, твердые панцири, округлую форму и короткие конечности.

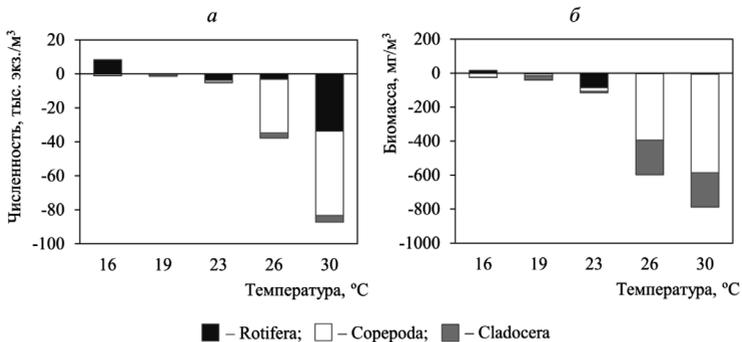
В водозаборных каналах ЛАЭС численность зоопланктона варьировала от  $4,9 \pm 1,3$  до  $174,8 \pm 138,1$  тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – от  $93,3 \pm 30,4$  до  $1051,3 \pm 510,5$  мг/м<sup>3</sup>. В зоне теплового воздействия атомной станции, по сравнению с водозабором, наблюдалось сокращение численности зоопланктона в среднем в 2,3 раза, биомассы – в 3,3 раза (табл. 1). В открытой части Копор-

ской губы численность зоопланктона изменялась от  $3,5 \pm 1,2$  до  $102,1 \pm 17,9$  тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – от  $47,2 \pm 8,3$  до  $2415,8 \pm 921,6$  мг/м<sup>3</sup>, что превышает количественные показатели зоопланктона сбросных каналов соответственно в 1,4 и 3,5 раза. Температура сбрасываемой воды была выше температуры воды на водозаборе в среднем на 6,8 °С.

В открытой части Копорской губы в течение вегетационного периода по численности преобладали Rotifera (в среднем 56,2 %), в августе – сентябре наблюдалось увеличение структурных показателей Copepoda, основу которых составляли науплиусы, не вносящие заметного вклада в биомассу сообщества. По биомассе здесь первенствовали Cladocera (в среднем 49,7 %). Увеличение количественных показателей Rotifera и Cladocera и уменьшение численности и биомассы Copepoda закономерно происходило с повышением трофности, что может служить индикатором этого процесса.

На водозаборе основу численности и биомассы составляли Copepoda (в среднем соответственно 46,0 и 56,7 %), здесь складывались наиболее благоприятные условия для развития этих животных. В сезонной динамике данной группы беспозвоночных прослеживались два пика численности и биомассы – в середине лета и осенью. В сбросных каналах ЛАЭС также наблюдались два пика количественных показателей Copepoda, однако, воздействие ЛАЭС способствовало сокращению численности и биомассы этих беспозвоночных, за счет чего в сообществе первенствовали коловратки (в среднем 47,7 %), а по биомассе преобладали Cladocera (в среднем 49,0 %).

Наиболее сильное угнетающее воздействие на представителей всех таксономических групп зоопланктона оказывал подогрев воды выше 26 °С (рис. 2). Особенно чувствительными к воздействию подогретых вод были Copepoda. По сравнению с водозабором, в сбросных каналах ЛАЭС наблюдалось сокращение численности и биомассы этих животных в среднем в 5 раз, количественные показатели Rotifera и Cladocera уменьшались в среднем в 2 раза.



**Рис. 2.** Изменение численности (а) и биомассы (б) зоопланктона в зоне подогрева относительно показателей на водозаборе при разной температуре сбросной воды

Таблица 1

**Сезонная динамика структурных показателей зоопланктона Копорской губы в среднем за период исследований**

Участок	Температура, °С	Количество видов и подвидов в пробе	Численность (N), тыс. экз./м <sup>3</sup>	Биомасса (B), мг/м <sup>3</sup>	Индекс Шеннона-Уивера, H <sub>N</sub> бит/экз.	Индекс Шеннона-Уивера, H <sub>B</sub> бит/г
Апрель						
1	8,4±0,2*	3,0±0,6	3,5±1,2	47,2±8,3	1,8±0,1	1,5±0,1
2	8,9±1,5*	4,5±0,5	4,9±1,3	93,3±30,4	1,0±0,4	1,0±0,4
3	19,1±2,0	3,8±0,6	5,4±4,7	22,7±14,9	1,3±0,3	1,6±0,3
Май						
1	11,7±0,4*	6,4±0,8	8,5±2,8	124,9±37,7	2,1±0,1	1,5±0,2
2	11,6±3,3	5,0±1,0	8,8±6,5	107,7±42,0	2,3±0,1	1,6±0,3
3	18,7±2,2	7,0±0,8	9,2±4,0	86,0±35,8	2,1±0,2	1,2±0,3
Июнь						
1	19,0±2,1	6,8±0,4	7,7±2,9	43,8±18,6	1,6±0,4	2,1±0,2
2	16,6±1,0*	8,8±1,8	62,0±18,5*	794,0±327,9	2,2±0,4	1,9±0,4
3	23,6±1,7	5,4±0,5	10,3±3,2	288,5±129,8	1,9±0,2	1,2±0,4

Участок	Температура, °С	Количество видов и подвидов в пробе	Численность (N), тыс. экз./м <sup>3</sup>	Биомасса (B), мг/м <sup>3</sup>	Индекс Шеннона-Уивера, H <sub>N</sub> , бит/экз.	Индекс Шеннона-Уивера, H <sub>B</sub> , бит/г
Июль						
1	17,0±0,1*	8,0±0,7	102,1±17,9	2415,8±921,6*	1,7±0,2	1,0±0,2*
2	19,9±1,3*	11,2±2,5	174,8±138,1	1051,3±510,5	2,2±0,5	2,1±0,3
3	26,3±2,1	8,7±1,0	104,8±72,4	215,4±59,2	1,7±0,4	1,9±0,3
Август						
1	21,8±0,5	11,7±1,5	61,2±9,4*	500,7±154,9	2,2±0,3	2,5±0,2
2	21,2±0,6	11,3±1,9	64,6±13,3*	482,3±408,7	2,0±0,8	2,6±0,1
3	24,8±2,7	10,2±0,6	23,9±7,2	235,3±125,1	2,2±0,4	2,7±0,1
Сентябрь						
1	17,4±0,3*	8,8±0,7*	45,1±4,0*	161,5±24,8	1,7±0,1	2,1±0,2*
2	17,8±0,6*	9,3±0,7*	50,5±19,4*	635,2±258,6	1,7±0,3	2,1±0,2*
3	24,2±1,6	6,0±0,5	6,3±2,3	88,3±34,3	1,9±0,6	1,5±0,2
Примечание. «1» – открытая часть Копорской губы; «2» – водозаборные каналы; «3» – сбросные каналы; * – достоверные различия со сбросными каналами (p < 0,05).						

Значения индекса видового разнообразия Шеннона-Уивера, рассчитанного по численности и биомассе зоопланктона, в водах открытой части Копорской губы и каналах ЛАЭС не имели существенных различий (табл. 1). Вероятнее всего, это связано с тем, что в районе сброса подогретых вод угнетающее воздействие техногенных факторов способствовало тому, что ни один из видов планктонных животных не достигал высокого количественного развития, и выравненность сообщества не претерпевала заметных изменений.

Сброс подогретых вод ЛАЭС приводил к образованию в Копорской губе зоны интенсивного воздействия на гидробиоценоз. Протяженность этой зоны не превышала нескольких

сотен метров от сбросных каналов. Поскольку объемы теплых сбросов были значительно меньше по сравнению с объемами вод Финского залива, происходило интенсивное перемешивание водных масс, и на расстоянии 3–5 км от ЛАЭС, изменения температуры не превышали в среднем 1,0 °С от фоновых значений.

В районе интенсивного воздействия ЛАЭС на экосистему Копорской губы наблюдалось обеднение видового состава зоопланктона, сокращение численности и биомассы (в среднем соответственно в 2,3 и 3,3 раза), упрощение структуры сообщества. Массового развития достигали эвритермные и эвригалинные виды, многие из которых имеют обширные ареалы или являются космополитами.

#### *Список литературы*

1. Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996. 189 с.
2. Кулаков Д. В., Макушенко М. Е., Верещагина Е. А. Влияние Ленинградской АЭС на зоопланктон и зообентос Копорской губы Финского залива // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2015. № 1. С. 42–54.
3. Кутикова Л. А. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука, 1970. 744 с.
4. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
5. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2010. 495 с.

### **Zooplankton of Kopyrye bay of the Gulf of Finland Under the Influence of Leningrad NPP**

***D. V. Kulakov,***

*Sergeev Institute of Environmental Geosciences,  
St. Petersburg Division, the Russian Academy of Sciences;  
St. Petersburg State University,  
St. Petersburg, Russia,  
e-mail: dvkulakov@mail.ru*

The zooplankton community was studied in Kopyrye Bay (Gulf of Finland) as a cooling-pond of Leningrad NPP to assess the importance of environmental factors as determinants of zooplankton dynamic in water object. It was observed that proximate zone

of power plant is characterized with pauperization of zooplankton structure, reduction of number of species and biomass, simplification of structure of community. Dominant species are of great tolerance to temperature and salinity of the water.

**Keywords:** zooplankton, Leningrad NPP, thermal influence, Koprorye Bay

## **Технологические аспекты повышения эффективности использования водоемов-охладителей крупных промышленных комплексов (на примере ОАО «ММК»)**

***А. П. Лепихин, Ю. С. Ляхин,***

*Горный институт УрО РАН,  
ул. Сибирская, 78а, г. Пермь, Россия,  
e-mail: Ljahin85@mail.ru*

В статье на основе построенной гидродинамической модели просчитаны возможные варианты изменения систем отведения и забора воды с целью уменьшения воздействия ОАО «ММК» на Магнитогорское водохранилище.

**Ключевые слова:** Магнитогорское водохранилище, гидродинамическое моделирование, схемы движения воды, сценарные расчеты, оптимизация системы водопользования

В настоящее время большинство предприятий черной металлургии особое внимание уделяют деятельности по повышению эффективности и снижению издержек производственных процессов, в т. ч. снижению техногенного воздействия на окружающую среду.

В современных условиях перед ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» весьма остро стоит задача по совершенствованию технологических схем охлаждения сточных вод при их отведении в Магнитогорское водохранилище. Определяющим является недопущение повышения температуры забираемой воды до значений, когда начинает существенно снижаться эффективность функционирования (охлаждения) системы водоснабжения комбината. В то же время весьма актуален вопрос уменьшения воздействия на водохра-

нилище посредством снижения сброса и забора воды, недопущения сверхнормативного повышения температуры воды.

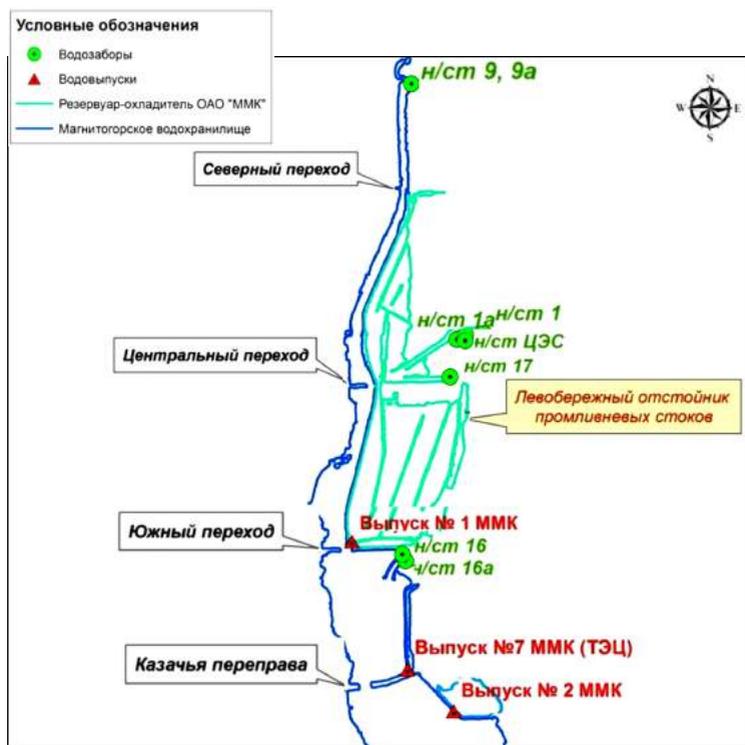
Одним из наиболее распространенных подходов к повышению эффективности работы крупных прудов-охладителей является оптимизация размещения струнаправляющих дамб. Отработка эффективных схем размещения этих дамб возможна только на основе многовариантных модельных исследований. Так как физическое моделирование с использованием модельных водоемов в корректной постановке весьма трудоемко, в настоящее время, в связи с очень быстрым ростом доступных вычислительных ресурсов, все популярнее становятся вычислительные эксперименты с использованием современных программных продуктов.

*Цель работы* заключалась в разработке технологии оценки повышения эффективности использования части Магнитогорского водохранилища, как водоема-охладителя. Для этого необходимо было решить ряд задач по: исследованию формирования теплового режима Магнитогорского водохранилища на основе комплексных натурных исследований; проведению технико-экономического анализа возможных вариантов (сценариев) повышения эффективности использования вод; отработке технологии оборотного водоснабжения на основе комплексного гидродинамического моделирования в 1D-2D-3D постановках; разработке рекомендаций по формированию конкретных проектных решений.

Магнитогорское водохранилище на р. Урал введено в эксплуатацию в 1939 г. по проекту института «Водоканал-проект», г. Москва. Водоохранилище руслового типа, вид регулирования – суточное. Объем водохранилища при НПУ (149,22 м абс.) составляет 147,6 млн. м<sup>3</sup>, площадь зеркала – 21,1 км<sup>2</sup>, средняя глубина ~7 м.

Производственное водоснабжение основной промышленной площадки ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» осуществляется по оборотной схеме через оборотную часть Магнитогорского водохранилища и локальные оборотные циклы с повторно-последовательным использованием воды. Общая схема представлена на рис. 1.

Для снижения воздействия сбрасываемых вод на Магнитогорское водохранилище прорабатывался вопрос по возможному увеличению оборотной части (резервуар-охладитель) посредством создания ограждающей дамбы между «Южным переходом» и «Казачьей переправой» (рис. 1).



*Рис. 1.* Общая карта-схема системы водопользования ОАО «ММК» в северной части Магнитогорского водохранилища.

Кроме этого, необходимо было оценить возможный эффект от создания струенаправляющих дамб. В оборотную часть предполагается направить теплые стоки выпусков № 1 и № 7. Следует отметить, что лимитирующим является летний период, когда тепловое воздействие (загрязнение) наиболее

лее ощутимо. Средняя температура воды выпуска № 1 в июле составляет  $\sim 32$  °С, № 7  $\sim 40$  °С, поверхностная температура в водохранилище  $\sim 26$  °С [2].

В целом, с помощью вычислительных экспериментов с использованием гидродинамического моделирования анализировались многовариантные расчеты, как для естественных условий, так и при возможной реализации конкретных технических мероприятий. Следует отметить, что при этом учитывались метеорологические условия (температура, скорость и направление ветра), а так же распределение температуры по глубине и акватории самого водохранилища.

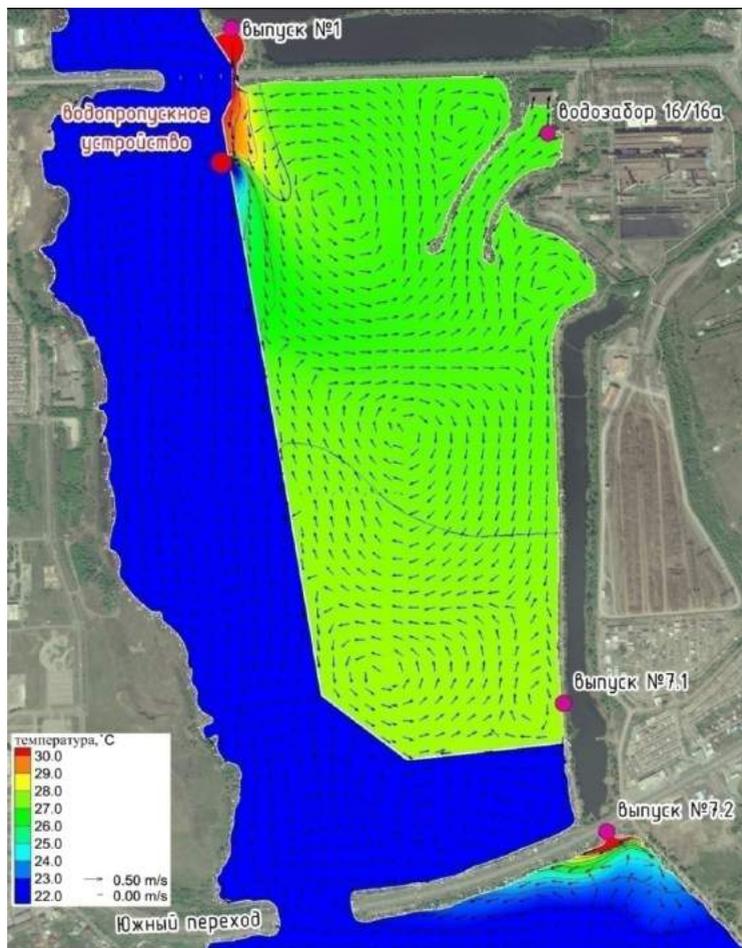
Главная задача заключалась в определении температуры воды, забираемой насосными станциями 1б и 1ба, с помощью гидродинамического моделирования (рис. 2).

Корректность полученных результатов в значительной мере определяется точностью и детальностью исходной информации вне зависимости от используемого программного продукта. Поэтому на начальной стадии необходимо было выполнить детальную батиметрическую съемку водохранилища и его отдельных частей. Кроме этого на всем участке изучены поля распределения температуры по поверхности и глубине, актуализированы технические характеристики водозаборов и водовыпусков, учтены гидрологические и климатические факторы.

В настоящее время гидродинамические модели в становятся наиболее типичным инструментом решения задач повышения эффективности прудов-охладителей, характерный пример представлен в [1].

На данном этапе, исходя из проведенного сопоставительного анализа, была выбрана комплексная схема отработки технологии оценки эффективности оборотного водоснабжения на основе комплексного гидродинамического моделирования в 1D-2D-3D постановках. Одномерная (1D, HEC-RAS v.4.1.) модель была построена на все Магнитогорское водохранилище с целью определения граничных условий для 2D модели. Двухмерная (2D, SMS v.10.1) создавалась на участок водохранилища – район исследования. Трехмерная гидродинамиче-

ская модель в изотермическом подходе (3D, ANSYS Fluent) создавалась на участок проектирования (длина ~2 км, ширина ~0,7 км) с целью определения необходимых значений температуры в плане и по глубине.



*Рис. 2.* Распределение температурного поля и структура течений при сооружении ограждающей дамбы (расчетный месяц – июль)

В существующих условиях, принимая во внимание размеры и особенности гидродинамики Магнитогорского водохранилища, а так же температуру отводимых стоков, эффективная оценка распределения температурных полей может вестись только с применением 3D моделей, учитывающих плотностные стратификационные эффекты.

В ходе выполнения работы собраны и проанализированы исходные данные, необходимые для успешного функционирования моделей.

Проведенные модельные расчеты для естественных условий показали, что на качество и температуру воды, забираемой насосными станциями 1б и 1ба, существенное влияние оказывают сбросы сточных вод выпусков № 1 и № 7. Средняя скорость движения данных потоков – около 2 см/с. Непосредственно при подходе к водозаборным сооружениям в данных условиях температура воды 26,5–27 °С. Данный факт подтверждается и проведенным ранее натурным обследованием, что свидетельствует об адекватности построенной модели и ее применимости [2].

Многовариантные сценарные модельные расчеты сделали возможным разработку ряда конкретных проектных решений, реализация которых, позволит предприятию перейти на оборотную систему водоснабжения и существенно снизить экологическую нагрузку на Магнитогорское водохранилище, а так же будут иметь высокий экономический эффект.

**Выводы и предложения.** Вычислительные эксперименты, при использовании комплексных гидродинамических моделей, являются весьма эффективным инструментом при отработке схем снижения техногенного воздействия на крупные водохранилища и повышения эффективности охлаждения термальных стоков.

Выбор конкретных схем расположения дамб и иных технических устройств должен быть определен только на основе технико-экономического обоснования с учетом возможных альтернативных схем охлаждения термальных вод (градирни). Выполненная работа позволяет более детально подходить к проработке возможных мероприятий.

Выявленная в ходе выполнения данных исследований существенная вертикальная неоднородность распределения температуры воды, достигающая 14 °С, может служить дополнительным инструментом повышения эффективности системы охлаждения.

Доказана эффективность комплексных гидродинамических моделей в 1D-2D-3D постановках, как инструмента проработки и обоснования проектных решений.

Предложена схема повышения эффективности части Магнитогорского водохранилища, как водоема-охладителя и разработанный на ее основе технический проект прошел согласование государственной экспертизы и в настоящее время реализуется.

#### *Список литературы*

1. Лепихин А. П., Веницианов Е. В., Кирпичникова Н. В. Разработка гидродинамической модели и модели формирования загрязнений равнинного водохранилища (на примере Клязьминского водохранилища) // Водное хозяйство России. 2013. № 2. С. 96–107.

2. Разработка и обоснование схемы движения водных потоков в Магнитогорском водохранилище, исследование уровня загрязнения его марганцем, выявление причин и обоснование с учетом повторно-последовательного использования водных ресурсов и влияния метеорологических и климатических факторов // Отчет по НИР / КамНИИВХ; науч. рук. А. П. Лепихин, отв. исп. Ю. С. Ляхин. Пермь, 2013.

### **Technological Aspects of Increase in Effectiveness of use of Reservoirs Coolers of the Large Production Complexes (on the Example of JSC “MMK”)**

*A. P. Lepikhin, Yu. S. Lyakhin,  
Mining institute of the Ural office RAS,  
Sibirskaya street, 78a, Perm, Russia  
e-mail: Ljahin85@mail.ru*

In article on the basis of the constructed hydrodynamic model optional versions of change of systems of assignment and an intake of water for the purpose of decrease of influence of JSC MMK by the Magnitogorsk reservoir are counted.

**Key words:** Magnitogorsk reservoir, hydrodynamic model operation, schemes of driving of water, scenario calculations, optimization of system of water use.

## Оценка состояния водных экосистем, испытывающих влияние предприятий атомной энергетики, на примере Калининской АЭС

*А. С. Лубенцова, Е. А. Верещагина,*

*Санкт-Петербургский государственный университет,  
Университетская наб. д. 7-9, г. Санкт-Петербург, Россия*

*В. В. Дмитриев,*

*Санкт-Петербургский государственный университет  
Университетская наб. д. 7-9, г. Санкт-Петербург, Россия;*

*Российский государственный  
гидрометеорологический университет,  
Малоохтинский проспект, 98, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: vasilii-dmitriev@rambler.ru*

Выполнен анализ экологического состояния озер Песьво и Удомля, эксплуатируемых предприятием атомной энергетики Калининской АЭС Тверской области, за период с начала 2000 г. до 2012 г. Исследовались физические свойства, химический и биологический состав, трофическое состояние, качество воды, устойчивость водоемов, возможности их самоочищения.

**Ключевые слова:** экологическая оценка, трофность, качество воды, устойчивость, самоочищение

Актуальность исследования обусловлена необходимостью анализа экологического состояния водоемов-охладителей АЭС на протяжении всего жизненного цикла станции (с этапа проектирования станции до выведения ее из эксплуатации) и разработки эффективных методов прогноза экологических последствий сброса подогретых вод с АЭС.

**Цель работы** – оценить состояния экосистем оз. Песьво, оз. Удомля, эксплуатируемых предприятием атомной энергетики Калининской АЭС Тверской области.

Объектами экологических исследований являются естественные и искусственные экосистемы разных уровней иерархии. Значимость природных объектов (и их свойств) с точки зрения экологии выявляется с антропоцентристских, биоцентристских или эоцентристских позиций. Под экологической

оценкой нами понимается параметрическое определение состояния сложной природной системы, обеспечивающего существование живых организмов, характерных для этого состояния в условиях естественного или антропогенного режимов их развития. Под геоэкологической оценкой понимается параметрическое определение состояния антропогенно-трансформированных геосистем, обеспечивающего существование конкретных сообществ живых организмов или человека (общества), с целью выделения антропогенной составляющей и последствий этих изменений на фоне природных процессов.

Антропоцентризм нацеливает исследователя на создание оценочной экологической классификации геосистем. Тогда под экологическим состоянием природной среды подразумевается состояние естественных «механизмов» жизнеобеспечения человека как живого существа всеми необходимыми первичными (не связанными с производством) средствами существования: воздухом, теплом, водой, источниками пищи, а также природными условиями трудовой деятельности, отдыха и культурного развития. Такая оценка, как правило, нацелена на выявление в системе функций жизнеобеспечения человека. Здесь речь идет о выявлении экологического потенциала, под которым понимаются условия обитания человека, в отличие от природно-ресурсного потенциала, при котором оценивается ресурсно-производственная сфера его деятельности. Это же записано в паспорте специальности геоэкология, где ее основной задачей названо изучение изменений жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек под влиянием природных и антропогенных факторов.

В таком подходе гидроэкология разрабатывает методологию, изучает возможность и практические пути минимизации негативного влияния гидрологического режима и состояния водных объектов на общество, а также на безопасность жизнедеятельности населения, социальных и производственных объектов в зонах существующей или потенциальной угрозы затопления, подтопления территорий, разрушения сооружений, ухудшения качества воды. Ей же отводится исследование экологической безопасности водных бассейнов и мини-

мизация в них экологических рисков. В последние годы эта область исследования выходит за рамки геоэкологического мониторинга и сопровождается требованием обуславливать возможность выявления бескризисного, сбалансированного (устойчивого) выполнения населением социально-экономических функций без нарушения функций жизнеобеспечения. В этом подходе гидроэкология признается составной частью гидрологии, ее эколого-гидрологической ветвью, базируется на платформе антропоцентризма и может также называться «экологической гидрологией».

С позиций био- и эоцентризма гидроэкология понимается как междисциплинарное научное направление, которое объединяет в себе исследования состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей гидросферы Земли как среды обитания организмов-гидробионтов и источника ресурсов для человека (общества). Основной задачей гидроэкологии является изучение изменений жизнеобеспечивающих ресурсов гидросферы под влиянием природных и антропогенных факторов, их охрана, рациональное использование и контроль с целью сохранения для нынешних и будущих поколений людей продуктивной водной среды. В этом случае гидроэкология является составной частью геоэкологии и базируется на платформе био- и эоцентризма.

На основе данных мониторинговых исследований и производственно – экологического контроля состояния водоемов оз. Песьво, оз. Удомля за период с 2007 по 2012 гг., а также по фондовым данным для 1998–2001 гг. на Калининской атомной станции Тверской области (КАЭС) сформирована информационная база для оценки состояния экосистем водоемов. Озера Удомля и Песьво расположены рядом с АЭС (строения самой станции стоят на южном берегу оз. Удомля) и непосредственно участвуют в технологическом цикле работы АЭС: из первого осуществляется забор воды для охлаждения оборудования, во второе производится сброс нагретой воды.

**Полученные результаты.** Анализ данных показал, что среднегодовая температура в оз. Песьво в период с 1985 по 2012 год увеличилась в 1,5–2 раза. Среднегодовая температура

1998–2001 г. оз. Песьво центральный р-н = 25,4 °С. Температура воды в контрольном створе оз. Песьво 2012 г. = 32,1 °С. Формирование на водоемах в зимний период больших незамерзающих акваторий приводит к увеличению испарения воды, что влияет на микроклимат местности, а также обледенению береговых металлических конструкций, проводов и др. Уменьшается доля летнего испарения и возрастает доля зимнего по сравнению с естественными условиями. По литературным данным увеличение температуры воды в озерах и отсутствие снежного и ледового покрова в зимнее время приводит к увеличению испарения в зимний период в 50–60 раз. Установление ледового покрова на озерах-охладителях задерживается на 15–30 дней, а продолжительность периода с ледовыми явлениями сокращена в среднем на 30 дней. Ледовые поля в наши дни формируются только в южной части озера Песьво.

Анализ гидрохимических показателей выявил, что минимальные значения *pH* в исследуемых озерах наблюдаются в зимний период, максимальные – в летний. Летнее повышение *pH* (до 9 ед.) связано с интенсивным процессом фотосинтеза в период активной вегетации первичных продуцентов, при котором из воды выводится углекислота и уменьшается концентрация в воде ионов водорода.

Наибольшее содержание взвешенных веществ отмечено в 2010 г. и достигло 30 мг/л. На повышение концентрации взвесей в этот период повлияли строительные работы, выполнявшиеся в конце 2009 – начале 2010 гг. в акватории водохранилища. В 2011 г. произошла стабилизация содержания взвешенных веществ на уровне средних многолетних значений 3–15 мг/л.

Максимум содержания растворенного кислорода в поверхностных водах составил 14 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание кислорода подвержено значительным сезонным и суточным колебаниям.

Концентрация аммонийного азота в воде озер-охладителей Песьво и Удомля в 2009–2010 гг. не превышала ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения, однако в летние месяцы 2011 г. произошло значительное повышение концентрации аммонийного азота с превышением ПДК в 1,5 раза. Та-

кое повышение содержания аммония в воде озер могло быть связано со сбросом коммунально-бытовых сточных вод МУП ЖКХ г. Удомля в южной части оз. Песьво. Содержание нитритного азота составляло 0,01–0,03 мг/дм<sup>3</sup>.

Анализ данных состава биоты показал, что зоопланктон озер Песьво и Удомля в 2010 г. насчитывал в своем составе 29 видов, среди которых 9 видов составляют коловратки (Rotatoria), 14 видов – ветвистоусые ракообразные (Cladocera), 6 видов – веслоногие ракообразные (Copepoda). В озере Песьво обнаружено 22, а в озере Удомля – 25 видов зоопланктона. Средняя численность и биомасса зоопланктона составили соответственно: в озере Песьво – 18,27 тыс.экз./м<sup>2</sup> и 0,46 г/м<sup>3</sup>; в озере Удомля – 14,11 тыс.экз./м<sup>2</sup> и 0,39 г/м<sup>3</sup>, что значительно ниже по численности, чем в период с 2004 по 2009 гг. Средняя биомасса зоопланктона за исследуемый период имела наибольшие значения в 2008 и 2009 г. По сравнению с предыдущими годами (2004–2009 гг.), в 2010 возросла доля коловраток в зоопланктоне и по численности и по биомассе. Таким образом, на основе анализа численности зоопланктона и зообентоса и их видового разнообразия выявлено снижение данных характеристик в 2010–2012 г. по сравнению с 2007 г., что позволяет сделать вывод о происходящей в экосистеме озер антропогенной сукцессии видов и антропогенном эвтрофировании водоемов.

Тенденции роста микробиологических показателей не выявлено. Патогенных микроорганизмов (возбудители кишечных инфекций) в водоемах не обнаружено.

Отмечено значительное влияние сбросных теплых вод на ихтиофауну. В процессе эксплуатации станции происходила перестройка ихтиофауны озер-охладителей в сторону преобладания теплолюбивых и новых видов, как под влиянием антропогенного повышения температуры воды, с учетом изменения кормовой базы, так и с учетом регулярного зарыбления водоемов. В 2012 г. ихтиофауна озер Песьво, Удомля и др. была представлена 12 аборигенными видами рыб: язь, щука, судак, лещ, плотва, устера, уклея, карась серебряный, окунь, ерш, красноперка, линь.

Для озер-охладителей КАЭС выполнена оценка трофического статуса водоемов (по прозрачности воды, видовому составу и биомассе планктонных организмов, содержанию биогенов и  $pH$ ), которая показала, что озера соответствуют статусу «эвтрофные». Отмечено термическое загрязнение водоемов, которое обусловило развитие сине-зеленых водорослей (цианобактерий) в водоеме и послужило причиной биообрастаний в озерах и созданию биопомех при работе гидротехнических сооружений. По оценочной шкале кормности водоемов по биомассе зоопланктона и зообентоса уровень кормовой базы водоема причисляется к уровню кормности «выше средней», что объясняется обилием зоопланктона и зообентоса в водоемах.

Для озер КАЭС выполнена оценка качества вод водоемов (по содержанию кислорода, биогенных элементов, органического вещества, индексу сапробности), которая показала, что воды характеризуются как «умеренно – загрязненные» (III класс) (по классификации А. А. Былинкиной и др., 1983), «удовлетворительно чистые» (III класс) (по классификации В. Д. Романенко, 1990). По величине индекса сапробности по зоопланктону воды озер отнесены к II–III классам качества.

Выполнена балльно-индексная оценка устойчивости озер к изменению параметров естественного и антропогенного режимов. Устойчивость к изменению естественного режима и эвтрофированию оценена III классом (среднеустойчивый водоем). Устойчивость к изменению естественного режима и изменению качества воды оценена IV классом – «устойчивость ниже средней». В целом получено, что водоемы более устойчивы к изменению естественного режима и эвтрофированию, чем к изменению естественного режима и качества воды.

В процессе выполнения работы рекогносцировочно рассчитано количество образовавшегося органического вещества фитопланктона в озере Песьво за месяц (август) в слое средней прозрачности воды (2,7 м) по данным 2000 г. и 2012 гг. Для этого выполнена оценка чистой и валовой первичной продукции, образовавшейся в слое прозрачности воды в озере Песьво

за август месяц в эти годы. Расчеты показали, что увеличение с 2000 по 2012 гг температуры воды в центральном районе озера в 1,26 раза повлекло за собой увеличение  $P_{\text{чист}}$  в 1,53 раза. В 2000 г. максимальная за месяц  $P_{\text{чист}}$  в слое прозрачности воды  $SD_{\text{ср}}$  составила 5276,46 т сыр. веса фитопланктона /мес, а в 2012 г. 8063,65 т сыр. веса/мес. Максимальная за месяц  $P_{\text{вал}}$  в слое  $SD_{\text{ср}}$  в 2000 г составила 6331,75т сыр. веса/мес, а в 2012 г 9676,38 т сыр. веса/мес.

Для оценки суммарной деструкции (D) вещества в озере были рассчитаны траты на обмен компонентов биоты в слое  $SD_{\text{ср}}$  как суммы трат на обмен фито-, зоо- и бактериопланктона. Для 2000 г.  $D = 1616,05$  т сыр веса/мес, для 2012 г.  $D = 1880,22$  т сыр веса/мес. Таким образом за эти годы  $D$  возросла в 1,16 раза. Это дало основание сделать важный вывод о том, что за исследуемый период количество новообразованного органического вещества в озере  $P_{\text{чист}}$  увеличилось в августе в 1,5 раза, а количество вещества, подвергшегося деструкции возросло только в 1,2 раза. Таким образом, на примере одного месяца показано, что в водоеме темпы продуцирования органического вещества превышают темпы его разложения в водной толще примерно в 1,3 раза. Учет в расчете  $D$  трат на обмен зообентоса показал, что в 2000 г.  $D = 1744,31$  т сыр веса/мес, а в 2012 г. = 3012,48 т сыр веса/мес. По этим данным  $D$  возросла в 1,73 раза. В этом случае показано, что в водно-донной экосистеме озера в целом в августе месяце темпы разложения органического вещества незначительно превышают темпы его продуцирования (в 1,13 раза).

Выполнена оценка  $D/P$  – отношения в озере для тех же лет. Показано, что без учета трат на обмен зообентоса в 2000 г.  $D/P_{\text{вал}} = 0,255$ , а в 2012 г.  $D/P_{\text{вал}} = 0,194$ , что свидетельствует о постепенном эвтрофировании водной экосистемы озера. Учет трат на обмен зообентоса показал, что в 2000 г.  $D/P_{\text{вал}} = 0,275$ , а в 2012  $D/P_{\text{вал}} = 0,311$ . Таким образом, с учетом погрешностей расчета, можно сделать вывод о том, что водно-донная экосистема озера также постепенно эвтрофируется, но темпы эвтрофирования за 12 лет практически не изменились.

Оценка самоочищения водной толщи озера выполнена также по времени осветления воды зоопланктоном в условиях оптимального питания. Показано, что зоопланктон достаточно быстро осветлял весь объем водоема, в котором он жил в августе 2000 г. – за 0,07 сут (1,7 часа). Для 2012 года получено время осветления воды, равное 0,12 сут (2,9 часа).

**Выводы.** Сформирована информационная база для оценки состояния экосистем водоемов-охладителей Удомля – Песьво Калининской атомной станции. В информационную базу вошли данные мониторинговых исследований состояния водоемов и производственно – экологического контроля за период с 2007 по 2012 гг. В целом, можно отметить рекогносцировочный характер результатов оценочных исследований. С другой стороны, эти оценки характеризуют изменения в озерах и вполне правдоподобно описывают трансформацию водной и водно-донной экосистем озера Песьво, в которое производился сброс нагретой воды КАЭС в период с 2000 по 2012 гг. Также авторами систематизирована и детально проанализирована информация о современном состоянии и качестве воды проектируемых водоемов-охладителей и источников технического водоснабжения Ленинградской АЭС-2 (Копорская губа Финского залива), Белоярской АЭС с энергоблоком БН-800 (Белоярское водохранилище) и Балтийской АЭС (р. Неман) и др. [1].

#### *Список литературы*

1. Оценка воздействия атомных станций на экосистемы близлежащих акваторий (на примере ЛАЭС, БАЭС и строящихся ЛАЭС-2, БтАЭС) / М. Е. Макушенко [и др.] // Экологическая безопасность АЭС: тр. II Науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 70-летию атомной отрасли России. Калининград, 2015. С. 103–108.

## **Estimation of the State of Water Ecosystems, Influenced by Nuclear Power Stations on the Example of Kalininskaya NPP**

*A. S. Lubentsova, E. A. Vereshchagina,*

*Universitetskaya nab., 7–9, St. Petersburg State University*

*V. V. Dmitriev,*

*Universitetskaya nab., 7–9, St. Petersburg State University;*

*Russian State Hydrometeorological University,*

*Malookhtinsky Avenue, 98, St. Petersburg, Russia,*

*e-mail: vasiliiy-dmitriev@rambler.ru*

The analysis of the ecological state of the lakes Pesva and Udomlya exploited by the nuclear power enterprise of the Kalininskaya nuclear power plant of the Tver region, for the period from the beginning of 2000 to 2012 was carried out. Physical properties, chemical and biological composition, trophic status, water quality, water reservoir stability, and their self-cleaning capabilities were investigated.

**Key words:** ecological assessment, trophicity, water quality, stability, self-purification

## **Оценка иммунного статуса сибирской плотвы в зоне влияния теплых вод Гусиноозерской ГРЭС (Восточная Сибирь)<sup>1</sup>**

*О. Е. Мазур<sup>2</sup>,*

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,*

*ул. Сахьяновой, 6, г. Улан-Удэ, Россия,*

*e-mail: olmaz33@yandex.ru*

Получены пионерные данные по иммунофизиологическим параметрам сибирской плотвы оз. Гусиное в зоне влияния теплых сбросных вод Гусиноозерской ГРЭС. Выявлен ряд отклонений в морфологическом составе крови (лейкоцитоз,

---

<sup>1</sup> Экспедиционная часть работы выполнена при поддержке Проекта 30.19. (Программы Президиума РАН), теоретическая часть – проекта VI.51.1.3 СО РАН.

<sup>2</sup> Авторы выражают благодарность Н. М. Пронину, Д. В. Магафонову, Ж. Н. Дугарову, Т. Г. Бурдуковской (ИОЭБ СО РАН) за помощь в получении материала, А. А. Мирсанову (директор ГОРХ) за помощь в предоставлении материала для исследований.

лимфопения и гранулоцитоз по линии незрелого и созревающего пула) и цитоморфологические аномалии, свидетельствующие о снижении иммунитета, развитии токсикоза и обусловленные, очевидно, сочетанным воздействием теплового и химического загрязнения сбросными водами ГРЭС на акваторию оз. Гусиное.

**Ключевые слова:** карповые рыбы, ГРЭС, термофикация, лейкоциты, иммунитет

Из-за нарушения экологического равновесия в водных биоценозах в настоящее время изучение физиологического состояния гидробионтов различных трофических уровней становится чрезвычайно важным. Рыбы как важнейший компонент ихтиоценоза, как конечный элемент пищевой цепи с продолжительным жизненным циклом являются ценным биоиндикатором здоровья популяции и в целом изменений среды обитания. Изучение иммунологического статуса рыб позволяет выявить потенциальные возможности организма противостоять воздействию экзогенных факторов, а также оценивать отдаленные последствия их влияния.

Процесс термофикации водоемов – один из факторов, оказывающий деструктивное влияние на существование биотопов. На сегодня имеются данные об экологических последствиях теплового загрязнения для ихтиоценозов, однако большая часть из них сосредоточена на изучении изменения только видового состава ихтиофауны, распределения численности популяций и воспроизводительной способности рыб. Имеется небольшой ряд работ о развитии общего адаптационного синдрома у рыб в градиенте повышения температуры в эксперименте [3, 4]. Есть единичные данные о патологических изменениях структуры клеток крови у рыб в естественных биотопах, подогреваемых сбросными водами ГРЭС, АЭС [1; 6], которых не достаточно для раскрытия механизма иммунного ответа на этот стресс-фактор.

Гусиноозерская гидроэлектростанция (ГРЭС) – самая крупная электростанция в Восточной Сибири, запуск которой произошел в 1976 г. Водоемом-охладителем ГРЭС является оз. Гусиное. ГРЭС, использующая прямоточную схему водо-

снабжения, имеет 3 источника сброса: теплые воды контура охлаждения оборудования, промышленно-ливневую канализацию и воды золошлаковых отвалов. Влияние термофикации распространяется на северную, прилегающую к сбросу, часть акватории водоема.

В настоящее время изучение влияния теплых вод ГРЭС на экологию оз. Гусиное ограничивается определением структурно-функциональных характеристик зооценоза и химического состава воды. Установлено, что в результате теплового загрязнения происходят замена численности и биомассы одних видов зоопланктона и фитопланктона другими, вытеснение стенобионтных видов ихтиофауны эврибионтными видами. Сброс недостаточно очищенных сточных вод приводит к загрязнению водоема взвешенными веществами, нефтепродуктами, сульфатами, хлоридами [2]. Вода озера признана умеренно-загрязненной (3 «а» класса качества) [5].

Вместе с тем, многие экологические аспекты остаются не изученными. В первую очередь это относится к оценке степени влияния теплового загрязнения на иммуно-физиологическое состояние рыб оз. Гусиное.

*Цель работы* состояла в изучении особенностей функционирования иммунной системы карповых рыб на примере сибирской плотвы в зоне теплового воздействия сбросных вод Гусиноозерской ГРЭС.

Оз. Гусиное – второй по площади в Восточной Сибири водоем, после Байкала. Озеро расположено на юго-западе центральной части республики Бурятия в тектонической впадине между хребтами Хамбинским горной системы Хамар-Дабан и Моностой Селенгинского среднегорья. Площадь озера составляет 164,7 кв. км, глубина до 28 м.

Биологический материал получен 22–25.07.2013 г. из неводных уловов от самок и самцов сибирской плотвы (соотношение 1:1), одного размерно-возрастного состава (+3 – +6, длиной 200–275 мм и массой – 190–210 г., стадии II зрелости гонад) с 2-х станций. 1 станция расположена непосредственно в зоне сброса ГРЭС теплых вод (сбросной канал), 2 станция (фоновый участок) находится в литорали северо-западной ча-

сти озера, не подверженной тепловому воздействию. Параллельно со взятием биологических проб измерялась температура воды на глубине 1–2 м. В июле температура воды была на 1 и 2 станциях соответственно 25,35 и 23,05 °С. Годовой температурный режим составил на 1 и 2 станциях соответственно 11,68 и 0 °С (январь), 16,6 и 0,51 °С (март), 14,84 и 9,89 °С (май).

Оценку биологических характеристик и гематологические исследования проводили по общепринятым методикам. Определяли общее число лейкоцитов и лейкоцитарный состав крови, лейкоцитарные индексы: соотношение лимфоцитов и нейтрофилов (Л/Н), лейкоцитарный индекс интоксикации (ЛИИ).

Результаты исследований обрабатывали с помощью пакета программ Statistica 6.0.

**Результаты исследований.** Высокая реактивность иммунной системы рыб в ответ даже на небольшие отклонения в условиях среды обитания, при которых еще не имеет место ярко-выраженная патология, обуславливает выбор этих параметров для оценки здоровья экосистемы. Изучение влияния процесса термофикации на физиологический гомеостаз пойкилотермных животных имеет большое значение для оценки адаптационных возможностей вида и в целом популяции.

Развитие адаптивных и иммунных процессов в организме осуществляется комплексом иммунных компонентов, в том числе важнейших – лейкоцитами, которые в ответ на антигенный или токсический стимул поступают в кровоток и становятся частью единого пула рециркулирующих иммуноцитов.

Лейкоцитарная реакция крови плотвы сбросного канала ГРЭС характеризовалась значимо высоким содержанием общего числа лейкоцитов (в 1,7 раза) по сравнению с фоновым показателем (табл.). Следует отметить широкую вариабельность в уровне лейкоцитов крови плотвы как из сбросного канала – 12,3–31,2 тыс. клеток в 1 мкл. крови, что свидетельствует о неоднородности популяции рыб по иммунологическому статусу. Данные о популяционном составе лейкоцитов представлены в таблице. Анализ иммунологических параме-

тров выявил статистически значимые изменения большинства от аналогичных показателей фонового участка. Относительное число лимфоцитов – главных эффекторных иммунных компонентов у рыб сбросного канала было значительно ниже таковых рыб фоновой зоны (в 1,5 раза), и достигало минимального значения в 41 % у отдельных особей. При этом доля функционально зрелых лимфоцитов (морфологически малые лимфоциты) оставалась значимо низкой (32–44 %). В норме доля этих клеток составляет 80–100 %. Число малодифференцируемых лимфоцитов также было низким уровне.

При изучении гранулоцитарной реакции крови были отмечены следующие особенности. Статистически значимые отличия между группами рыб зафиксированы почти по всем видам нейтрофилов, отражающие активацию нейтрофилопоза по ряду созревающего пула. Так, в крови рыб 1 станции наблюдается по сравнению с аналогичными показателями рыб 2 станции увеличение процента общего числа нейтрофилов и функционально незрелых микрофагов: миелоцитов, метамиелоцитов и палочкоядерных клеток в 4,1, 2,1 и 1,7 раза соответственно. В крови рыб 1 станции выявлена циркуляция эозинофилов, тогда как у рыбы фоновой группы этот вид лейкоцитов не зафиксирован. Лейкоцитарная картина крови у плотвы 1 станции отличалась от плотвы 2 станции значимо высоким числом промиелоцитов – низкодифференцируемых лейкоцитов, и псевдобазофилов (в 17 и 11,5 раза соответственно).

*Таблица*

**Лейкоцитарные показатели крови сибирской плотвы  
в зоне влияния теплых вод ГРЭС (1 станция)  
и фонового участка (2 станция) (оз. Гусиное)**

<i>Показатель</i>	<i>1 станция</i>	<i>2 станция</i>
Лейкоциты, тыс./мкл	20,3 ± 1,56	11,9 ± 0,74***
Лимфоциты, %	52,3 ± 1,63	80,3 ± 3,72***
большие	2,4 ± 0,41	3,8 ± 0,76
средние	7,8 ± 1,26	12,9 ± 1,75*
малые	41 ± 1,13	63,3 ± 2,61***

Окончание табл.

<i>Показатель</i>	<i>1 станция</i>	<i>2 станция</i>
Бластные клетки, %	3,9 ± 0,83	2,8 ± 0,77
Промиеоциты, %	3,4 ± 0,63	0,2 ± 0,11***
Миелоциты нейтрофильные, %	19,3 ± 0,59	4,7 ± 1,29***
Метамиеоциты нейтрофильные, %	13,6 ± 1,07	6,6 ± 1,47**
Палочкоядерные нейтрофилы, %	5,2 ± 0,62	3 ± 1,09*
Сегментоядерные нейтрофилы, %	0,3 ± 0,15	0,7 ± 1,04
Общее число нейтрофилов, %	38,3 ± 1,52	15,9 ± 3,61***
Псевдобазофилы, %	2,3 ± 1,03	0,2 ± 0,17*
Эозинофилы, %	1,2 ± 0,62	0**
Моноциты, %	0	0,2 ± 0,17
Индекс Л/Н	1,4 ± 0,09	9,9 ± 1,54***
Индекс Л/ИИ	0,7 ± 0,05	0,2 ± 0,07***

*Примечание.* \* – значимые различия между 1 и 2 станциями при  $p < 0,05$ ; \*\* при  $-p < -0,01$ \*\*\*; при  $-p < 0,001$ .

В крови рыб 1 станции установлены значимо низкая величина индекса соотношения лимфоцитов и нейтрофилов (в 7 раз меньше по сравнению с таковым показателем особей 2 станции), указывающая на подавление иммунного ответа, и о мобилизации клеточных неспецифических реакций. О развитии воспалительных процессов и эндогенной интоксикации в организме рыб в условиях повышенных температур свидетельствует и Л/ИИ. Этот индекс у рыб 1 станции был значимо большим (в 3,5 раза по сравнению с данным параметром рыб 2 станции). Выявленная активация гранулоцитопозитического ростка иммунопоэза плотвы сбросного канала в период максимальных температур является признаком неблагоприятной ситуации в биоценозе и, очевидно, свидетельствует о воздействии стресс-фактора.

Цитоморфологический анализ в крови плотвы сбросного канала ГРЭС выявил следующие аномалии лейкоцитов, свидетельствующие о молекулярных нарушениях внутриклеточных метаболических процессов – вакуолизация цитоплазмы нейтрофилов, распад ядер лимфоцитов, атипичные лим-

фоциты. Следует отметить, что плотва со 2 станции имела аналогичные цитоморфологические нарушения в структуре лейкоцитов, хотя и в меньшем количестве. По данным ряда авторов подобный патологический клеточный полиморфизм отмечался у рыб в водоемах со значительной антропопрессией [1; 6]. Установлено, что сброс недостаточно очищенных сточных вод Гусиноозерской ГРЭС приводит к загрязнению водоема взвешенными веществами, нефтепродуктами, сульфатами, хлоридами. Воды золошлаковых отвалов загрязняют грунтовые воды ионами кальция, магния, натрия, хлоридами, сульфатами [2]. По данным Гос. доклада... [4] в 2013 г. Сброс ГРЭС теплых вод в оз. Гусиное составил 399,3 млн м<sup>3</sup> вод, суммарные концентрации загрязняющих веществ в воде озера достигали 2 ПДК, в 2012 г. – 4 ПДК. Поэтому нарушения клеточных процессов в гемопоэзе, инициирующие образование морфологических и функциональных дефектов мы связываем и с загрязнением химическими токсикантами вод озера.

Корреляционный анализ параметров крови плотвы и температуры воды, полученных в зоне влияния теплых вод ГРЭС, выявил значимую взаимосвязь исследуемых данных: лейкоцитов ( $r = 0,69$ ,  $p < 0,0002$ ), промиелоцитов ( $r = 0,75$ ,  $p < 0,00003$ ), общего числа нейтрофилов ( $r = 0,75$ ,  $p < 0,000027$ ), миелоцитов ( $r = 0,87$ ,  $p < 0,0000001$ ), метамиелоцитов ( $r = 0,64$ ,  $p < 0,0008$ ), палочкоядерных нейтрофилов ( $r = 0,45$ ,  $p < 0,027$ ), зрелых (малых) лимфоцитов ( $r = -0,87$ ,  $p < 0,0000001$ ), эозинофилов ( $r = 0,51$ ,  $p < 0,0111$ ), индексов Л/Н ( $r = -0,79$ ,  $p < 0,000005$ ) и ЛИИ ( $r = 0,79$ ,  $p < 0,000005$ ). Коэффициенты корреляции свидетельствуют о дестабилизирующем воздействии повышенных температур на иммунитет рыб.

Более высокая температура сбросных вод ГРЭС приводит к увеличению общего числа лейкоцитов и нейтрофилов, снижению числа лимфоцитов, увеличению доли низкодифференцируемых функционально не активных нейтрофилов у плотвы. Характер лейкопоэтических изменений у всех исследуемых рыб в зоне влияния теплых вод ГРЭС отражает развитие хронического токсикоза и снижение иммунитета,

что обусловлено, очевидно, сформировавшимися многолетними экологическими условиями, при которых тепловое воздействие сбросных вод, очевидно, суммируется с влиянием химических токсикантов.

#### *Список литературы*

1. Болдаков А. М. Влияние подогретых вод Костромской ГРЭС на поведение и пространственное распределение рыб: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Кострома: Изд-во Костромского филиала военного ун-та радиационной, химической и биол. защиты, 2003. 23 с.
2. Борисенко И. М., Пронин Н. М., Шайбонов Б. Б. Экология озера Гусиное. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1994. 199 с.
3. Голованова И. Л., Смирнов А. К., Голованов В. К. Влияние повышения температуры воды в осеннее-зимний период на активность карбогидраз молоди карповых рыб (сем. Cyprinidae) // Биология внутр. вод. 2005. № 3. С. 87–90.
4. Голованов В. К. Эколого-физиологические закономерности распределения и поведения пресноводных рыб в термоградиентных условиях // Вопр. ихтиологии. 2013. Т. 53. № 3. С. 286–314.
5. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2013 году». Иркутск: Сибирский филиал «Росгеолфонд», 2014. 462 с.
6. Моисеенко В. А., Даувантер В. А., Лукин А. А. Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра. М.: Наука, 2002. 403 с.

### **Evaluation of Immune Status of Siberian Roach in Affected Area of Warm Water from Gusinoozerskaya State District Power Plant (Eastern Siberia)**

***O. Ye. Mazur,***

*Institute of General and Experimental Biology SB RAS,  
Sakhyanovoy, 6, UlanUde, Russia,  
e-mail: olmaz33@yandex.ru*

Pioneer data on the immunophysiological parameters of the Siberian roach of the lake have been obtained Gusinoe Lake in an area of warm water discharged from the Gusinoozerskaya State District Power Plant (SDPP). A number of abnormalities in the morphological composition of the blood (leukocytosis, lymphopenia and granulocytosis through the immature and maturing pool) and cytomorphological anomalies, indicating a decrease in immu-

nity, the development of toxicosis, were obviously due to the combined impact of chemical and heat pollution of the water area of Gusinoe Lake by water discharged.

**Key words:** carp fish, SDPP, thermal pollution, leukocytes, immunity

## **«Белые пятна» в гидробиологии озера Гусиное – крупнейшего естественного водоема и водоема-охладителя Бурятии**

***Д. В. Матафонов, Н. В. Базова,***

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,  
ул. Сахьяновой, 6, г. Улан-Удэ, Россия,  
e-mail: dimataf@yandex.ru*

Озеро Гусиное – второй по площади водоем в Республике Бурятия после Байкала, и третий в бассейне этого озера после озера Хубсугул. До настоящего времени целый ряд сообществ гидробионтов (бактериопланктон и бактериобентос, фитопланктон и фитобентос, зообентос) остается слабо- либо в полном объеме неизученными. Необходимость полноценных гидробиологических исследований озера очевидна в связи с ростом числа экологических проблем в бассейне Байкала.

**Ключевые слова:** озеро Гусиное, Бурятия, гидробиология

Озеро Гусиное – второй по площади водоем (165 км<sup>2</sup>) в Республике Бурятия после Байкала (31500 км<sup>2</sup>), и третий в бассейне этого озера после озера Хубсугул (2700 км<sup>2</sup>). Современное очертания котловины озера приобрело не более 300 лет назад в результате прорыва протоки Цаган-гол из реки Темник, наполнившей мелкие озера на месте ныне существующего озера Гусиное. Наиболее полный анализ этой гипотезы возникновения озера представлен в работе [6]. Гипотеза подтверждается данными о чрезвычайно малом накоплении осадков на глубинах 13 метров в северной оконечности озера, полученными с использованием трубки ГОИН в марте 2017 г. (Матафонов Д. В., неопубл. данные; <https://www.youtube.com/watch?v=bRdZy5T5ITk>).

Озеро имеет важное промышленное, рыбохозяйственное и рекреационное значение. Водоем испытывает высокую антропогенную нагрузку от расположенных на его берегах г. Гусиноозерск (23000 чел.), с. Гусиное озеро (3000 чел.) и поступающих от них коммунально-бытовых стоков. Предприятиями энергетики (Гусиноозерская ГРЭС – филиал ОАО «ИНТЕР РАО – Электрогенерация») потребляется 85,1 % от суммарного водоотбора поверхностных вод Республики Бурятия. В 2015 г. сброс теплых нормативно чистых сточных вод после охлаждения оборудования без очистки в оз. Гусиное составил 428,1 млн. м<sup>3</sup> (в 2014 г. – 403,5 млн. м<sup>3</sup>) [4, 5]. Гусиноозерская ГРЭС была введена в эксплуатацию в 1976 г., ее мощность в настоящее время составляет 1130 МВт. Сброс подогретых вод оказывает отепляющее влияние на акваторию северной части озера, а в совокупности с поступающими коммунально-бытовыми стоками г. Гусиноозерска вызывает наблюдающиеся здесь процессы эвтрофикации. Южная часть акватории озера вначале 2000-х гг. подверглась воздействию разрывов артиллерийских снарядов в результате пожара на складах боеприпасов и в настоящее время актуальным является разминирование южной акватории озера [11].

В гидробиологическом отношении озеро остается слабо изученным. Первое обобщение данных о биоте озера выполнено М. М. Кожовым в книге «Пресные воды Восточной Сибири» [7]. В дальнейшем этапной работой стала монография «Экология озера Гусиное» [2], в которой приводятся сведения о биоте озера (зоопланктон, зообентос, экология рыб и паразиты рыб). Результаты последующих исследований сообществ гидробионтов изложены в самостоятельных публикациях в виде статей и материалов конференций [1; 3; 8; 9; 10; 12; 13; 14; 15; 16 и др.]. В целом, наиболее изученными к настоящему времени являются вопросы экологии сообществ зоопланктона и популяций рыб. Информация об остальной части биоты озера (ее большей части) либо очень скудная, либо полностью отсутствует. К таким крупным блокам следует отнести следующие: бактериопланктон и бактериобентос, фитопланктон и фитобентос, зообентос. Имеются необработанные материа-

лы по этим компонентам, собранные в разные годы рыбохозяйственными и научными организациями, в том числе ИОЭБ СО РАН. Последние и наиболее полные данные получены в 2013 г. благодаря инициативе д.б.н., проф. Н. М. Пронина проведения нового этапа изучения озера. Обработка и представление этих и других материалов помогла бы закрыть многие нерешенные вопросы экологии биоты озера, но совершенно очевидным является необходимость планомерного гидробиологического мониторинга озера по всем компонентам биоты с целью прогноза состояния его экосистемы и сохранения его рекреационного и рыбохозяйственного потенциала на фоне резко возросшего числа экологических проблем водоемов в бассейне Байкала.

#### *Список литературы*

1. Абидуева Е. Ю., Дагурова О. П., Гаранкина В. П. Сезонные изменения физико-химических и микробиологических показателей озера Гусиное (Западное Забайкалье) // Вестник БГУ. 2014. № 3. С. 74–76.
2. Борисенко И. М., Пронин Н. М., Шайбонов Б. Б. Экология озера Гусиное. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1994. 199 с.
3. Гаранкина В. П., Цыденова Б. В., Дагурова О. П. Разнообразие микробного сообщества воды озера Гусиное (Бурятия) // Биоразнообразие: глобальные и региональные процессы: мат. Всерос. конф. молод. ученых с междунар. участием. Улан-Удэ: ИОЭБ СО РАН, 2016. С. 68–69.
4. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2014 году». Иркутск: Сиб. филиал «Росгеолфонд», 2015. 436 с.
5. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2015 году». Иркутск: ИНЦХТ, 2016. 372 с.
6. Гусиноозерская экспедиция П.С. Михно 1927 г. (Динамика природных комплексов Гусиноозерской котловины и аспекты культурного наследия Селенгинского среднегорья) / под ред. Э. А. Батоцыренова. Улан-Удэ: ЭКОС, 2016. 168 с.
7. Кожов М. М. Пресные воды Восточной Сибири. Иркутск: ОГИЗ, 1950. 367 с.
8. Колесник И. А., Шевелева Н. Г. Сезонная динамика зоопланктона (состав, количественные показатели) озера Гусиное // Экологический сборник. № 5: тр. молод. ученых Поволжья: междунар. науч. конф. Тольятти: Кассандра, 2015. С. 180–185.
9. Морузи И. В., Пищенко Е. В., Некрасов А. С. Биологические ресурсы озера Гусиное Селенгинского района Республики Бурятия // Вестник НГАУ. 2016. № 4. С. 48–55.

10. Семерной В. П., Матафонов Д. В., Базова Н. В. Фауна и пространственное распределение малощетинковых червей (*Annelida: Oligochaeta*) в озере Гусиное (бассейн озера Байкал) // Известия ИГУ. Сер.: Биология. Экология. 2014. Т. 10. С. 92–107.

11. Тулохонов А. К., Гармаев Е. Ж., Андреев С. Г. Опыт социально-экологической реабилитации последствий взрывов боеприпасов (на примере катастрофы на станции Гусиное озеро, Республика Бурятия) // Проблемы устойчивости функционирования стран и регионов в условиях кризисов и катастроф современной цивилизации: материалы XVII Международ. науч.-практ. конф. по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций // Моск. чрезвычайная служба России, ВНИИ ГОЧС МЧС России. 2012. С. 154–160.

12. Хахинов В. В., Намсараев Б. Б., Ульзетуева И. Д. Гидрохимические и микробиологические характеристики Гусино-Убукунских водоемов // Водные ресурсы. 2005. Т. 32, № 1. С. 79–84.

13. Цыденова Б. В., Гаранкина В. П., Дамбаев В. Б. Оценка численности и пространственного распределения бактериопланктона в озере Гусиное (Бурятия) // Биоразнообразие: глобальные и региональные процессы: материалы Всерос. конф. молод. ученых с междунар. участием. Улан-Удэ: ИОЭБ СО РАН, 2016. С. 127.

14. Шевелева Н. Г., Зайцева Е. П. Зоопланктон озера Гусиное в зоне влияния Гусиноозерской ГРЭС // Вода: химия и экология. 2015. № 5. С. 41–46.

15. Шевелева Н. Г., Пенькова О. Г., Колесник И. А. Состав зоопланктона озера Гусиное – водоема-охладителя Гусиноозерской ГРЭС // Актуальные проблемы экологии и сохранения биоразнообразия России и сопредельных стран. 2014. С. 159–163.

16. Kaygorodova I. A., Mandzyak N., Petryaeva E. Genetic Diversity of Freshwater Leeches in Lake Gusinoe (Eastern Siberia, Russia) // The Scientific World Journal. 2014. V. 2014. Article ID 619127.

## **“Blank Spots” in Hydrobiology of Lake Gusinoe, the Greatest Natural Lake and Cooling Reservoir in Buryatia Republic**

***D. V. Matafonov, N. V. Bazova,***

*Institute of General and Experimental Biology SB RAS,*

*Sakhyanovoy, 6, Ulan-Ude, Russia,*

*e-mail: dimataf@yandex.ru*

The Gusinoe Lake is the second water body after Lake Baikal on its area in Buryatia Republic, and the third one in the Lake Baikal basin after Lake Khovsgol. Till now numerous communities of

hydrobionts such as bacterial plankton and benthos, phytoplankton and phytobenthos, zoobenthos in the lake remain unstudied or scarcely studied. The urgent need in rigorous hydrobiological studies of this lake is obvious for the rising number of ecological problems of the lakes in the region last years.

**Key words:** Lake Gusinoe, Buryatia, hydrobiology

## К созданию единой системы мониторинга оз. Кенон<sup>1</sup>

**П. В. Матафонов, А. В. Афонин, Е. П. Горлачева,**  
*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,  
ул. Недорезова, 16а, г. Чита, Россия,  
e-mail: benthos@yandex.ru*

Восстановление озера Кенон, предотвращение непрогнозируемого снижения качества его вод и рекреационного потенциала становится невозможным без экосистемного подхода в мониторинге озера. В статье рассматриваются рекомендации по совершенствованию существующего мониторинга на озере и контроля за осуществляемой хозяйственной деятельностью. Создание единой системы мониторинга озера предлагается на основе программы организации и проведения режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши Росгидромет.

**Ключевые слова:** озеро Кенон, система мониторинга, экосистема, загрязнение

В процессе эволюции озер происходят постепенные изменения структуры и функционирования их экосистем. Аналогичным образом структурные и связанные с ними функциональные изменения имеют место при антропогенном эвтрофировании или загрязнении. В этих случаях процессы структурных и функциональных перестроек протекают с большими скоростями [1]. Развивавшаяся преимущественно по природным законам до середины прошлого века экоси-

---

<sup>1</sup> Работа выполнена на средства Министерства природных ресурсов и промышленной политики Забайкальского края по договору № 38Пр/16 от 10 октября 2016 г.

стема озера Кенон – водоема-охладителя читинской ТЭЦ-1 – в настоящее время стала природно-антропогенной. Разнообразные источники загрязнения и токсических загрязняющих веществ, а также непредсказуемость появления новых угроз вносят значительную неопределенность в дальнейшее развитие экосистемы водоема.

Мониторинг, осуществляемый на озере в настоящее время различными организациями, ориентирован преимущественно на отдельные компоненты экосистемы. Мониторинг санитарно-эпидемиологической безопасности воды осуществляет Роспотребнадзор. ФГБУ «Забайкальское УГМС» проводит достаточно информативный режимный мониторинг качества воды и природной среды по широкому комплексу гидрохимических и гидробиологических показателей. Помимо указанных организаций мониторинг и контрольно-надзорные функции в отношении использования и охраны озера Кенон осуществляют такие организации, как ГУП «Забайкалгеомониторинг», ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», ПАО «ТГК-14», Росприроднадзор, Росрыболовство, Росводресурсы, и др. Эпизодически исследования озера с оценкой экосистемных показателей осуществляет ИПРЭК СО РАН [7].

Краткий ежегодный обзор состояния озера Кенон дается в «Докладах об экологической ситуации в Забайкальском крае», основанного в 2016 году на результатах исследований Забайкальского УГМС и Роспотребнадзора [4]. Наиболее полное описание состояния компонентов экосистемы с выделением существующих угроз представлено в отчетных материалах по первым двум этапам «Программы сохранения экосистемы озера Кенон», выполненных по заказу Министерства природных ресурсов и промышленной политики Забайкальского края в 2013–2014 гг. [3, 5].

Осуществляемый мониторинг озера показывает, что вся акватория озера и его водосборная территория испытывают антропогенное воздействие. В воде и донных отложениях озера отмечается превышение ПДК по ряду загрязняющих веществ (молибден, фтор, свинец, нефтепродукты, бенз(а)

пирен, мышьяк, медь, сульфаты и др.). Источниками поступления этих веществ в озеро являются расположенные на его водосборной территории предприятия [3, 5]. Исследованиями ИПРЭК СО РАН выявлены ранее неучитываемые источники загрязнения озера. Множество источников загрязнения озера определяет необходимость расширения существующей сети мониторинга загрязняющих веществ и угроз экосистеме озера.

Помимо загрязняющих веществ экосистема озера Кенон подвержена биологическому загрязнению. В результате преднамеренной и стихийной интродукции в озеро Кенон проникло одиннадцать чужеродных видов гидробионтов, изменивших структуру аборигенных сообществ животных и растений и оказавших различное влияние на аборигенные сообщества [2; 3]. Анализ причин распространения чужеродных видов выявляет проблему стихийности и непродуманности хозяйственной деятельности на озере, а также отсутствие единой системы мониторинга озера Кенон.

Стабильность основных сообществ озера Кенон и устойчивость его экосистемы к негативным воздействиям, а также сравнительно высокое качество вод озера поддерживаются благодаря ключевым в экосистеме видам, однако осуществляемый в настоящее время режимный мониторинг озера не нацелен на оценку состояния их популяций. В создаваемой системе мониторинга экосистемы озера Кенон особое внимание необходимо обратить на мониторинг популяций водорослей отдела Charophyta, а также своевременное выявление угроз их существованию. Следует обратить внимание, что одной из существующих угроз устойчивости ключевым видам могут быть необоснованные проекты природоохранной направленности.

В целях исключения возможности реализации стихийных и необоснованных проектов в единой системе мониторинга экосистемы озера Кенон необходимо предусмотреть контроль за всей осуществляемой на озере хозяйственной деятельностью. Рекомендуется проводить экологическую экспертизу и оценку воздействия всех, в том числе природоохранных, проектов.

Главной угрозой для экосистемы озера Кенон может стать недостаточное внимание экосистемному подходу в осуществляемом мониторинге и реализуемых проектах, в связи с чем существует риск нежелательного и непрогнозируемого изменения качества вод озера, а также снижения его запасов биологических ресурсов и рекреационного потенциала. Успешное восстановление экосистемы озера Кенон невозможно без единой системы мониторинга озера, ориентированной не на оценку состояния отдельных компонентов экосистемы, а на экосистемные показатели; выявление факторов, обеспечивающих стабильность экосистемы и ее устойчивость к внешним воздействиям, и угроз экосистеме.

Предлагаемые мероприятия по мониторингу состояния экосистемы озера Кенон и контролю за ключевыми и чужеродными видами включают мониторинг собственно экосистемы озера Кенон, мониторинг природных и хозяйственных объектов на водосборной территории озера Кенон, а также мероприятия, рекомендуемые различным организациям по совершенствованию мониторинга экосистемы озера Кенон и контролю за ключевыми и чужеродными видами.

В основу регулярных мониторинговых исследований на озере Кенон и его притоках предлагается комплексная программа организации и проведения режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши Росгидромет [6], выполняемая ФГБУ «Забайкальское УГМС» на створах в районе ТЭЦ-1 и в центральной части озера. Внимание к этой программе обусловлено ее информативностью, т. к. она охватывает различные компоненты экосистемы, дает подробную характеристику сообществ гидробионтов и нацелена на оценку состояния сообществ и экосистемы озера. С некоторыми изменениями и дополнениями программу предлагается распространить на все озеро.

Мероприятия по контролю за чужеродными и ключевыми видами должны быть нацелены на предотвращение стихийных инвазий чужеродных и гибель популяций ключевых видов. В них следует предусмотреть:

- проведение исследований на заданных мониторинговых станциях и обработку полученного материала;
- анализ полученных данных и оценку текущего состояния популяций чужеродных и ключевых видов, выявление угроз ключевым видам и путей проникновения чужеродных видов;
- оценку динамики распространения и количественных характеристик популяций чужеродных и ключевых видов;
- прогнозирование распространения чужеродных и ключевых видов;
- оперативную разработку рекомендаций по совершенствованию контроля и принятию мер в отношении популяций чужеродных и ключевых видов.

На данный момент в целях восстановления экосистемы озера и создания единой системы ее мониторинга актуальна разработка «Схемы комплексного освоения и охраны водных объектов бассейна озера Кенон».

#### *Список литературы*

1. Алимов А. Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука, 2000. 147 с.
2. Базарова Б. Б., Горлачева Е. П., Матафонов П. В. Виды-вселенцы озера Кенон (Забайкальский край) // Российский журнал биологических инвазий. 2012. № 3. С. 20–27.
3. Белякова Е. В., Итигилова М. Ц., Карпов В. В. Отчет по объекту «Оказание услуг по разработке программы по сохранению экосистемы озера Кенон (I этап)»: в 2 кн. Чита: Забайкалгеомониторинг, 2012.
4. Доклад об экологической ситуации в Забайкальском крае за 2015 год. Правительство Забайкальского края. Чита, 2016.
5. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Разработка программы по сохранению экосистемы озера Кенон (II этап)». Чита: Центр исследований и разработок, 2013.
6. Руководящий документ РД 52.24.309-2011 «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши». Утв. Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды 25 окт. 2011. Дата введения – 1 июня 2012 г.
7. Экология городского водоема. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. 260 с.

## For Creation of the Integrated Monitoring System of Kenon Lake

*P. V. Matafonov, A. V. Afonin, E. P. Gorlacheva,  
Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS,  
Nedorezova, 16a, Chita, Russia,  
e-mail: benthos@yandex.ru*

Recovery of Kenon lake and prevention of water quality and lake's recreation potential unpredictable reduction is impossible without ecosystem approach in lake monitoring. The report describes recommendations for improvement of existing lake monitoring system and control for anthropogenic activities. Creation of the integrated monitoring system is offered on the base of Federal Hydrometeorology and Environmental Monitoring Service's organizing and conducting of monitoring observations of land's surface water's pollution and condition.

**Key words:** Kenon Lake, monitoring system, ecosystem, pollution

## Гидробиологическая оценка состояния Верхнетагильского водоема-охладителя

*В. Ф. Мухутдинов, А. С. Фоминых, Е. А. Бутакова,  
Российский научно-исследовательский институт  
комплексного использования и охраны водных ресурсов  
ул. Мира, 23, микрорайон Втузгородок, г. Екатеринбург, Россия  
e-mail: muhutdinov1@rambler.ru*

На разных временных отрезках существования водохранилища-охладителя дается оценка его трофического статуса и качества воды по содержанию хлорофилла а. Представлены данные мониторинга зарастания макрофитами акватории водохранилища за двенадцать последних лет, показана продуктивность развития высших водных растений и фитопланктона. Отслежено воздействие вселения растительноядных рыб. Приведены факты воздействия низких температур на теплолюбивые растения.

**Ключевые слова:** водохранилище-охладитель, содержание хлорофилла а, макрофиты, фитопланктон, зарастания, биомасса, виды-вселенцы, растительноядные рыбы

Верхнетагильское водохранилище-охладитель расположено в Свердловской области (Средний Урал), в 110 км северо-западнее г. Екатеринбург, в черте г. Верхний Тагил. Создано для охлаждения агрегатов Верхнетагильской ГРЭС на базе искусственного водоема, образованного 250 лет назад на слиянии р. Тагил и р. Вогулка. Пущено в эксплуатацию в 1955 году. В 1958 г. водохранилище было реконструировано. Дополнительно, для снижения тепловой нагрузки на основной водоем, в непосредственной близости – выше, на той же р. Тагил в 1966 г. был введен в эксплуатацию пруд-охладитель № 4, а в 1967 г., на р. Вогулка – Вогульское водохранилище. Верхнетагильское водохранилище относится к малым мелководным водоемам с высоким перегревом. Площадь зеркала при НПУ составляет 3,0 км<sup>2</sup>, объем водохранилища – 11,4 млн м<sup>3</sup>, средняя глубина – 3,8 м. Время полного водообмена через агрегаты станции составляет 45 часов.

**Цель исследования:** сравнить содержание хлорофилла а на разных временных отрезках существования водохранилища; дать оценку трофического статуса водоема и качества его воды; дать характеристику высшей водной растительности и фитопланктона, оценить площади зарастания, продуктивность макрофитов и сопоставить с биомассой фитопланктона; произвести поиск зависимости перечисленных показателей друг от друга и некоторых экологических факторов; проиллюстрировать пример последствий воздействия низких температур на инвазивные термофильные растения.

В работе используются данные по содержанию хлорофилла а (1984 и 2016 гг.), информация по фито- и макрофитным съемкам 1984 г., 2004–2016 гг. [1; 2]. Используются гидрохимические характеристики, полученные в соответствующие периоды при мониторинговых наблюдениях. Анализы выполнены в гидрохимической лаборатории аналитического контроля качества воды РосНИИВХ.

Содержание хлорофилла а в 1984 году определялось стандартным спектрофотометрическим методом [3], в 2016 г. – флуоресцентным методом с помощью прибора Альголабанализатор немецкой фирмы bbe Moldaenke.

Макрофитосъемку производили ежегодно в начале августа месяца – в период наивысшей продуктивности растений. При обследовании использовалась методика, разработанная В. М. Катанской [4].

Сбор и обработка фитопланктона велись по общепринятой методике [5].

**Полученные результаты.** Гидрохимическая ситуация за 32 года в водохранилище заметно изменилась: снизилась внутренняя биогенная нагрузка на водоем в результате сокращения площади крупного садкового рыбного хозяйства до минимума, уменьшилась внешняя нагрузка с водосбора из-за ликвидации комплекса КРС. Снижение концентрации хлорофилла в 2016 г., очевидно, следует расценивать как следствие снижения трофического уровня в связи со снижением биогенной нагрузки ( $P_{\text{общ}}$ ), что отразилось на снижении биомассы фитопланктона (табл. 1), росте прозрачности воды (табл. 1).

Таблица 1

Средние показатели содержания в воде  
Верхнетагильского водоема-охладителя ГРЭС в 1984 и 2016 гг.  
общего фосфора, хлорофилла *a*, прозрачности и температуры

Годы	Показатели			
	Температура, °С	Прозрачность, м	Фосфор общий, мкг/дм <sup>3</sup>	Хлорофилл <i>a</i> , мкг/дм <sup>3</sup>
1984	<u>23,5–30,6</u> 27,0	<u>0,6–1,0</u> 0,85	<u>85,6–109,2</u> 94,2	<u>32,0–39,0</u> 34,6
2016	<u>14,6–32,9</u> 23,5	<u>0,8–1,6</u> 1,2	<u>7,6–33,0</u> 23,0	<u>4,5–14,8</u> 11,1

Примечание: в числителе – вариации значений; в знаменателе – среднее.

Очевидно, снижение температурной нагрузки в настоящее время, связанное с технологическими мероприятиями, также сыграло свою роль.

Данные по содержанию хлорофилла водохранилища двух разных периодов свидетельствуют об улучшении экологической обстановки и снижении трофического статуса от эвтроф-

ного до слабоэвтрофного и мезотрофного. Качество воды, согласно классификации О. П. Оксик [3], перешло из III класса во II-й и из разряда «слабо загрязненной» до «вполне чистой».

Для оценки экологического состояния водохранилища на протяжении последних двенадцати лет (2004–2016 гг.) проводились наблюдения за степенью развития макрофитов и фитопланктона (табл. 2) [1; 2].

Таблица 2

**Продуктивность макрофитов и фитопланктона  
в Верхнетагильском водохранилище-охладителе**

Год	Макрофиты				Средняя биомасса фитопланктона мг/дм <sup>3</sup> , (V–IX мес.)
	Площадь зарастания		Биомасса		
	м <sup>2</sup>	%	кг/м <sup>2</sup>	общая, тонн	
1965[1]	910000	26	3,0	2730	-
1984	60000	2,0	3,0	180	6,5
2004	140000	4,6	9,0	1260	1,943
2005	64000	1,8	2,8	180	1,483
2006	11700	0,4	4,8	56	1,616
2007	38000	1,3	3,0	114	1,897
2008	55200	1,8	15,8	872	1,749
2009	130000	4,3	17,5	2400	0,983
2010	33800	1,1	10,0	338	1,528
2011	31500	1,05	7,2	227	2,452
2012	77150	2,6	10,5	810	7,810
2013	87200	2,9	6,7	585	9,020
2014	158465	5,3	5,2	810	4,500
2015	24000	0,8	2,5	55	6,320
2016	24000	0,8	0,82	46	3,61

Верхнетагильское водохранилище отличается относительно высоким таксономическим разнообразием макро-

фитной растительности: в результате его изучения выявлено 35 видов из 27 родов, 16 семейств и двух отделов. Преобладают гидрофиты – 14 видов, что составляет чуть менее половины (40 %) от общего количества видов. Среди гидрофитов большего развития получили погруженные укореняющиеся гидрофиты – экогруппа 3. Сравнительно велико в водоеме количество гигрогелофитов – 13 видов, 37 %. Среди данной экогруппы большего распространения получили осоки. В меньшей степени в водной флоре представлены гелофиты – 7 видов, 20 %, с преобладанием высокотравных гелофитов – экогруппа 7.

Результаты исследования последних лет показали, что Верхнетагильское водохранилище является водоемом слабого зарастания – менее 6 %: чуть больше половины общей макрофитной биомассы приходится на гидрофильную растительность – 54 %. Сложившуюся ситуацию можно объяснить двумя причинами: во-первых, присутствием в водоеме двух вселенцев – *Vallisneria spiralis* L. (вселилась ок. 1969 г.) и *Egeria densa* Planch. (вселилась в нач. 2000-х годов) [1; 7], видов, покрывающих обширные участки акватории водоема и дающих высокую биомассу до 4,5 кг/м<sup>2</sup>, во-вторых, слабым развитием прибрежно-водных сообществ в связи с особой геоморфологией водоема и высокой хозяйственной и рекреационной деятельностью, осуществляемой на его берегах.

В отдельные годы (2004, 2005, 2009 гг.), для снижения биомассы макрофитов, с целью увеличения охлаждающей способности водоема, экологические службы ГРЭС проводили вселение растительноядных рыб – белого амура, тем самым, косвенно воздействовали на соотношение – макрофиты – фитопланктон, которые являются конкурентами за биогенные вещества. Эффект вселения рыб-мелиораторов, безусловно, прослеживался, но он был непродолжительным вследствие незаконного вылова белого амура. Удерживание степени развития макрофитов с помощью биоманипуляции на уровне 2005–2007 гг, а также, 2014–2016 гг. соответствовал бы благоприятному состоянию экосистемы водоема. При вселении растительноядных рыб необходим взвешенный подход:

количество посадочного материала должно быть научно обосновано, в противном случае водоем может из «макрофитного» перейти в «фитопланктонный».

Состав и структура фитопланктона Верхнетагильского водохранилища с 2012 по 2016 г. не претерпели значительных изменений. В 2012 г. было выявлено 157 видов, разновидностей и форм водорослей из 6 отделов (Bacillariophyta 68, Chlorophyta 59, Cyanophyta (Cyanoprokaryota) 15, Euglenophyta 8, Dinophyta 5, Chrysophyta 2). В 2016 г. было обнаружено 167 видов, разновидностей и форм водорослей из 8 отделов (Bacillariophyta 85, Chlorophyta 54, Chrysophyta 8, Cyanophyta (Cyanoprokaryota) 7, Euglenophyta 6, Dinophyta 5, Cryptophyta 1). Количественные показатели фитопланктона на протяжении 2012 г. изменялись в широких пределах: численность от 0,46 до 58,35 млн кл./л, биомасса – от 0,49 до 26,34 мг/ дм<sup>3</sup>. / В 2016 г. численность изменялась от 0,04 до 23,08 млн. кл./л, биомасса – от 0,015 до 15,794 мг/ дм<sup>3</sup>. Основу структуры и численности обоих количественных показателей на протяжении всего периода исследований определяли диатомовые и зеленые водоросли. Между комплексами доминирующих видов водорослей на протяжении периода исследований наблюдалась преемственность.

Для выявления причинно-следственных связей между полученными результатами проведен корреляционный анализ средневегетационных биомасс фитопланктона, макрофитов, содержания фосфора фосфатов, среднемесячной температуры, количества солнечных дней. Из всего блока полученных данных только результаты последних пяти лет имели значимые зависимости. Очевидно, сказалось воздействие рыб-мелиораторов. Высокий уровень зависимости был получен между климатическими показателями и концентрацией минерального фосфора ( $r = -0,9$ ), из чего следует, что внутриводоемные процессы тесно связаны с водосбором и условиями увлажнения на нем. Средний уровень зависимости между биомассой макрофитов и фитопланктона ( $r = 0,7$ ) свидетельствует о взаимном влиянии растительных компонентов водной экосистемы данного водоема.

Необходимо отметить, что лето 2016 года выдалось очень жарким и сухим, вследствие чего поступление биогенных веществ с водосбора значительно снизилось, что отразилось на развитии фитопланктона, и, соответственно, на концентрации хлорофилла (табл. 1, 2). Из этого следует, что среднесуточное содержание хлорофилла может быть выше, чем было в 2016 г., а трофический статус и качество воды могут отличаться от указанного.

Зимой 2016 года, в результате прекращения теплового сброса, водохранилище впервые за время его существования, как охладителя, полностью находилось под ледяным покровом в течение 10–15 дней. Данное обстоятельство привело к вымерзанию вегетативных органов инвазивных видов высших водных растений (*V. spiralis* и *E. densa*) на большей части акватории водоема. К периоду макрофитной съемки в августе месяце не все ареалы произрастания теплолюбивых растений восстановились, а их биомасса на 1 м<sup>2</sup> значительно снизилась по сравнению с предыдущими годами (табл. 2). При этом, в отсутствие такого мощного конкурента за биогенные вещества, как макрофиты, теоретически фитопланктон мог дать вспышку продуктивности, но этого не произошло.

Таким образом, гидробиологические показатели, полученные за определенный ряд лет, указали на сложные процессы, происходящие в экосистеме техногенного водоема под воздействием антропогенных и природных факторов.

#### **Список литературы**

1. Мухутдинов В. Ф., Зубарева Э. Л., Анисимов В. М. Динамика зарастания высшей водной растительностью акватории Верхне-Тагильского водохранилища-охладителя // Материалы XIII Междунар. науч.-практ. симп. и выставки «Чистая вода России». Екатеринбург, 2015. С. 205–210.
2. Бутакова Е. А. Фитопланктон системы водоемов-охладителей Верхнетагильской ГРЭС // Водные и экологические проблемы, преобразование экосистем в условиях глобального изменения климата: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «VI Дружининские чтения». Хабаровск, ИВЭП ДВО РАН, 2016. С. 300.
3. Детерминация фотосинтеза... SCOR-UNESCO Working group 17. Determination of photosynthetic pigments in seawater. Paris. 1966. 69 p.

4. Катанская В. М. Методика исследования высшей водной растительности // Жизнь пресных вод СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 4, ч. 1. С. 160–182.

5. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция. Л.: ГосНИОРХ, 1984.

6. Окснюк О. П., Жукинский В. Н., Брагинский Л. П. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. 1993. Т. 29, № 4. С. 62–76.

7. Фоминых А. С., Мухутдинов В. Ф., Киприянова Л. М. Находки бразильской элодеи в водоемах-охладителях Верхнетагильской ГРЭС (Средний Урал) // Российский журнал биологических инвазий. 2016. № 1. С. 131–137.

## **Hydrobiological Assessment of the Verkhniy Tagil Cooling Reservoir**

***V. F. Mukhutdinov, A. S. Fominykh, E. A Butakova,***

*Russian Research Institute for Integrated Water Use and Protection,*

*Ul. Mira, 23, microdistrict Vtuzgorodok, Yekaterinburg, Russia,*

*E-mail: muhutdinov1@rambler.ru*

At different time intervals of the existence of the reservoir-cooler, an assessment is made of its trophic status and water quality by the content of chlorophyll a. The data of monitoring of macrophyte overgrowth in the water area of the reservoir for the last twelve years are presented, the productivity of the development of higher aquatic plants and phytoplankton is shown. The effect of the introduction of herbivorous fish was observed. The facts of the effect of low temperatures at thermophilic plants are given.

**Key words:** cooling reservoir, chlorophyll a, macrophytes, phytoplankton, overgrowing, biomass, invasive species, herbivorous fish

**Золошлаковые отходы ТЭК Забайкалья – основной источник загрязнения окружающей среды и направления снижения их негативного воздействия**

**В. П. Мязин, В. И. Мязина,  
К. К. Размахнин, Л. В. Шумилова,**  
*Забайкальский государственный университет,  
ул. Александро-Заводская 30, г. Чита, Россия,  
e-mail: myazinvpchita@mail.ru*

Рассмотрено состояние угольно-энергетической базы Восточного Забайкалья. Приводятся данные химического состава системы «уголь – зола-унос – шлак – золошлак» на примере ТЭЦ 2, работающей на харанорских углях. Рекомендованы направления рационального использования бурых углей Харанорского, Уртуйского, Татауровского месторождений.

**Ключевые слова:** золошлаковые отходы, зола-унос, редкие и редкоземельные металлы

В настоящее время в российской энергетике работает 135 угольных электростанций, золоотвалы которых содержат 238 секций общей площадью 28 тысяч гектаров. По данным Министерства энергетики РФ, в золоотвалах российских ТЭС накоплено порядка 1 миллиарда 70 миллионов тонн золошлаков. Использование золы, золы-уноса и иных отходов в 2010 г. составляло 9,8 млн тонн, или только 14 % от объема их образования, в 2014 г. – 4,3, или 15 % и в 2015 г. – 6,1 млн тонн, или 23 %. Поэтому в России необходимо переходить к массовым производствам и технологиям, а для этого необходима государственная стратегия по использованию золошлаков [1; 4; 5].

Исторически сложилось, что топливно-энергетический комплекс (ТЭК) Восточного Забайкалья, состоящий из шести крупных теплоэлектростанций (ТЭС) и значительного количества малых производственных котельных, работающих на бурых углях, изначально ориентирован на решение лишь одной задачи – как можно больше дать региону дешевой энергии. На сегодняшний день большое количество образуемых золошлаковых отходов после сжигания углей транспортируется (малоэффективная технология золоудаления) для дальнейшего их хранения

в золоотвалы. При этом экологическая нагрузка на окружающую среду и безопасность жизнедеятельности населения от количества образуемых золошлаковых отходов (ЗШО) будет постоянно возрастать, причем каждый дополнительно сформированный золоотвал в будущем будет выступать как источник техногенной катастрофы при ведении хозяйственной деятельности.

Можно констатировать, что ныне применяемая технология мокрого золоудаления устарела и малоэффективна. Она не позволяет решить проблему снижения негативного воздействия ЗШО на компоненты окружающей среды и безопасность жизнедеятельности проживающего населения в крае.

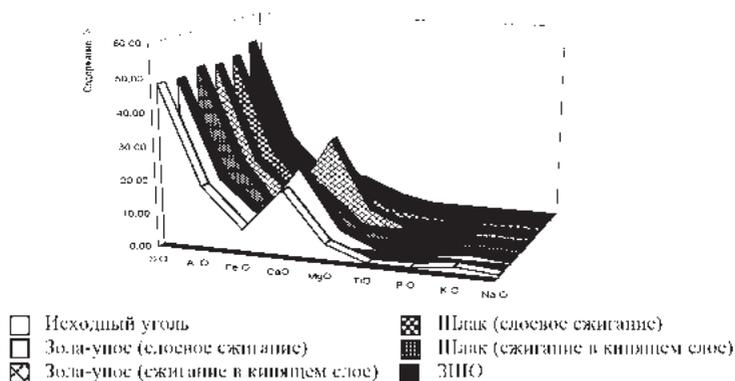
**Цель работы** – комплексная эколого-технологическая оценка золошлаковых отходов от сжигания углей Харанорского, Уртуйского, Татауровского месторождений на ТЭС региона.

Основные задачи исследований: провести анализ изученности влияния ЗШО, образуемых при сжигании углей в крае на ОПС; провести аналитические исследования компонентного состава геосистемы «уголь – зола-унос-шлак-золошлак» и дать оценку фазово-минералогической характеристики образуемых золошлаковых отходов.

**Объекты исследования.** Золошлаковые отходы, образующиеся при сжигании харанорских, уртуйских, татауровских углей на крупнейших ТЭС ОАО «Читаэнерго» – Читинских ТЭЦ 1, ТЭЦ 2, Приаргунской ТЭЦ.

В работе использованы комплекс традиционных и новых методов исследований: физико-химический, химический, седиментационный, гравиметрический, минералогический, гранулометрический, спектральный полуколичественный, силикатный, масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS), сканирующая электронная микроскопия в сочетании с энерго-дисперсионным рентгеновским анализом, оптико-геометрический, рентгенофлуоресцентный (РФА), оптико-геометрический с автоматическим компьютерным анализом изображения, магнитометрический, атомно-адсорбционный, гамма-бета исследования, гамма-спектрометрический, токсикологический (биологическое тестирование).

**Полученные результаты.** На основании данных исследований можно констатировать, что продукты сжигания углей также как и угли, относятся: по содержанию соединений железа, в основном, к среднежелезистым ( $Fe_2O_3$  в золе 5–12 %); по содержанию соединений алюминия – к среднеглиноземным ( $Al_2O_3$  в золе 15–28 %); по содержанию соединений кальция и магния – к средне- и высококальциевым ( $CaO + MgO$  в золе > 12 %). На рисунке представлена диаграмма химического состава системы «уголь – зола-унос – шлак – золошлак» на примере ТЭЦ-2, работающей на харанорских углях [2; 3].



**Рис.** Химический состав исходных углей и продуктов их сжигания (Читинская ТЭЦ-2)

Из малых элементов (микроэлементов), содержания которых не превышают 0,1 %, методом ICP-MS зафиксировано около 50 наименований. Из числа зафиксированных промышленно значимых элементов четко прослеживается во всех углях исследуемых месторождений и их золошлаках повышенное содержание некоторых редких и редкоземельных, а также цветных металлов.

Методом тяжелосредней сепарации золошлаки разделены на легкую (плотность менее 3,6 г/см<sup>3</sup>) и тяжелую фракции. Дальнейшим гравитационным фракционированием установлено, что выход тяжелой фракции узких классов крупности

находится в диапазоне 2,3–6,5 %. Минералогическими исследованиями установлено, что легкая фракция представлена, в основном, силикатами и алюмосиликатами, а на оксиды железа приходится от 3,0 до 20 %. В тяжелых фракциях доля оксидов железа составляет 65–75 %, алюмосиликатов – 18–25 %, пирита – 4–15 %.

Исходя из того, что доля шлака в котельных агрегатах факельно-слоевого сжигания топлива составляет 5–7 %, компонентный состав отхода (золошлака) определяет по составу золы-уноса (РД 153.34.1-02.203-99). Химический состав золы уноса для расчетного метода определения класса опасности установлен рентгенофлуоресцентным методом (РФА) в аккредитованной лаборатории МГУ им. Ломоносова [2; 3].

Содержание и распределение токсичных и потенциально токсичных элементов в сравнении с «порогом токсичности» (ПТ) и потенциально промышленно значимых представлены в табл.

Таблица

**Распределение микроэлементов в пробах по ПТ\* и минимальному их содержанию, определяющему промышленную значимость**

<i>Основные группы элементов</i>	<i>Характеристика установленных значений микроэлементов</i>		
	<i>Исходные угли</i>	<i>Зола-унос</i>	<i>Шлак</i>
ТЭЦ 1 (смесь харанорских, татауровских, ургуйских углей)			
Токсичные, потенциально токсичные элементы, тяжелые металлы	Превышение ПТ по: <i>V, Cd, Zn, Cr</i> Приближен к ПТ: <i>Mn</i> на 60–90 %, <i>Ni</i> на 50 %, <i>Pb</i> на 50–60 %	Превышение ПТ по: <i>V, Cd</i> Приближен к ПТ: <i>Mn</i> на 60–100 %, <i>Pb</i> на 50–60 %	Превышение ПТ по: <i>V, Cd</i> Приближен к ПТ: <i>Mn</i> на 60–100 %
Потенциально промышленно значимые	Превышение ПТ по: <i>Yb, Co, Cu, Mo, Nb, Se, Sc, Sr, Zn</i> Приближен к ПТ: <i>V</i> на 90 %, <i>Nb</i> на 90 %, <i>Zr</i> на 90 %	Превышение ПТ по: <i>Yb, Ag, Se</i> Приближен к ПТ: <i>Yb</i> на 80 %, <i>Mo</i> на 80 %	Не установлено

Продолжение табл.

Основные группы элементов	Характеристика установленных значений микроэлементов		
	Исходные угли	Зола-унос	Шлак
ТЭЦ 2 (харанорские угли)			
Токсичные, потенциально токсичные элементы, тяжелые металлы	Превышение ПТ по: <i>Mn</i> Приближен к ПТ: <i>As</i> на 60–70 %, <i>Ni</i> на 60–70 %	Превышение ПТ по: <i>Mn</i> Приближен к ПТ: <i>As</i> на 60–70 % (единичные пробы при слоевом сжигании), <i>Ni</i> на 50–60 %	Превышение ПТ по: <i>Mn</i> Приближен к ПТ: <i>Ni</i> на 50–60 %
Потенциально промышленно значимые	Превышение ПТ по: <i>Be</i> (единичные пробы), <i>Bi</i> , <i>Y</i> , <i>Yb</i> , <i>Mo</i> , <i>Rb</i> , <i>Se</i> , <i>Ag</i> (единичные пробы), <i>Sr</i> , <i>Te</i> , <i>Ta</i> Приближен к ПТ: <i>Co</i> на 70–80 %, <i>Ni</i> на 60–70 %, <i>Nb</i> на 80–90 %, <i>Sc</i> на 80–90 %, <i>Zr</i> на 60–80 %	Превышение ПТ по: <i>Se</i> , <i>Ag</i> (единичные пробы), <i>Sr</i> Приближен к ПТ: <i>Yb</i> на 80–90 %	Превышение ПТ по: <i>Sr</i> Приближен к ПТ: <i>Yb</i> на 70–80 %, <i>Se</i> на 80–90 %
ПТЭЦ (уртуйские угли)			
Токсичные, потенциально токсичные элементы, тяжелые металлы	Приближен к ПТ: <i>V</i> на 60–70 %	Приближен к ПТ: <i>V</i> на 70 %, <i>Pb</i> на 80–90 % (единичные пробы)	Не установлено
Потенциально промышленно значимые	Превышение ПТ по: <i>Sc</i> (единич-	Превышение ПТ по: <i>Ti</i> , <i>Se</i>	Не установлено

	ные пробы), <i>V</i> (единичные пробы), <i>Co, Ni,</i> <i>Ga, Rb, Sr; Zr; Y,</i> <i>Yb, Nb, Mo, Ti,</i> <i>Se, Hf, Ta, Te,</i> <i>Bi, Cu, Pb</i>	Приближен к ПТ: <i>Zr; Y, Yb, Hf</i> на 80–90 %	
--	--	--	--

Примечание: \* – порог токсичности (ПТ) – справочные данные

Сравнительной оценкой токсичных, потенциально токсичных элементов в продуктах сжигания углей на ТЭЦ 1, ТЭЦ 2 установлено, что способ сжигания в низкотемпературном кипящем слое по сравнению с факельным и слоевым следует отнести к экологически более «чистым», и ему должно быть отдано предпочтение. Расчетным методом и полученными экспериментальными данными с использованием биотестирования установлено: золошлаки от сжигания харанорских, ургуйских углей относятся к V классу опасности, таугуровских – к IV классу опасности для ОПС.

Данные замеров мощности ионизирующего излучения в контрольных точках указывают на то, что уровень дозы гамма-излучения находится на уровне естественного фона. Значение магнитной восприимчивости анализируемых проб геосистемы «уголь – зола-унос – шлак – золошлак» существенно разнятся. Выявлено повышенное содержание в золе-уноса потенциально значимых элементов *Ag, Au, Ti, Mo, Sr, Y, Yb* при различных способах сжигания углей на Читинских ТЭЦ 1, ТЭЦ 2 и Приаргунской ТЭЦ, позволяющее сделать заключение о том, что золоотвалы могут рассматриваться как техногенные образования, а текущие отходы ТЭС – как нетрадиционный источник минерального сырья для выделения ценных компонентов [2,3].

На основе обобщенной классификации золошлаковых отходов промышленного сжигания углей, рекомендованы направления их рационального использования, а именно: как вторичное минеральное сырье для получения железосодержащих и редкометалльных концентратов; в качестве составляющей

в производстве строительных материалов, в том числе тяжелый бетон, газобетон автоклавный, деревозолобетон для малоэтажного домостроения, керамзитозолобетон; в дорожном строительстве; для заполнения выработанных пространств, при ведении горных работ, в составе закладочной смеси для заполнения выработанного пространства шахт, тампонажный раствор для холодных и горячих скважин; в сельском хозяйстве в качестве добавок к удобрениям.

**Выводы.** Золошлаковые отходы ТЭК оцениваются как сложная геосистема: «уголь – зола-унос – шлак – золошлак», позволяющая с использованием новейших методов исследований выделить в ней качественные и количественные значения по трем основным группам элементов: золообразующим; токсичным, потенциально токсичным. Золошлаковые отходы ТЭК Забайкалья являются основным источником загрязнения окружающей среды, поэтому необходимо снижать их негативное воздействие на экосистему, посредством перехода на сухое золоудаление: использование текущих золошлаковых отходов, а золоотвалов – как техногенных образований вторичного сырья. Это позволит снизить негативное воздействие ТЭК на ОПС, а также исключить (или в значительной мере сократить) вовлечение в разработку новых техногенных месторождений.

#### *Список литературы*

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». М.: Минприроды России; НИИ-Природа, 2016. 639 с.
2. Мязина В. И., Попова Г. Ю. Обеспечение экологически безопасного и экономически эффективного обращения с отходами как одна из основ хозяйственной деятельности предприятий региона // Вестник Забайкал. регион. отд-ния РАЕН. Чита: ЗабГУ, 2013. № 1. С. 98–103.
3. Патент № 2340402, Российская Федерация. Поточная линия для выделения редких и редкоземельных элементов из зольных уносов тепловых электростанций / В. П. Мязин, И. П. Ихисоева, М. Я. Шпирт, В. И. Мязина, В. Г. Черкасов, Д. М. Шестернев; заявка: 2007112090/03, 02.04.2007, приоритет 10.12.2008.
4. Размахнин К. К. Переработка природных цеолитов, используемых в фильтрах ТЭС Забайкальского края // Экомониторинг. Экологическая эффективность. № 10. Берлин (Германия): Regus/EuroRuss, 2014.

5. Шумилова Л. В. Техногенные месторождения как объекты повышенного негативного воздействия на окружающую среду // Междунар. науч. журн. Общества Науки и Творчества «Science Time. № 8». 2014. С. 325–357.

## **Ash and Slag Wastes of the Energy Complex of Transbaikalia – the Main Source of Pollution of the Environment and Directions for the Reduction of their Negative Exposure**

*V. P. Myazin, V. I. Myazina,  
K. K. Razmakhnin, L. V. Shumilova,  
Transbaikal State University,  
St. Aleksandro-Zavodskaya, 30, Chita, Russia,  
e-mail: myazinvpchita@mail.ru*

The condition of the coal-energy base of the Eastern Transbaikalia is considered. The data of the chemical composition of the system «coal – fly ash – slag – ash and slag» are given on the example of PS 2, operating on Kharanor coals. The directions of rational use of brown coals of Kharanor, Urtuisky, Tataurovskoye fields are recommended.

**Key words:** ash and slag wastes, fly ash, rare and rare-earth metals

## **Сезонная динамика фитопланктона водоемов-охладителей**

*Т. Н. Новоселова,  
Институт гидробиологии НАН Украины,  
проспект Героев Сталинграда, 12, г. Киев, Украина,  
e-mail: labtech-hb@ukr.net*

Представлен краткий обзор результатов исследований сезонной динамики фитопланктона водоемов-охладителей ТЭС и АЭС. На примере водоема-охладителя Хмельницкой АЭС показаны сезонные изменения состава и обилия фитопланктона.

**Ключевые слова:** фитопланктон, сезонная динамика, водоем-охладитель, АЭС

На протяжении года состав и количественные показатели фитопланктона изменяются в водоемах разного типа, однако в условиях водоемов-охладителей (ВО) эти изменения приобретают отличные от водоемов с естественным температурным режимом черты. Постоянный подогрев создает благоприятные условия для продления сроков вегетации водорослей из разных отделов и количество видов, вегетирующих на протяжении всего года увеличивается с увеличением подогрева [1]. В условиях водоемов-охладителей, менее четко чем в природных, выражены смена состава и сезонные колебания видового богатства [1; 3]. Динамика количественного развития фитопланктона водоемов-охладителей умеренной климатической зоны в сезонном аспекте в основном схожа с таковым природных водоемов: минимум всегда приходится на зимний период, максимум, как правило, – на летний. Имеются сведения о присутствии иногда осеннего максимума, когда наибольшие показатели обилия были зарегистрированы в октябре (водоем-охладитель Кураховской ГРЭС) [1]. На протяжении года происходит смена доминирующих видов водорослей, принадлежащих к разным отделам: от зеленых и диатомовых в зимний период, через цианобактерии – в летний и снова к зеленым и диатомовым осенью. [1, 4].

**Целью** данной работы было на основе круглогодичных наблюдений установить особенности изменений фитопланктона в условиях водоема-охладителя Хмельницкой АЭС (Украина).

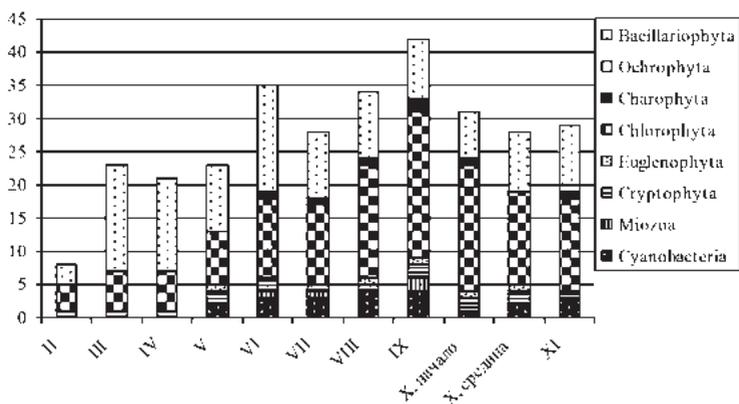
Хмельницкая АЭС расположена в северо-западной части Украины, охлаждение циркуляционных вод двух энергоблоков обеспечивает водоем-охладитель площадью 20 км<sup>2</sup> и объемом около 120 млн. м<sup>3</sup>. Кроме ВО в состав техноэкосистемы входят подводящий и отводящий каналы, специальные технические водные объекты.

Исследования фитопланктона проводили с августа 2012 г. по июль 2013 г. ежемесячно, (в октябре 2012 г. пробы были отобраны в начале и середине месяца, в январе 2013 г. пробы не отбирались). Измерения температуры воды проводили при отборе проб на 4 станциях – в подводящем канале, устье отво-

дящего канала, северном и южном районах ВО (далее приведены средние показатели). Отбор, фиксацию и обработку проб проводили по общепринятым методикам [2]. При описании таксономического богатства водорослей использовали термин НОТ – низший определённый таксон. До уровня вида и внутривидового таксона определено 91 % НОТ. Названия и систематическая принадлежность таксонов водорослей приведены согласно [5]. На протяжении исследований температура воды в ВО изменялась в пределах 0,5–33,5 °С. Амплитуда колебаний по акватории в разные месяцы составляла 5,0–9,5 °С. Минимальные показатели регистрировались в южной кутовой части ВО, где в него впадает река Гнилой Рог и влияние теплового потока является ограниченным, а максимальные – на выходе из отводящего канала.

Результаты исследований. В целом с августа 2012 г. по июль 2013 в фитопланктоне ВО ХАЭС выявлено 113 НОТ водорослей из 8 отделов (филумов). Основу видового богатства формировали представители Bacillariophyta (46 НОТ) и Chlorophyta (45 НОТ). Cyanobacteria насчитывали 12 НОТ, Euglenophyta – три, Cryptophyta, Miozoa (Dinophyta), Charophyta (Streptophyta) – по два НОТ, Ochrophyta (Chrysophyta) – один НОТ. Видовое богатство изменялось от 14 НОТ в феврале до 42 в сентябре.

На протяжении года в флористическом спектре стабильно присутствовали зеленые, диатомовые и криптофитовые водоросли. Доминировали в разном соотношении диатомовые и зеленые, причем с декабря по июнь преобладали диатомовые, с июля по ноябрь – зеленые (рис. 1). Цианобактерии регистрировались в видовом составе с мая по декабрь. Представители Miozoa были отмечены лишь в июне, июле и сентябре, когда температура воды превышала 25 °С, Euglenophyta встречались в разные месяцы во все сезоны, Charophyta – с июня по ноябрь, представитель Ochrophyta лишь в ноябре. Следует отметить, что водоросли последних четырех отделов встречались в очень небольшом количестве, то есть их присутствие в видовом составе среди прочего могло быть обусловлено их попаданием или не попаданием в пробу.

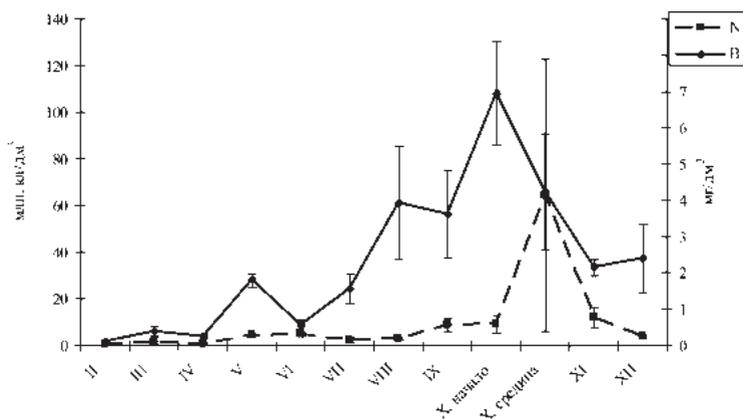


**Рис. 1.** Сезонная динамика видового богатства и состава фитопланктона ВО ХАЭС

Изменения в видовом богатстве определенным образом были обусловлены температурой: отмечена положительная корреляция между богатством НОТ и температурой воды (коэффициент корреляции 0,69). Количество НОТ цианобактерий и зеленых водорослей с ростом температуры воды увеличивалось (коэффициенты корреляции 0,81 и 0,63, соответственно), видовое богатство диатомовых почти не зависело от температуры (величина коэффициента корреляции близка к нулю – 0,009).

В сезонной динамике численности фитопланктона отмечен один пик вегетации, который был отмечен в середине октября (рис. 2). Самые низкие показатели численности регистрировались с февраля по апрель, когда в видовом спектре отсутствовали цианобактерии. Средняя температура воды в этот период колебалась в пределах 5,1–11,7 °С. Более 50 % численности образовывалось мелкими диатомовыми *Stephanodiscus hantzschii* Grunow. В мае значительно увеличилась температура воды (20,0–27,5 °С), численность по сравнению с предыдущими месяцами выросла на порядок. По всей акватории ВО доминировала *Pandorina morum* (O. F. Müller) Vogt. Летом средние показатели численности колебались незначительным образом (рис. 2), в сентябре начался их рост

до пикового состояния середины октября. С июня по декабрь в качестве доминанта первого или второго ранга в состав комплекса доминирующих видов входил *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing. В ноябре показатели численности снизились почти до уровня, который был зарегистрирован в начале предыдущего месяца. В декабре невзирая на то, что средняя температура воды была ниже 10 °С, показатели численности были на уровне таковых мая месяца.



**Рис. 2.** Сезонная динамика обилия фитопланктона ВО ХАЭС (*N* – численность, млн кл/дм<sup>3</sup>, *B* – биомасса, мг/дм<sup>3</sup>)

Биомасса фитопланктона имела весенний и осенний пики, которые были обусловлены в первом случае развитием зеленых, во втором – диатомовых. С февраля по апрель наблюдалась депрессия фитопланктона, когда минимальный годовой уровень биомассы определялся преимущественно диатомовыми. В мае бурное развитие *P. morum* вызвало значительный (на порядок) рост биомассы, который в июне сменился спадом. Начиная с июля наблюдалось увеличение биомассы до максимальных значений в начале октября. В период со середины октября и до конца года биомасса уменьшалась. Определяющую роль в формировании биомассы фитопланктона на протяжении почти всего года, за исключением периода с марта по май

играла *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen. В июле, августе и с октября по декабрь она выступала в качестве монодоминанта, в июне, сентябре и феврале – доминанта первого или второго ранга.

Таким образом, поступление дополнительного тепла, которое можно рассматривать как аналог климатических изменений, привело к некоторым изменениям в годовом цикле фитопланктона. Несмотря на то, что его развитие характеризовалось выраженной сезонной динамикой, отмечено значительное увеличение длительности вегетационного периода. Биологические сезоны не совпадали с календарными. До начала декабря включительно средняя температура воды в ВО не опускалась ниже 9 °С, а на выходе из отводящего канала ниже 14 °С. Флористический спектр, богатство, состав доминантных комплексов и, в меньшей мере, обилие декабрьского фитопланктона были аналогичны осенним. Поскольку в январе отбор проб не производился, нет возможности судить о динамике изменения обилия, однако можно предположить, что снижение биомассы в январе происходило весьма интенсивно. Февральский фитопланктон по составу был сходен с таковым в марте и апреле (максимальные значения коэффициентов подобия Серенсена и Чекановского-Серенсена регистрировались между фитопланктоном февраля и весенних месяцев). Средняя температура воды в ВО в эти месяцы была в пределах 5,1–11,7 °С. Майский фитопланктон можно считать переходным между весенним и летним. Его состав имел сходство с апрельским (0,54 по Серенсену), хотя расширился на уровне отделов. Доминантные комплексы в мае обладали своеобразием. Четкого различия между летним и осенним фитопланктоном, который в обоих случаях характеризовался богатым видовым составом, схожим списком доминирующих видов, выявлено не было.

**Выводы.** Повышение температуры при дополнительном подогреве вызвало изменения в сезонном развитии фитопланктона ВО ХАЭС. Как и в отмеченных другими авторами случаях [1; 3] вегетационный период был чрезвычайно растянут во времени. Богатство цианобактерий и зеленых водорослей уве-

личивалось с ростом температуры воды. В сезонной динамике численности был один пик вегетации, который приходился на середину октября. Колебания численности на протяжении года определялись цианобактериями. Биомасса фитопланктона имела весенний и осенний пики, которые были обусловлены в первом случае развитием зеленых, во втором – диатомовых.

#### *Список литературы*

1. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины / отв. ред. М. Ф. Поливанная. Киев: Наук. думка, 1991. 192 с.
2. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Д'яченко [та ін.]; за ред. В. Д. Романенка. К.: Логос, 2006. 408 с.
3. Мордухай-Болтовской Ф. Д. Проблема влияния тепловых и атомных электростанций на гидробиологический режим водоемов (обзор) // Экология организмов водохранилищ-охладителей: Тр. Ин-та биол. внутр. вод. 1975. Вып. 27. С. 7–69.
4. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки / А. А. Протасов, В. П. Семенченко, А. А. Силаева [и др.]; под ред. А. А. Протасова. Киев: Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2011. 234 с.
5. Algaebase [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.algaebase.org> (дата обращения: 17.07.2017).

## **Seasonal Dynamics of Phytoplankton of Cooling Ponds**

***T. N. Novoselova,***

*Institute of hydrobiology of NAN of Ukraine,  
Prospect of Heroes of Stalingrad, 12, Kiev, Ukraine,  
e-mail: labtech-hb@ukr.net*

A short literature review of seasonal dynamics of phytoplankton of cooling ponds of NPP and TPP is presented. The seasonal changes in phytoplankton are shown using the example of the cooling pond of the Khmelnytsky NPP

**Key words:** phytoplankton, seasonal dynamics, cooling pond

## Микроэлементный состав вод озера Гусиное<sup>1</sup>

**И. А. Павлов, А. К. Тулохонов,**

*Байкальский институт природопользования СО РАН,  
ул. Сахьяновой, 6, г. Улан-Удэ, Россия*

**В. Г. Ширеторова, Л. Д. Раднаева,**

*Байкальский институт природопользования СО РАН,  
ул. Сахьяновой, 6, г. Улан-Удэ, Россия;*

*Бурятский государственный университет,*

*ул. Смолина, 24а, г. Улан-Удэ, Россия,*

*e-mail: pavlov@binm.ru*

Рассмотрено влияние антропогенной нагрузки на микроэлементный состав вод озера Гусиное. В озеро сбрасываются сточные воды населенных пунктов и промышленных предприятий, таких как Гусиноозерская ГРЭС и Холбольджинский угольный разрез. Исследованиями, проведенными в марте 2016 года в фазе ледового режима, выявлено неравномерное распределение микроэлементов по акватории озера с максимумами вблизи Гусиноозёрской ГРЭС и железнодорожной станции Гусиное озеро.

**Ключевые слова:** Тяжелые металлы, Гусиное озеро, поверхностная вода

Гусиное озеро – пресное озеро, расположенное на юго-западе центральной Бурятии. Площадь озера 163 км<sup>2</sup>, максимальная глубина 25 м. Многолетний объем водной массы при средней глубине 15 м – 2,4 км<sup>3</sup>. Максимальная амплитуда колебаний уровня достигает 95 см. Озеро представляет собой водоем, вытянутый с юго-запада на северо-восток, и имеет овально-почковидную форму. Чаша озера имеет корытообразную форму с двумя неравнозначными котловинами [2].

В последние десятилетия резко возросло промышленное и хозяйственное использование вод озера Гусиное, особенно после пуска в эксплуатацию Гусиноозёрской ГРЭС – филиал ОАО «ИНТЕР РАО – Электрогенерация», потребляет 85,1 % от суммарного водоотбора поверхностных вод Республики Бурятия. В окрестностях города Гусиноозерск и поселка Озе-

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 17-05-00822.

ро Гусиное, сформировался Гусиноозёрский промышленный комплекс, являющийся одним из крупнейших в Бурятии. Он включает энергопроизводящие, перерабатывающие, транспортные предприятия, большая часть которых вместе с Гусиноозёрском расположена на северо-восточном и северном побережьях озера. В юго-западной части озера находятся крупная железнодорожная станция Гусиное озеро и локомотивное депо. Эти объекты сегодня потребляют и загрязняют огромное количество воды. Наиболее масштабным загрязнителем на данной территории является Гусиноозёрская ГРЭС и Холбольджинский угольный разрез. В 2015 г. сброс теплых нормативно чистых сточных вод после охлаждения оборудования без очистки в оз. Гусиное составил 428,1 млн м<sup>3</sup> (в 2014 г. – 403,5 млн м<sup>3</sup>) [3].

Для оценки эколого-гидрохимического состояния озера Гусиное, необходимо выявление антропогенных воздействий. Для этого нужно разделить естественные процессы формирования химического состава вод от антропогенной составляющей. Из природных факторов на качество воды озера большое влияние оказывают многолетние засухи. Это привело к значительному уменьшению объема воды и как следствие повышению её минерализации [1]. Антропогенные факторы формирования химического состава поверхностных вод связаны, прежде всего, с деятельностью промышленных предприятий и населенных пунктов.

В данной работе были проведены исследования на озере Гусиное, в марте 2016 г. в фазе ледового режима. На озере были установлены четыре профиля, повторяющие промеры В. Б. Шостаковича (1912), на которых было отобрано 62 пробы воды для анализа на химический состав. Микроэлементный состав определяли на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой *Profile Plus* (Teledyne, США).

Содержание железа на акватории озера не превышало значений ПДК для рыбохозяйственных водоемов, максимальные значения железа распределялись равномерно по котловинам озера, что указывает на природное происхождение элемента. Что касается содержания других элементов, таких как *Zn*, *Cu*, *Mn*, то здесь наблюдается антропогенное влияние. Концен-

трация цинка возрастала в районе ГРЭС до 13 ПДК, в районе железнодорожной станции (ЖД) до 7 ПДК, по меди в районе ГРЭС – до 2,6 ПДК, в районе ЖД станции – до 2,4 ПДК. Что касается содержания марганца, то максимальные значения фиксировались непосредственно в районе сброса очистных сооружений г. Гусиноозерска (10 ПДК) и пос. Гусиное озеро (1,5 ПДК), в остальных пробах его концентрация не превышала значений ПДК.

Таким образом, проведенное исследование показало неравномерное распределение микроэлементов по акватории озера. Максимальные концентрации цинка, меди и марганца фиксировались в северо-западной части озера вблизи Гусиноозёрской ГРЭС и в юго-западной части у железнодорожной станции Гусиное озеро. Источниками антропогенного загрязнения поверхностных вод цинком, медью и марганцем являются ГРЭС и населенные пункты, находящиеся на побережье озера Гусиное.

#### *Список литературы*

1. Батуева Э. М. Озеро Гусиное как источник водоснабжения // Теоретические и практические аспекты функциональной экологии: сб. тез. конф. М.: Перо, 2016. 198 с.
2. Борисенко И. М., Пронин Н. М., Шайбонов Б. Б. [и др.]. Экология озера Гусиное. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1994. 199 с.
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2015 году».

### **Microelement Composition in the Water of Lake Gusinoe**

***I. A. Pavlov, A. K. Tulokhonov,***

*Baikal Institute of Nature Management of the SB RAS,  
Ul. Sakhyanova, 6, Ulan-Ude, Russia*

***V. G. Shiretorova, L. D. Radnaeva,***

*Baikal Institute of Nature Management of the SB RAS,  
Ul. Sakhyanova, 6, Ulan-Ude, Russia;*

*Buryat State University,*

*Ul. Smolina, 24a, Ulan-Ude, Russia,*

*e-mail: pavlov@binm.ru*

The influence of anthropogenic load on microelement composition of waters of Gusinoe lake is considered. Into the lake waste water is discharged by settlements and industrial enterprises,

such as the Gusinoozersk SRPP and Kholboldzhinsky coal mine. Research, held in March 2016 in the ice regime phase, revealed an uneven distribution of trace elements in the waters of the lake with maximums near Gusinoozersk SRPP and the railway station Gusinoe lake.

**Key words:** Heavy metals, Gusinoe lake, surface water

## **Изучение техноэкосистем тепловых и атомных электростанций: некоторые итоги и перспективы**

***А. А. Протасов***

*Институт гидробиологии Национальной академии Украины,  
пр. Героев Сталинграда, 12, Киев, Украина,  
e-mail: protasov@bigmir.net*

Рассмотрены некоторые концепции технической гидробиологии, разработанные в результате изучения водоемов-охладителей энергетических станций, как элементов техноэкосистем, основные результаты исследований и перспективы дальнейшего развития этой области фундаментальной и прикладной гидробиологии.

**Ключевые слова:** водоем-охладитель, ТЭС, АЭС, техническая гидробиология, техноэкосистема

Более 50 лет проводятся комплексные гидробиологические исследования водоемов-охладителей электростанций в Институте гидробиологии НАН Украины [1; 3]. Хотя приоритет в этой области гидробиологии признается именно за этим коллективом [2], также несколько десятилетий назад были развернуты исследования во многих регионах бывшего СССР – в Российской Федерации, Литве, Беларуси, Молдове.

Экологический подход определял необходимость обратиться, в первую очередь, к анализу условий среды, которые были характерны для этих техногенных водоемов. Из многих факторов акцентировали внимание именно на температурном. В прикладном, практическом аспекте как важная задача рас-

сматривалась проблема установления предельно допустимого подогрева в водоемах за счет сбросных вод энергетических станций. Сброс подогретых вод электростанций рассматривался как источник «теплового загрязнения».

Были достигнуты значительные успехи в изучении частных вопросов, например, касающихся исследований отдельных экотопических группировок гидробионтов – планктона, бентоса, перифитона. Результаты этих работ представлены в ряде монографий и статей [1; 3; 4 и др.]. Однако представляется, что важно заострить внимание на новых концептуальных положениях общей и технической гидробиологии, которые были предложены и разработаны в процессе исследований.

В биосфере в целом, в отдельных регионах существует широкий спектр экосистем – от природных до сильно измененных человеком и полностью антропогенных. Различия в структуре экосистем в этом градиенте состоит в том, что при условном удалении от полюса «природных систем», в их структуре все большую роль играют не естественные, а антропогенные, искусственные элементы биотопов, антропогенные факторы. Согласно этой концепции, в условном ряду систем разной природы и структуры может быть определено место той или иной конкретной экосистемы. В этом градиенте достаточно далеко друг от друга отстоят, например, экосистемы озер и трансформированных в охладители природных водоемов, искусственных водоемов-охладителей, тем более – систем охлаждения ТЭС или АЭС с градирнями. Тем не менее, непрерывность градиента позволяет всегда искать также и общие черты между природными и техногенными водными экосистемами.

Первоначально задачи исследований ставились как «изучения воздействия сбросных подогретых вод ТЭС на экосистемы водоемов-охладителей, природных водных объектов», то есть воздействие рассматривали как сугубо внешний фактор по отношению к водному объекту, его населению. Однако это не так. При оборотной системе охлаждения существует постоянная динамическая связь между водоемом-охладителем и системами водоснабжения энергетической станции, ка-

налами, это все единая техноэкосистема. Кроме того, не могут быть исключены из водной техноэкосистемы разнообразные водные объекты технического назначения, так или иначе связанные между собой технологически, гидравлически. К ним можно отнести водоемы золоотвалов, шламонакопители, обособленные водоемы систем водоснабжения химводоочистки, бассейны охлаждения систем ответственных потребителей и др. Таким образом, формируется целостная техноэкосистема, в которой водоем-охладитель, как главный предмет первоначальных исследований, представляет собой всего лишь один (хотя, и зачастую, самый значительный) элемент всей системы.

Согласно этой концепции, техноэкосистемы рассматриваются как особый тип экосистем, в которых техногенные (антропогенные) элементы наряду с природными создают своеобразный абиотический «каркас» сложных экосистемных отношений и взаимодействий. Причем, в большинстве случаев техногенные элементы абиотической среды преобладают. Существуют техноэкосистемы, в которых в качестве природных элементов может присутствовать только вода и, так или иначе попадающие сюда, организмы. В состав техноэкосистем могут быть включены участки, акватории природных либо более крупных антропогенных водных объектов. Биотические элементы техноэкосистем не могут быть ограничены населением только собственно водоемов-охладителей, а включают и население разнообразных систем водоснабжения ТЭС или АЭС. Именно эти организмы могут создавать значительные биологические помехи в работе оборудования.

Антропогенный характер техноэкосистем предполагает два важных следствия: их функционирование в значительной мере зависит от технических факторов, но они, в тоже время, в той или иной степени, подлежат управлению, в первую очередь, именно через эти техногенные влияния. Управление может осуществляться через конструктивные и функциональные решения. Первые связаны с возможностью учета как биопозитивных так и бионегативных свойств тех или иных элементов технических систем. Так, подводные каналы, особенно если

они облицованы бетоном или щебнем, представляют собой весьма благоприятные местообитания различных контуробионтных организмов, например, дрейссенид, их сообществ. Они могут достигать здесь массового развития. Это сотни и тысячи квадратных метров благоприятного для поселения прикрепленных организмов субстрата. Любое конструктивное увеличение смачиваемой водой поверхности в данном случае будет приводить к возрастанию общего запаса гидробионтов. Наличие большого их скопления в районах водозабора всегда чревато возникновением биопомех. Это и влекомые наносы биогенного материала, и личиночные пелагические стадии – источник формирования обрастания в системах водоснабжения. Конструктивное снижение биопозитивности водотоков, соединяющих водоемы-охладители и системы циркулирования будет иметь положительный эффект.

Отводящие каналы, напротив, могут более интенсивно использоваться как биопозитивные сооружения. Создание в них искусственных рифов или подобных конструкций могло бы увеличить общий потенциал самоочищения. Однако здесь сообщества гидробионтов могут оказаться довольно бедными, поскольку температурный режим может быть за пределами диапазона толерантности многих организмов. Но, как показали исследования, в условиях аномально высоких температур могут активно развиваться как представители аборигенной фауны и флоры, так и вселенцы. Более того, было показано [1], что в зоне высоких температур могут функционировать сообщества, деструкционная активность которых вполне сопоставима с таковой в зоне относительно низких температур. При этом, разнообразие их, как правило, снижается. Использование эффекта биопозитивности должно предусматривать обязательное изъятие аккумулируемого органического вещества в виде биомассы водорослей, животных, высших растений.

Также конструктивными решениями, направленными на снижение возможных биопомех может быть определение размеров, формы, глубины, рельефа дна, характера береговой линии водоемов-охладителей, которые должны проектироваться не только исходя из условий оптимизации охлаждающей

способности, но и с точки зрения оптимизации, насколько это возможно, гидробиологического режима. Известны случаи просчетов в конструкции водоемов-охладителей, когда слишком малая глубина способствовала интенсивному зарастанию водоема, снижению охлаждающей способности. Конструкции фильтров в системах технического водоснабжения не предусматривают предотвращения обрастания и заноса биогенного материала в трубопроводы. Различные участки систем техводоснабжения не рассматриваются при их конструировании как потенциальные специфические биотопы формирования биоценозов организмов обрастания.

Что касается функциональных приемов управления техноэкосистемами, то здесь могут возникать существенные сложности, поскольку функционирование всей техноэкосистемы имеет явный технологический приоритет. Изменения технологических регламентов может осуществляться только в нескольких случаях: когда возникает существенная угроза здоровью человека или угроза существенных нарушений в окружающей среде и значительно снижается эффективность и надежность работы технических систем (в том числе и за счет биотических факторов). Несмотря на ограниченность функциональных действий в управлении, целесообразна оптимизация технологических процессов выработки электроэнергии, направленная на ограничение тех или иных факторов формирования биологических помех. Так, снижение выработки электроэнергии, значит и сброса подогретых вод, снижение температуры и скоростей потока может предотвратить массовое отмирание гидробионтов и их занос в системы водоснабжения. На Чернобыльской АЭС в доаварийный период наблюдалась массовая гибель дрейссены при температуре более 30 °С в подводящем канале, что привело к массовому поступлению (сотни тонн) отмерших моллюсков на блочные насосные станции.

Контроль и управление техноэкосистемой невозможен или неэффективен без постоянного или периодического поступления информации о состоянии системы, её элементов. Технические элементы постоянно находятся под контролем

эксплуатационных служб, как и многие гидрохимических параметры, чего нельзя сказать о гидробиологических, поскольку не существует постоянного квалифицированного гидробиологического мониторинга на подавляющем большинстве объектов энергетики.

На основе опыта многолетних наблюдений за состоянием ряда техноэкосистем ТЭС и АЭС Украины была разработана концепция гидробиологического и гидроэкологического мониторинга техноэкосистем. Он направлен на контроль взаимного действия природных и техногенных элементов и факторов: контроль влияния технических объектов и техноэкосистем на окружающую среду, окружающие экосистемы и среду обитания человека, а также обратное влияние биотических факторов на надежность работы технических систем, оборудования, агрегатов и сооружений. По сути, система контроля, мониторинговых наблюдений опирается концептуально на тот же подход, что приводит к понятию техноэкосистемы.

Еще одна концепция, разработанная в процессе исследований – концепция системности процессов формирования биологических помех в работе агрегатов технического водоснабжения, направленная на разработку адекватных методов контроля действия биотических факторов на технические системы. Она основана на представлениях и данных о том, что предпосылки биологических помех формируются не спонтанно, а под тем или иным влиянием техногенных факторов, во взаимосвязи их с биотическими. Анализ характера и происхождения биопомех позволил предложить их типизацию и классификацию. Каждый из вариантов этого явления требует своего подхода к мониторингу биологических явлений, выбору методов предупреждения и устранения. Помехи могут быть типизированы не только по их характеру и локализации [1], но и по их происхождению, долговременности, периодичности, доминирующим видам организмов и другим признакам. Может быть составлена лаконичная формула биопомех, что важно для мониторинга и отчетности [6].

В функционировании техноэкосистем, формировании биопомех существенную роль могут играть инвазийные виды

гидробионтов. Одним из наиболее известных видов-вселенцев является *Dreissena polymorpha* Pall., однако список таких видов в техноэкосистемах достаточно велик. Только в водоеме Хмельницкой АЭС нами было отмечено более десяти видов-вселенцев – губок, моллюсков, водорослей, высших водных растений. Была предложена концепция причинно-следственной системной связи инвазийного процесса в техноэкосистемах, зависимости рисков инвазий чужеродных видов гидробионтов от состояния экосистем, в разной степени зависимых от антропогенных факторов, также как и последствий таких инвазий для биотических и технических систем. Техногенные факторы, как правило, выступают как дестабилизирующие, вносящие возмущение в экосистему. Это может послужить предпосылкой инвазийного процесса.

Последствия инвазий могут быть чрезвычайно значительными, как это произошло, например, при вселении дрейссенид в водоемы Северной Америки, в том числе для энергетики. Но и локально, в масштабах конкретных природных или техноэкосистем последствия могут быть значительными. Вселение и бурное развитие популяции дрейссены полиморфной в охладитель Хмельницкой АЭС привело к существенной перестройке всей экосистемы. Биотический фактор оказал большее влияние на техноэкосистему, чем техногенные. Анализ полученных материалов в этот период позволил предложить несколько концептуальных моделей явления, которое было названо контуризацией [5]. Суть его состоит в том, что в определенных условиях, под действием различных факторов (в том числе и влияния вселения мощного фильтраатора) происходит переход основных процессов продукции и деструкции из пелагической области водоема в контурную подсистему – бенталь и перифиталь. Как правило, это приводит к более интенсивному развитию донных нитчатых водорослей, микрофитобентоса, макрофитов. Это, в свою очередь, приводит к формированию биологических помех, связанных с развитием контуробионтов.

Важная проблема, выходящая за пределы только технической гидробиологии, связана с оценкой экологического со-

стояния водных объектов техноэкосистем. Мировые тенденции развития методологии экологических оценок сместились в сторону приоритета биотических характеристик (состав, обилие сообществ, присутствие индикаторных таксонов и пр.) на основе компаративного подхода. Предполагается сравнение реального состояния с некоторым, выбранным как эталонное. Здесь для техноэкосистем возникает существенная проблема, поскольку пока еще отсутствуют общепринятые критерии определения такого приемлемого комплекса показателей для техноэкосистем, которые удовлетворяли бы как требования энергетиков, так и не противоречили принципам охраны окружающей среды.

Что касается перспектив исследований в этой области гидробиологии, то кроме технических аспектов, связанных с дальнейшей разработкой концепции техноэкосистемы крайне важными становятся и общеэкологические. Это определяется тем, что водоемы-охладители оказались в период глобальных климатических изменений чрезвычайно важной экологической моделью гидроэкосистем для изучения изменений в экосистемах в условиях трансформаций климатических условий.

#### *Список литературы*

1. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины / А. А. Протасов, О. А. Сергеева, С. И. Кошелева [и др.] // под ред. М. Ф. Поливанной. Киев: Наук. думка, 1991. 192 с.
2. Мордухай-Болтовской Ф. Д. Проблема влияния тепловых и атомных электростанций на гидробиологический режим водоемов // Экология организмов водохранилищ-охладителей. Л.: Наука, 1975. С. 7–69.
3. Протасов А. А., Сергеева О. А., Кошелева С. И. Гидробиологические исследования как научная основа для разработки принципов управления экосистемами водоемов-охладителей ТЭС и АЭС // Развитие гидробиологических исследований в Украине. Киев: Наук. думка, 1993. С. 53–68.
4. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки / под ред. А. А. Протасова. Киев: Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2011. 234 с.
5. Protasov A. A. Conceptual models of the contourization processes in the aquatic ecosystems // Hydrobiological Journal. 2014. V. 50. № 1. P. 3–19.

6. Protasov A. A., Panasenko G. A., Babariga S. P. Biological hindrances in power stations exploitation, their typization and main hydrobiological of control // Hydrobiological Journal. 2009. V. 45. № 1. Pp. 32–46.

## **Studying Techno-Ecosystem of Hermal and Nuclear Power Plants: Some Results and Prospects**

**A. A. Protasov,**

*Institute of Hydrobiology of the National Academy of Ukraine,  
Geroev Stalingrada Ave., 12, Kiev, Ukraine,  
e-mail: protasov@bigmir.net*

Some concepts of technical hydrobiology, developed as a result of the study of reservoirs-coolers of power stations, as elements of techno-ecosystems, basic research results and prospects for further development of this area of fundamental and applied hydrobiology, are considered.

**Key words:** reservoir-cooler, thermal power station, nuclear power plant, technical hydrobiology, techno-ecosystem

## **Особенности структуры зообентоса техноэкосистем АЭС и ТЭС**

**A. A. Силаева,**

*Институт гидробиологии НАН Украины,  
пр. Героев Сталинграда, 12, г. Киев, Украина,  
e-mail: labtech-hb@ukr.net*

Представлены результаты исследований зообентоса водных объектов, связанных с ТЭС и АЭС. Таксономическое богатство и уровень развития зообентоса в значительной мере зависят от типа и особенностей конструкции водного объекта, режима и длительности эксплуатации электростанции, техногенных факторов, а также последствий биологической инвазии. Наибольшие количественные показатели зообентоса характерны для средних значений исследованного диапазона абиотических факторов (температура, глубина).

**Ключевые слова:** зообентос, водоем-охладитель, техно-экосистема

В Украине большая часть электроэнергии производится на ТЭС и АЭС. Влияние энергетических объектов на гидро-экосистемы обусловлено повышением температуры воды, наличием дополнительной циркуляции водных масс, формированием специфической системы биотопов, биотическими факторами и др. Техноэкосистемы ТЭС и АЭС (как совокупность биотопов природного и антропогенного характера, их живого населения, объединенных системой прямых и обратных связей, изменяющихся в пространстве и во времени) имеют свои особенности конструкции, режима и длительности эксплуатации, экосистемы водоемов-охладителей – разную структуру, сложность, находятся на разных стадиях развития. В этих условиях важными являются исследования бентосной подсистемы для получения новых данных относительно пространственного распределения гидробионтов в градиенте многих факторов, изучения закономерностей сукцессионного процесса, ответа зообентоса на воздействие специфических техногенных факторов и его изменений в зависимости от степени и продолжительности влияния энергетической станции.

Исследования зообентоса в рамках комплексных гидробиологических исследований водоемов-охладителей ТЭС и АЭС Украины проводятся с 1960-х годов [1], однако ввиду непредсказуемости сукцессии в техноэкосистемах, а также для разработки подходов к созданию гидробиологического и экологического мониторинга, особенно в условиях появления видов-инициаторов биопомех, необходимы постоянные наблюдения.

**Целью работы** было установить закономерности структурной организации зообентоса в техноэкосистемах ТЭС и АЭС.

Исследования зообентоса проводили с разной периодичностью на всех АЭС Украины – на разнотипных водных объектах, используемых в системах охлаждения Ровенской (РАЭС, 2000 г.), Хмельницкой (ХАЭС, 1998–2001 гг., 2005–2015 гг.), Южно-Украинской (ЮУАЭС, 1997 г.), Запорожской (ЗАЭС, 2011 г.) и Чернобыльской АЭС (ЧАЭС, 2002, 2012–2013,

2016 гг.), а также Трипольской ТЭС (ТТЭС, 2004 г.). Для сбора и обработки проб зообентоса использовали общепринятые методики, применяли также легководолазное снаряжение.

**Результаты исследований.** Исследования по всей акватории водоемов-охладителей (ВО), в подводящих и отводящих каналах, в условиях водотока – на участках выше и ниже сброса подогретых вод электростанций, показали, что зообентос представлен в основном широко распространенными видами. Всего в зообентосе зарегистрировано более 250 таксонов разного таксономического ранга. Наибольшим количеством таксонов характеризовались личинки хирономид (более 50) и олигохеты (более 40). В лотических условиях (р. Стырь, РАЭС) и на участке Каневского водохранилища (ТТЭС) доля олигохет в общем количестве таксонов была несколько ниже, чем в водоемах-охладителях, а доля личинок хирономид – практически одинаковой во всех водных объектах. Во всех водоемах встречалось лишь три таксона беспозвоночных: ювенильные тубифициды, ракушковые раки и личинки хирономид *Leptochironomus tener* (Kieff.) и *Chironomus plumosus* L. Наименьшим количеством таксонов характеризовался зообентос ВО ЮУАЭС и ЗАЭС (соответственно 15 и 20), в остальных водных объектах оно было гораздо выше (77–128). В таксономическом отношении зообентос ВО ХАЭС является одним из наиболее богатых среди охладителей АЭС Украины (162 таксона). Для сравнения, зообентос Конинских озер (Польша), которые используются для охлаждения двух ТЭС, насчитывал лишь 79 таксонов [5].

Важной составляющей зообентоса водоемов-охладителей являются представители понто-каспийского фаунистического комплекса. Эти организмы (два вида полихет, два вида дрейссенид, ракообразные отрядов кумовых, разноногих и мизид) зарегистрированы на участке Каневского водохранилища, в ВО ЧАЭС и ХАЭС, что связано с их распространением по каскаду днепровских водохранилищ. Дрейссена – один из представителей этого комплекса – обитает в биотопах бентали на разных глубинах (нами встречена от уреза воды и до 8 м).

Дрейссена (*D. polymorpha* Pall. и *D. bugensis* Andr.) в определенные периоды регистрировалась во всех ВО Украины. В доаварийный период в ВО ЧАЭС отмечали лишь *D. polymorpha*, а с 1990 г. появилась *D. bugensis*, занимающая в настоящее время доминирующее положение [4]. В ВО ХАЭС дрейссена отсутствовала на протяжении 15 лет эксплуатации; в 2002–2003 гг. в водоем вселилась *D. polymorpha*, а в 2011–2012 гг. – *D. bugensis* [2]. В ВО ЮУАЭС *D. polymorpha* обитала до середины 1990-х гг., т. е. на первых этапах эксплуатации водоема [3].

На протяжении последних лет инвазийный процесс в ВО усилился. Специфический термический режим ВО способствует натурализации в этих водоемах видов различного происхождения. Например, в зообентосе ВО ХАЭС и ЧАЭС был найден брюхоногий моллюск *Ferrissia* sp., имеющий, вероятно, североамериканское происхождение, в ВО ЮУАЭС вселился тропический брюхоногий моллюск *Melanoides tuberculata* (Müller).

Характерной особенностью зообентоса ВО является определенная пространственная мозаичность, которую обуславливают глубина, конструкция водоема, влияние гидротермического и гидродинамического факторов, наличие эдифицирующих форм.

Показатели обилия зообентоса были наименьшими в наиболее техногенно нагруженных ВО, например ЗАЭС (67–7450 экз/м<sup>2</sup>, 0,004–2,68 г/м<sup>2</sup>). В ВО ЮУАЭС в первые годы существования (1985–1986 гг.) в бентосе сформировалось сообщество с доминированием *D. polymorpha* и биомассой около 300 г/м<sup>2</sup>. При постоянном высоком термическом воздействии дрейссена элиминировала, сформировались сообщества с низкой биомассой (около 1 г/м<sup>2</sup>), которые просуществовали более десятка лет. Значительное увеличение биомассы (локально до 350 г/м<sup>2</sup>) произошло после вселения *Melanoides tuberculata* и такое «псевдоклиматное» сообщество существует уже более десяти лет.

Близкими показателями обилия характеризовался зообентос р. Стырь в районе РАЭС и ВО ХАЭС (в период до все-

ления дрейссены), значительно более высокими – отличались водные объекты, в которых доминировала дрейссена – Каневское водохранилище (ГТЭС, 10,9–67,2 тыс. экз./м<sup>2</sup> и 1,1–14,4 кг/м<sup>2</sup>), ХАЭС и ЧАЭС.

Наиболее продолжительное время изучался зообентос ВО ХАЭС – при работе одного блока (I период – 1998–2001 гг.), после вселения *D. polymorpha* и подключения 2 блока (II период – 2005–2010 гг.) и после вселения *D. bugensis* (III период – 2012–2015 гг.).

В I период в зообентосе обнаружено 87 таксонов (от 30 до 61 НОТ по отдельным сезонам и годам), во II – богатство возросло до 128 НОТ (от 42 до 82 НОТ), а в третий – сократилось до 88 НОТ (от 42 до 76 НОТ), т. е. до уровня первого периода.

В первый период численность на разных станциях в водоеме-охладителе изменялась в пределах 125–80580 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 0,01–1524,62 г/м<sup>2</sup> (с учетом биомассы моллюсков сем. Unionidae), биомасса «мягкого» зообентоса достигала 64,96 г/м<sup>2</sup>. Во второй период вселившаяся *D. polymorpha* определила резкое возрастание количественных показателей зообентоса – до нескольких кг/м<sup>2</sup> (максимально до 30 кг/м<sup>2</sup>). Максимальная численность (в среднем по ВО) была отмечена в 2005 г., а биомасса – только осенью 2006 г. В среднем по ВО во втором периоде биомасса зообентоса увеличилась в 7,2 раза относительно первого, а в третьем – уменьшилась в 4,6 раза относительно второго. Появление *D. bugensis* не повлияло на общую тенденцию снижения показателей обилия зообентоса, связанное, вероятно, с усилением эвтрофирования ВО. Максимальное обилие беспозвоночных «мягкого» зообентоса отмечено в период стабилизации развития *D. polymorpha* в донной подсистеме (2008–2010 гг.) – 14,5 г/м<sup>2</sup>, а не в период вспышки ее численности (2005–2006 г.) – 5,9 г/м<sup>2</sup>.

Во всех водных объектах основными группами, которые определяли общую численность, были олигохеты, двустворчатые моллюски, личинки хирономид и ракообразные; общую биомассу определяли моллюски, в основном дрейссена. Исключением служил ВО ЮУАЭС, где по численности домини-

ровали гидры, а по биомассе – личинки хирономид (1997 г.). Биомассу «мягкого» зообентоса практически во всех водных объектах определяли олигохеты и личинки хирономид, зообентос ВО ЧАЭС отличался доминированием ракообразных (около 60 % биомассы «мягкого» зообентоса).

Установлено, что в градиенте абиотических факторов (температура, глубина, тип грунта) распределение биотических показателей (количество таксонов, численность, биомасса) в основном имело куполообразный вид, где оптимум отвечал определенным средним значениям того или иного абиотического фактора. Наибольшее количество таксонов отмечено в средней части исследованного температурного диапазона (25–27 °С). Четко выраженная отрицательная линейная зависимость количества таксонов от глубины зарегистрирована только в ВО ЧАЭС и ХАЭС. Наибольшим таксономическим богатством характеризовались пески средней степени заиления. В зоне непосредственного влияния сбросного потока подогретой воды РАЭС количество таксонов было минимальным: зарегистрированы лишь ювенильные тубифициды. Таким образом, снижение количества таксонов определяется как термическим, так и гидродинамическим факторами.

Максимальная численность и биомасса зообентоса зарегистрированы при температуре около 25 °С, на глубине 3–5 м и на заиленных песках. В случае прямого водоснабжения энергетической станции незначительное, но хроническое влияние повышенной температуры сбросной воды приводит к определенному повышению обилия зообентоса.

Важную роль в формировании таксономического богатства и обилия зообентоса играет такой биотический фактор, как наличие дрейссены. Этот моллюск формирует пространственно сложные поселения, в которых обитает большое количество беспозвоночных. В исследованных водных объектах отмечено возрастание количества таксонов с увеличением биомассы дрейссены.

Вселение дрейссены в водоемы-охладители и ее массовое развитие, в том числе в донных биотопах, приводит к существенным биологическим помехам в работе оборудо-

вания энергетических станций. Кроме того, фильтрационная активность моллюска влияет на увеличение прозрачности и, как следствие, на увеличение площадей дна с высокой освещенностью. Этот процесс в ВО ХАЭС обусловил процесс контуризации – возрастание обилия контуробионтов (дрейсены и нитчатых водорослей, погруженных высших водных растений). Последствия этого процесса привели к значительным биологическим помехам в эксплуатации оборудования, связанного с водоснабжением АЭС.

Во временном аспекте можно сделать вывод, что уровень развития зообентоса полностью зависит от техногенных факторов – изменения конструкции водоема, режима эксплуатации, введения дополнительных мощностей. Так, в условиях Каневского водохранилища на участке влияния электростанции, где определенные технические решения уменьшают влияние дополнительной температуры, значительные изменения в зообентосе не происходят, т. е. можно говорить об определенной стабильности бентосной подсистемы. Незначительное и хроническое техногенное влияние в водоеме-охладителе значительных изменений в зообентосе не вызывает, а при сильном и постоянном техногенном воздействии происходит деградация донного населения, однако низкий уровень развития зообентоса может поддерживаться на протяжении длительного промежутка времени.

При снятии техногенной нагрузки, в «посттехногенной» фазе, происходит возобновление бентосной подсистемы, увеличение таксономического богатства и показателей обилия. В водоеме-охладителе Чернобыльской АЭС в зообентосе существовали сообщества с преобладанием *D. bugensis* с высокими таксономическим богатством и показателями обилия. После остановки энергоблоков и прекращения сброса подогретых вод в 2000 г. общее количество таксонов увеличилось с 60 до более чем 90. Биомасса зообентоса увеличивалась с 0,25 кг/м<sup>2</sup> в доаварийный период, до 1,67–10,35 кг/м<sup>2</sup> – в 1999–2001 гг. [3, 5], а к 2013 г. – более чем в 2 раза относительно 2002 г. В настоящее время осуществляется спуск водоема-охладителя, что определяет постепен-

ную деградацию зообентоса всего ВО, в основном на литоральных участках, связанную с их осушением и элиминацией дрейссенид.

**Выводы.** Таким образом, таксономический состав зообентоса водных объектов, подверженных влиянию ТЭС и АЭС, достаточно богат. Наибольшим количеством таксонов характеризуются личинки хирономид и олигохеты. Наиболее беден зообентос в водоемах-охладителях с наибольшей техногенной нагрузкой. Участки водотоков, которые испытывают непосредственное влияние техногенных сбросов, характеризуются предельно низким таксономическим богатством зообентоса.

Присутствие двустворчатого моллюска дрейссены, являющейся мощным биотическим фактором, в водоемах-охладителях приводит к увеличению таксономического богатства и количественных показателей зообентоса. Дрейссена как вид-эдификатор способствует повышению количественных показателей видов-консортов.

Наибольшие значения показателей развития зарегистрированы при температуре около 25 °С (которая не является характерной для придонных температур естественных водоемов), на глубине 3–5 м и на заиленных песках.

Умеренное хроническое влияние повышенной температуры подогретых сбросных вод приводит к возрастанию количественных показателей, а значительный постоянный подогрев (как локальный, так и охватывающий весь водоем) – к существенному снижению показателей обилия зообентоса.

Изменения зообентоса в техноэкосистемах во времени преимущественно зависят от техногенных факторов, а также последствий биологической инвазии.

#### *Список литературы*

1. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины / отв. ред. М. Ф. Поливанная. Киев: Наук. думка, 1991. 192 с.
2. Протасов А. А., Силаева А. А. Контурные группировки гидробионтов в техно-экосистемах ТЭС и АЭС. Киев, 2012. 274 с.
3. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки / под ред. А. А. Протасова. Киев: Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2011. 234 с.

4. Composition and functioning of benthic communities / A. A. Protasov, S. A. Afanasjev, O. O. Sinicyna // Arch. Ryb. Pol. 1994. Vol. 2. Fasc. 2. P. 257–284.

5. Protasov A. A., Silayeva A. A. Communities of Invertebrates of the Cooling Pond of the Chernobyl NPS. Report 3. Communities of Zoobenthos, Their Composition and Structure. Hydrobiol. J. 2006. Vol. 42. № 3. P. 3–23.

## **Features of Zoobenthos Structure of Technoecosystems of Thermal and Nuclear Power Plants**

**A. Sylaiieva,**

*Institute of hydrobiology of NAN of Ukraine,  
Geroev Stalingrada Ave., 12, Kiev, Ukraine,  
e-mail: labtech-hb@ukr.net*

The results of zoobenthos researches of water bodies, which are exposed to thermal and nuclear power plants were represented. Taxonomic richness and level of zoobenthos growth largely depend on the type and construction features of the water body, regime and duration of operation of the plant, technogenic factors and consequences of biological invasions. The greatest quantitative zoobenthos characteristics were typical for the mean values of the investigated range of abiotic factors (temperature, depth).

**Key words:** zoobenthos, cooling pond, technoecosystem

## **Загрязнение конденсаторов и способы очистки**

**Ю. И. Ситникова, А. Г. Батухтин,**

*Забайкальский государственный университет,  
ул. Александрo-Заводская, 30, г. Чита, Россия,  
e-mail: lulchic333@mail.ru*

Статья содержит информацию о видах загрязнений конденсаторов и способах их очистки, применение способа очистки от биологических отложений перекисью водорода, эффективность применения данного способа в работе станции.

**Ключевые слова:** конденсатор, биологические загрязнения, барьерный разряд, перекись водорода, циркуляционная вода

В настоящее время теплофикация почти полностью базируется на использовании паротурбинных ТЭЦ, где находятся в эксплуатации теплофикационные турбины, отработавшие более 25–30 лет и отличающиеся своей неэкономичностью. На современном этапе важную роль играют вопросы по оптимизации работы оборудования с целью снижения удельных расходов условного топлива на единицу продукции и снижения себестоимости отпущенной электрической и тепловой энергии.

Основными направлениями модернизации действующих паротурбинных установок являются: усовершенствование проточной части турбин, улучшение работы конденсаторов и регенеративных водоподогревателей, рационализация тепловых схем турбоустановок с целью снижения потерь пара и конденсата и снижения расхода электроэнергии на собственные нужды турбинного цеха. Важное значение для обеспечения экономичной и надежной эксплуатации установок имеют следующие мероприятия:

1) поддержание в чистом состоянии поверхности охлаждения конденсаторов. Даже незначительное загрязнение поверхности охлаждения с водяной стороны приводит к ухудшению вакуума и заметному снижению экономичности всей турбинной установки;

2) поддержание хорошей водяной плотности конденсатора для обеспечения бесприсосного режима работы. Это особенно важно для установок высокого давления, предъявляющих повышенные требования к качеству питательной воды;

3) высокая воздушная плотность вакуумной системы турбоустановки. Значительные присосы воздуха приводят к снижению вакуума, увеличению переохлаждения конденсата, к перегрузке воздухоудаляющих устройств, и, таким образом, к весьма заметному снижению экономичности работы установки.

Из всех параметров, определяющих в условиях эксплуатации экономичность паротурбинной установки, наибольшее влияние оказывает давление отработавшего пара. Оно зависит от внешних условий – температуры охлаждающей воды, ре-

жима работы конденсационной установки и в значительной степени от чистоты поверхности охлаждения конденсатора.

Загрязнение конденсаторных трубок с водяной стороны определяется качеством охлаждающей воды – содержанием в ней различных химических веществ и взвешенных частиц. Электростанции вынуждены проводить периодические очистки трубных систем конденсаторов. Ухудшение вакуума, связанное с загрязнением поверхности охлаждения конденсаторов, достигает на электростанциях 10 %, а в некоторых случаях, при особенно плохом качестве воды – 17 % [2].

По своему характеру загрязнения могут быть разбиты на три группы:

а) механические; б) биологические; в) солевые.

Обычно все эти типы загрязнений не встречаются в «чистом» виде, а загрязнение конденсатора носит комбинированный характер. Однако такое разделение видов загрязнений полезно с точки зрения изыскания способов их предупреждения и ликвидации, поскольку эти вопросы для каждого вида загрязнений весьма специфичны. При этом следует учитывать, что, несмотря на комбинированный характер загрязнений конденсатора, какой-то вид загрязнений из перечисленных выше имеет преобладающее значение.

1. Под механическими загрязнениями понимается засорение трубок и трубных досок щепой, травой, листьями, землей, песком, водорослями, ракушками, рыбой и т. д. Эти загрязнения носят явно выраженный сезонный характер и особенно усиливаются весной и осенью.

Механические загрязнения особенно опасны тем, что в отличие от остальных видов загрязнений, нарастающих постепенно, имеют возможность весьма быстро перекрыть живое сечение трубной доски и почти полностью прекратить доступ охлаждающей воды в трубки конденсатора, вызвав тем самым аварийный останов турбины. Этот результат может явиться следствием прорыва очистных сеток в период паводка или общим неудовлетворительным состоянием водоприемных сооружений. На станциях, снабжающихся морской водой, аварии такого типа наблюдаются в период штормов на море.

Эффективным способом предупреждения механических загрязнений является установка водоочистных сооружений в виде подвижных и неподвижных сеток. На чистых водоемах с небольшим расходом охлаждающей воды можно устанавливать неподвижные сетки с ячейками разных размеров. Эти сетки устанавливаются в несколько рядов. В первом ряду по ходу воды устанавливаются крупноячеистые решетки, изготовленные из толстых стальных прутков. Эти решетки предохраняют водозаборное сооружение от бревен, досок и коряг. Вслед за грубыми сетками устанавливаются мелкоячеистые сетки, задерживающие более мелкие предметы. Эти решетки устанавливаются последовательно не менее двух, что позволяет их поочередно вынимать для очистки.

2. Под солевым загрязнением конденсаторов понимаются отложения на внутренней поверхности конденсаторных трубок накипи, создающей большое термическое сопротивление теплопередаче. Выпадение накипи происходит при охлаждении конденсаторов минерализованной водой, содержащей соли временной жесткости. Часть этих солей, находящихся в воде в растворенном состоянии, в определенных условиях распадается с образованием накипи на стенках трубок и водяных камер конденсаторов. Такие условия обычно создаются в оборотных системах водоснабжения, где за счет испарения и уноса воды, а также подпитки системы водой, содержащей соли, солесодержание циркуляционной воды растет, и при достижении предельного значения карбонатной жесткости начинается распад бикарбонатов с отложением солей. Растворимость в воде бикарбонатов зависит от температуры воды и наличия в ней определенного количества свободной углекислоты. [3]

Профилактика:

1. Понижение концентрации солей в системе путем продувки бассейна. Это снижает содержание в воде бикарбонатов, способных распадаться. Этот метод эффективен в том случае, если в добавочной воде содержится большое количество свободной углекислоты. Продувку сочетают с химической обработкой воды дымовыми газами, для обогащения ее углекислотой.

2. Обработка воды фосфатами. Фосфаты удерживают от распада бикарбонаты даже при карбонатной жесткости воды выше предельной. Фосфаты не только предотвращают образование накипи, но и размягчают и удаляют старую.

3. Магнитная обработка воды. При пересечение водой магнитных силовых линий, растворенные в ней соли выделяются не на поверхности нагрева, а в объеме воды в виде рыхлого шлама, удаляемого потоком воды. Применяется, в основном, для замкнутых систем теплоснабжения и для питания котлов малой мощности.

4. Ультразвуковая обработка воды. При определенных условиях предотвращает образование накипи [1].

Биологические загрязнения представляют собой отложения на внутренней поверхности трубок конденсатора живых простейших микроорганизмов и водорослей, называемых биологическими обрастаниями.

Биологические обрастания вызывают значительное дополнительное сопротивление теплопередаче. При наличии благоприятных температурных условий бактерии и водоросли могут размножаться, вызывая увеличение толщины обрастания. Обычно загрязнения органического происхождения состоят из нескольких видов растений и микроорганизмов с преобладанием одного какого-либо вида. Наиболее распространенным и существенным компонентом биологических загрязнений являются различные бактерии. В сильно загрязненных водах широко распространены зооглейные и нитчатые бактерии. При наличии в охлаждающей воде железа наблюдается развитие железобактерий, которые способны очень быстро размножаться. Присутствие в воде сульфатов способствует появлению серобактерий и сульфатовосстанавливающих бактерий, которые к тому же могут способствовать интенсивной коррозии трубок.

Заселение конденсаторных трубок микроорганизмами происходит постепенно и начинается с осаждения на них каких-либо механических частиц или водорослей. Установлено, что на чистой металлической поверхности латунных трубок микроорганизмы не поселяются, что может быть объяснено

токсическим действием меди на микроорганизмы. Существенное влияние на интенсивность обрастания конденсаторных трубок оказывают температурные условия. Опыт эксплуатации показывает, что зимой обрастание в ряде случаев происходит более интенсивно, чем летом. Объясняется это, по-видимому, тем, что в холодное время температурные условия в конденсаторе (10–20 °С) наиболее благоприятны для развития бактерий, в то время как летом температура стенки трубок может достигать 40 °С и выше. При этой температуре большинство микроорганизмов погибает.

Наиболее распространенным способом является хлорирование циркуляционной воды. Хлор, растворенный в воде, оказывает на микроорганизмы токсическое действие, в результате чего жизнедеятельность бактерий оказывается подавленной. В таком состоянии они не размножаются, теряют способность удерживаться на трубках и смываются потоком воды, проходящей через трубки. Отметим, что в данном случае речь идет не о полном уничтожении микроорганизмов, а об ослаблении их жизнедеятельности, что может быть обеспечено сравнительно небольшим расходом реагента.

Практика показывает, что для достижения желаемых результатов нет необходимости в непрерывном хлорировании циркуляционной воды. Вполне удовлетворительный эффект дает периодическая подача хлора. При этом металлическая поверхность латунных трубок активируется хлором и оказывает на микроорганизмы токсическое действие в перерывах между подачами хлора [3].

Для предотвращения данного вида загрязнения предлагается обработка циркуляционной воды перекисью водорода, полученной в барьерном разряде.

Перекись водорода обладает сильными окисляющими свойствами. Она мало ядовита и проста в работе. Продукты распада, вода и кислород, не опасны. Всё это преимущества вызвали расширение областей применения. Тому, что перекись водорода стала очень важным промышленным химикатом способствовала, не в последнюю очередь, всё возрастающая в последние десятилетия озабоченность состоянием

окружающей среды, однако для микроорганизмов и бактерий перекись водорода так же как и хлор оказывает токсическое действие [4].

По предварительным расчетам обработка циркуляционной воды перекисью водорода, проводящаяся один раз в месяц в отопительный период и четыре раза в летний период, позволяет снизить недогрев в конденсаторе на 3 °С и как следствие уменьшение давления. С учетом полученного условия снижения недогрева в конденсаторе, так же были проведены предварительные расчеты режимов работы турбоустановки ПТ-60-90 и оценка эффективности работы установки по получению перекиси водорода. Были получены следующие результаты:

Расчет экономии проводился для Харанорского бурого угля:

$$B_1 = 27,6408 \text{ т/ч}; B_2 = 21,6338 \text{ т/ч}; B_3 = 26,9172 \text{ т/ч}; \\ B_4 = 20,5984 \text{ т/ч}.$$

$B_1, B_2$  – расходы топлива на отопительном и конденсационном режиме без установки;

$B_3, B_4$  – расходы топлива на отопительном и конденсационном режиме с установкой.

В году 8760 часов, отопительный период длится с 15 сентября по 15 мая т. е. 5832 часа, в конденсационном режиме турбина работает с 15 мая по 15 сентября т. е. 2928 часа, следовательно расход топлива в год составит:

Без установки для обработки циркуляционной воды:

$$B_{r1} = B_1 \cdot 5832 + B_2 \cdot 2928; \quad (1)$$

$$B_{r1} = 27,6408 \cdot 5832 + 21,6338 \cdot 2928 = 224544,912 \text{ т/год}.$$

С использованием установки для обработки циркуляционной воды:

$$B_{r2} = B_3 \cdot 5832 + B_4 \cdot 2928 \quad (2)$$

$$B_{r2} = 26,9172 \cdot 5832 + 20,5984 \cdot 2928 = 217293,2256 \text{ т/год}.$$

Изменение в расходе топлива составит:

$$\Delta B_r = B_{r1} - B_{r2} \quad (3)$$

$$\Delta B_r = 224544,912 - 217293,2256 = 7251,6864 \text{ т/год}.$$

Экономия на топливе составит:

$$\mathcal{E} = \Delta B_r \cdot C_r \quad (4)$$

$$\mathcal{E} = 7251,6864 \cdot 1296,26 = 9400071,0129 \text{ руб/год.}$$

Таким образом, обработка циркуляционной воды перекисью водорода, полученной в барьерном разряде является действенным методом для очистки конденсаторов, но и способом экономии топлива и способом снижением затрат идущими на приобретение этого топлива.

#### *Список литературы*

1. Загрязнения конденсаторов и способы их очистки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://msd.com.ua/ekspluatatsiya-paroturbinnux-ustanovok/zagryaznenie-kondensatorov-i-sposoby-ix-ochistki/> (дата обращения: 12.07.2017).
2. Загрязнения конденсаторов и способы их очистки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lektsii.org/1-60205.html> (дата обращения: 12.07.2017).
3. Набоко Е. П., Жабалова Г. Г. Реконструкция систем охлаждения конденсаторов турбин с целью надежности работы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/rekonstruktsiya-sistem-ohlazhdeniya-kondensatorov-turbin-s-tselyu-nadezhnosti-raboty> (дата обращения: 12.07.2017).
4. Область применения перекиси водорода [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://lega-nn.ru/products/perekis/primenenie\\_perekisi.html](http://lega-nn.ru/products/perekis/primenenie_perekisi.html) (дата обращения: 12.07.2017).

## **Contamination Capacitors and Methods of Cleaning**

*Y.I. Sitnikova, A. G. Batukhtin,*

*Zabaykalsky state University,  
St. Aleksandro-Zavodskaya, 30, Chita, Russia,  
e-mail: lulchic333@mail.ru*

The article contains information on the types of contaminants capacitors and methods for their purification, the application of the method of purification from biological deposits hydrogen peroxide, the effectiveness of this method in the work station.

**Key words:** condenser, biological contamination, barrier discharge, hydrogen peroxide, circulating water

## Экологические проблемы ТЭЦ

*Ю. И. Ситникова, А. Г. Батухтин,  
Забайкальский государственный университет,  
ул. Александрo-Заводская, 30, г. Чита, Россия,  
e-mail: lulchic333@mail.ru*

Статья содержит информацию о выбросах вредных веществ, содержащихся в дымовых газах ТЭС, их влиянии на окружающую среду и здоровье человека, а так же предварительный расчет концентраций выбросов частиц золы,  $SO_2$ ,  $NO_2$ .

**Ключевые слова:** золовые частицы, двуокись азота, гидроксид серы, концентрация вредных веществ, снижение выбросов, обработка циркуляционной воды

На тепловых электростанциях России в настоящее время работают в основном котельные установки, проектирование и сооружение которых происходило несколько десятилетий назад. В то время основной задачей создателей и эксплуатационного персонала считалось обеспечение эффективного сжигания топлива: высокий КПД, низкие потери, долгосрочная безаварийная работа. В настоящее время, в дополнение к перечисленным, выдвигаются новые требования к оборудованию. В частности, к одному из основных элементов тепловой электростанции – котельной установке – предъявляются новые, более жесткие требования, связанные с обеспечением допустимых выбросов в атмосферу некоторых продуктов сгорания твердого, жидкого и газообразного топлива [2].

При рассмотрении вопросов локального влияния вредных веществ, выбрасываемых ТЭС можно отметить, что наибольшее неблагоприятное воздействие оказывают выбросы оксидов азота, серы и золовых частиц.

Двуокись азота – неорганическое соединение состава  $NO_2$ . Представляет собой газ желто-бурого цвета. В условиях низких температур становится бесцветным. При температуре большей, чем  $150\text{ }^\circ\text{C}$ , происходит диссоциация диоксида на оксид азота и кислород. Данное соединение характеризуется специфическим запахом, который в значительных концентра-

циях становится удушливым. Имеет высокую химическую активность. Взаимодействует с неметаллами, в реакциях с которыми выступает окислителем. При контакте с водой превращается в азотную кислоту, со щелочной средой – образует нитриты и нитраты.

Вещество характеризуется высокой токсичностью. Диоксид азота в воздухе, даже находясь в относительно небольших концентрациях, способен приводить к существенным изменениям в организме человека. Является острым раздражителем, а также характеризуется общетоксическим действием. Воздействует в основном на органы дыхательной системы. В зависимости от концентраций наблюдаются различные последствия – от слабого раздражения слизистых оболочек глаз и носа до отека легких. Также может приводить к изменениям состава крови, в частности, способствует уменьшению содержания гемоглобина. Ниже рассмотрим подробнее некоторые из эффектов, которые способен вызывать у человека диоксид азота [6].

Выбросы  $SO_2$  загрязняют воздух на значительное расстояние от источника (на тысячу и более километров). Оксид серы (IV) считается одной из основных действующих составных частей «токсичных туманов» и одним из активных компонентов формирования смога. Сернистый ангидрид может вызывать общее отравление организма, проявляющееся в изменении состава крови, поражении органов дыхания, повышении восприимчивости к инфекционным заболеваниям, нарушении обмена веществ, повышение артериального давления у детей, ларингит, конъюнктивит, ринит, бронхопневмония, аллергические реакции, острые заболевания верхних дыхательных путей и системы кровообращения. При кратковременном воздействии – раздражение слизистой оболочки глаз, слезотечение, затруднение дыхания, тошнота, рвота, головные боли. Повышение уровней общей заболеваемости смертности. Повышенная утомляемость, ослабление мышечной силы, снижение памяти. Замедление восприятия, ослабление функциональной способности сердца, изменение бактерицидности кожи. Оксид серы (IV) может нарушать углеводный и белковый обмен, способствует образованию метгемоглобина, снижению иммуннозащитных свойств организма.

Взаимодействуя с атмосферной влагой, оксиды серы образуют кислотные осадки ( $Ph \ll 4,5$ ), которые оказывают как прямое повреждающее действие на биоту, так и косвенное, закисляя почвы и водоемы.

Установлено что при закислении почвы снижаются доступность для растений питательных элементов ( $Ca$ ,  $Mg$ ,  $Mn$ ) и плодородие почвы. Закисление уменьшает скорость разложения органических остатков, поскольку для жизнедеятельности большинства бактерий и грибов необходима нейтральная среда, снижается продуктивность азотфиксирующих бактерий (при  $Ph < 5,0$  азотобактер погибает), что приводит к ограничению поступления связанного азота в растения и торможению их роста [5].

Зола представляет из себя твердые частицы негорючих элементов угля. В основном – это оксиды кремния ( $SiO_2$ ), железа ( $Fe_2O_3$ ), алюминия ( $Al_2O_3$ ), магнезия ( $MgO$ ), кальция ( $CaO$ ), серы ( $SO_3$ ) и некоторые другие, в том числе незначительное количество мышьяка и тяжелых металлов (свинец, ванадий, хром, цинк). Для разных углей элементарный состав золы может значительно отличаться друг от друга. Однако, основной параметр, характеризующий золовые частицы – это их размеры или дисперсность. Они колеблются в широких пределах – от десятых и сотых долей микрона до 100 мкм и более, и зависят от способа сжигания.

Следует отметить, что наибольшую опасность для человека представляют частицы размером 0,5...5 мкм, более крупные задерживаются в полости носа, более мелкие – выдыхаются. Содержание именно этого диапазона частиц в приземном слое атмосферы способствует возникновению у человека болезненных симптомов, вплоть до повышения смертности [3].

Одним из способов снижения концентраций данных веществ предлагается использование установки для обработки циркуляционной воды перекисью водорода, полученной в барьерном разряде. В ранее проведенных расчетах режимов работы с использованием и без использования установки было выяснено, что применение данной установки позволяет

сократить расходы топлива. Однако, так же для дополнительного подтверждения эффективной работы данной установки проводился расчет концентраций выбросов вредных веществ с дымовыми газами ТЭС.

Выброс золы в атмосферу в единицу времени г/с, с учетом улавливания её в золоуловителях определяется по формуле:

$$M_3 = 10 \cdot (A^p + q_4 \cdot (Q_n^p / 32,7)) \cdot a_{yn} \cdot B \cdot (1 - \eta), \quad [5]$$

$A^p$  – зольность топлива на рабочую массу,  $A^p = 10,99\%$  [6];

$q^4$  – потери теплоты от механического недожога,  $q^4 = 1,01\%$  [7];

$a_{yn}$  – доля твердых частиц уносимых из топки,  $a_{yn} = 0,95$  [5];

$Q_n^p$  – теплота сгорания низшая на рабочую массу топлива,  $Q_n^p = 3150$  ккал/кг = 13198,5 кДж [6];

$B$  – расход топлива, кг/с;

$\eta$  – степень улавливания твердых частиц в золоуловителях,  $\eta = 0,97$  [7];

$$M_{SO_2} = 20 \cdot S^p \cdot B \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}), \quad [5]$$

$S^p$  – содержание серы на рабочую массу,  $S^p = 0,35\%$  [6];

$\eta'_{SO_2}$  – доля окислов серы, улавливаемых летучей золой в газоходах парового котла,  $\eta'_{SO_2} = 0,1$  [5];

$\eta''_{SO_2}$  – доля окислов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе,  $\eta''_{SO_2} = 0,2$  [6];

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot \beta \cdot \kappa \cdot Q_n^p \cdot (1 - q_4 / 100),$$

$\beta$  – коэффициент, учитывающий влияние на выход окислов азота качества сжигаемого топлива (содержание  $N_r = 1$ ) и способу шлакоудаления,  $\beta = 0,55$  [5];

$$\kappa = (12 \cdot D) / (200 + D_n) \quad [5],$$

где  $\kappa$  – коэффициент, характеризующий выход окислов азота на одну тонну сожженного условного топлива;

$D$  и  $D_n$  – фактическая и номинальная производительность котла,  $D_n = 61,11$  кг/с [7].

При выбросе сернистого ангидрида и азота учитывается их совместное действие в атмосфере:

$$M = M_{SO_2} + 5,88 \cdot M_{NO_2}. \quad [4]$$

При расчете концентраций вредных веществ, попадающих в атмосферу вместе с дымовыми газами по данной методике, при различных режимах работы турбоустановки, получаем следующие значения, которые занесены в таблицу:

Обозначение	Единицы измерения	Режимы работы			
		Без «установки»		С «установкой»	
		Средне-отопит.	Конденсац.	Средне-отопит.	Конденсац.
$M_3$	т/год	523,635	205,765	509,967	195,915
$M_{SO_2}$	т/год	995,256	391,085	969,201	372,368
$M_{NO_2}$	т/год	110,610	43,464	107,715	41,384

Таким образом, из полученных результатов предварительных расчетов видно, что применение установки на ТЭС значительно позволяет не только сократить расходы топлива, но и соответственно снизить концентрацию вредных выбросов в атмосферу.

#### Список литературы

1. Диоксид азота: влияние на человека [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.syl.ru/article/172799/new\\_dioksid-azota-vliyanie-na-cheloveka-dioksid-azota-klass-opasnosti](https://www.syl.ru/article/172799/new_dioksid-azota-vliyanie-na-cheloveka-dioksid-azota-klass-opasnosti) (дата обращения: 12.07.2017).
2. Официальный сайт ПАО «ТГК-14» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tgk-14.ru> (дата обращения: 12.07.2017).
3. Рихтер Л. А., Елизаров Д. П., Лавыгин В. М. Вспомогательные оборудования тепловых электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1987. 216 с.
4. Сера и окружающая среда [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bestreferat.ru/referat-139829.html> (дата обращения: 12.07.2017).
5. Щинников П. А. Природоохранные технологии на ТЭС. Модуль 2: учеб. пособие.
6. Экологические проблемы угольных ТЭЦ [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.rostplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=3132](http://www.rostplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3132) (дата обращения: 12.07.2017).
7. Энергетические характеристики оборудования Читинской ТЭЦ-1 // ОАО «Читаэнерго». 313 с.

## Environmental Problems CHP

**Y. I. Sitnikova, A. G. Batukhtin,**  
*Zabaykalsky state University,  
St. Aleksandro-Zavodskaya, 30, Chita, Russia,  
e-mail: lulchic333@mail.ru*

The article contains information on emissions of harmful substances contained in flue gases of thermal power plants, their impact on the environment and human health, as well as preliminary calculation of the emission of ash particles,  $SO_2$ ,  $NO_2$ .

**Key words:** ash particles, nitrogen dioxide, sulfur hydroxide, the concentration of harmful substances, reduction of emissions, treatment of circulating water

## Паразитофауна плотвы (*Rutilus rutilus lacustris*) озера Гусиное – водоема – охладителя Гусиноозерской ГРЭС

**Л. Д. Сондуева, Ж. Н. Дугаров, М. Д.-Д. Батуева,  
Т. Г. Бурдуковская, О. Е. Мазур, О. Б. Жепхолова,**  
*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,  
ул. Сахьяновой, 6, г. Улан-Удэ, Россия,  
e-mail: sondl@mail.ru*

Паразитофауна плотвы оз. Гусиное представлена 27 видами из 8 классов. Отмечены различия в видовом составе и зараженности паразитическими Metazoa в двух исследованных зонах озера (район воздействия теплых вод ГРЭС и условно контрольная): встречаемость и численность некоторых видов на контрольном участке выше.

**Ключевые слова:** паразитофауна, плотва, озеро Гусиное

Озеро Гусиное – самый большой водоем по площади и объему водной массы в российской части бассейна оз. Байкал и наибольший в Забайкалье. В настоящее время озеро является водоёмом – охладителем сбросных вод Гусиноозерской тепловой электростанции (мощность 1200 МВт). В озеро

сбрасывается 400 млн м<sup>3</sup> теплых вод после охлаждения агрегатов станции без очистки [1]. Кроме теплых вод электростанции в озеро сбрасываются нормативно очищенные промышленно-ливневые воды Гусиноозерской ГРЭС и других предприятий г. Гусиноозерска, посёлка Гусиное Озеро и железнодорожных станций.

Результаты исследований теплового загрязнения на кормовую базу рыб (зоопланктон и зообентос), экологию рыб и эпизоотическую ситуацию в первый период эксплуатации Гусиноозерской ГРЭС проанализированы в монографии «Экология озера Гусиное» [4]. Ранее были опубликованы отдельные работы по влиянию теплых вод на паразитофауну рыб оз. Гусиное [2; 3].

**Цель работы** – оценить современное состояние паразитофауны плотвы оз. Гусиное в отепленной зоне и условно контрольной.

Материал для исследований получен из сетевых уловов в двух районах оз. Гусиное: район сброса теплых вод ГРЭС (теплые воды), район с. Бараты (контрольный участок). Отбор проб проводили в марте, мае, июле, октябре 2013 г. и январе 2014 г. Всего исследовано 165 экз. плотвы возраста 2+ - 7+. Для оценки зараженности использовали общепринятые в паразитологии показатели: экстенсивность инвазии и индекс обилия. Достоверность различий показателей экстенсивности инвазии проверяли с помощью критерия хи-квадрат с поправкой Йетса, показателей индекса обилия – с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни (STATISTICA 8).

У плотвы было выявлено 27 видов паразитов, относящихся к 8 классам: Muxosporea – 6 видов, Monogenea – 8 видов, Trematoda – 6 видов, Nematoda – 3 вида и по одному виду из классов: Cestoda, Hirudinea, Bivalvia, Crustacea (табл.).

Из 6 видов микроспоридий плотвы оз. Гусиное только на контрольном участке отмечено 3 вида (*Zhokella nova*, *Chloromyxum cyprini*, *Muxobolus muelleri*), только в зоне теплых вод – 1 вид (*Muxobolus diversicapsularis*). Экстенсивность инвазии этими видами минимальна (1,4–4,4 %), что не позволяет говорить о приуроченности их к определенному району озера.

Из двух видов микроспоридий (*Myxidium rhodei*, *Myxobolus pseudodispar*), зарегистрированных у плотвы на обоих участках озера, выявлены существенные различия зараженности по всем показателям только для *M. rhodei*: они достоверно выше на контрольном участке по критериям хи-квадрат и Манна-Уитни. Среди представителей класса моногений только *Dactylogyrus crucifer* имеет достоверно более высокие показатели как экстенсивности инвазии, так и относительной численности на контрольном участке по сравнению с таковыми из теплых вод. Для моногении *D. similis* достоверность более высокой зараженности на контрольном участке выявлена только по экстенсивности инвазии. Моногения *D. suecicus*, напротив, имеет достоверно низкое значение экстенсивности инвазии на контрольном участке. Остальные представители этого класса не имели достоверных различий зараженности.

Таблица

**Видовой состав паразитов и зараженность плотвы оз. Гусино в зоне теплых вод и на контрольном участке**

Класс, вид	Теплые воды		Контроль	
	Э.И., %	И.О., экз.	Э.И., %	И.О., экз.
<b>Kinetoplastomada</b>				
<i>Tripanosoma</i> sp. I	2,2	+	0	0
<i>Tripanosoma</i> sp. II	2,2	+	0	0
<b>Myxosporea</b>				
<i>Myxidium rhodei</i>	37,4	15,95	72,6	74,85
<i>Zhokella nova</i>	0	0	1,4	+
<i>Chloromyxum cyprini</i>	0	0	1,4	+
<i>Myxobolus pseudodispar</i>	44,0	+	38,4	+
<i>M. diversicapularis</i>	4,4	0,11	0	0
<i>M. muelleri</i>	0	0	1,4	1,12
<b>Monogenea</b>				
<i>Dactylogyrus crucifer</i>	67,0	10,96	82,2	20,86
<i>D. suecicus</i>	29,7	0,90	4,1	0,05
<i>D. sphyrna</i>	9,9	0,14	8,2	0,15

<i>D. similis</i>	2,2	0,02	15,1	0,37
<i>D. micracanthus</i>	1,1	0,03	5,5	0,16
<i>D. rarissimus</i>	4,4	0,07	0	0
<i>D. yinwenyingae</i>	2,2	0,02	0	0
<i>Paradiplozoon h. homoion</i>	41,8	1,02	38,4	0,88
<b>Cestoda</b>				
<i>Ligula intestinalis</i>	12,1	0,15	0	0
<b>Trematoda</b>				
<i>Rhipidocotyle campanula</i>	0	0	11,0	0,18
<i>Phyllodistomum folium</i>	0	0	1,4	0,04
<i>Allocreadium isoporum</i>	2,2	0,03	0	0
<i>Diplostomum</i> spp. ( <i>D. commutatum</i> + <i>D. mergi</i> )	93,4	5,95	91,8	13,79
<i>Tylodelphys clavata</i>	9,9	0,11	15,1	0,21
<b>Nematoda</b>				
<i>Raphyascaris acus</i>	29,7	1,91	56,2	9,38
<i>Contraeacum microcephalum</i>	0	0	9,6	2,12
<i>Porrocaecum reticulum</i>	1,1	0,01	0	0
<b>Hirudinea</b>				
<i>Piscicola geometra</i>	0	0	1,4	0,01
<b>Bivalvia</b>				
<i>Colleopterum p. sedakovi</i>	4,4	0,04	8,2	0,12
<b>Crustacea</b>				
<i>Ergasilus briani</i>	2,2	0,03	5,5	0,05

Плероцеркоиды цестоды *Ligula intestinalis* в исследованных пробах регистрировались у плотвы только в теплых водах озера. Особо следует отметить выпадение из состава паразитофауны плотвы *Protheocephalus torulosus* – банального и широко распространенного паразита карповых рыб.

Из трематод только 1 вид (*Allocreadium isoporum*) обнаружен исключительно у плотвы из теплых вод и 2 вида (*Rhipidocotyle campanula*, *Phyllodistomum folium*) – у плотвы только на контрольном участке. Для двух видов метацеркарий

трематод рода *Diplostomum* (*D. commutatum* и *D. mergi*), собранных и посчитанных в комплексе, показатели индекса обилия достоверно выше на контрольном участке по сравнению с теплыми водами.

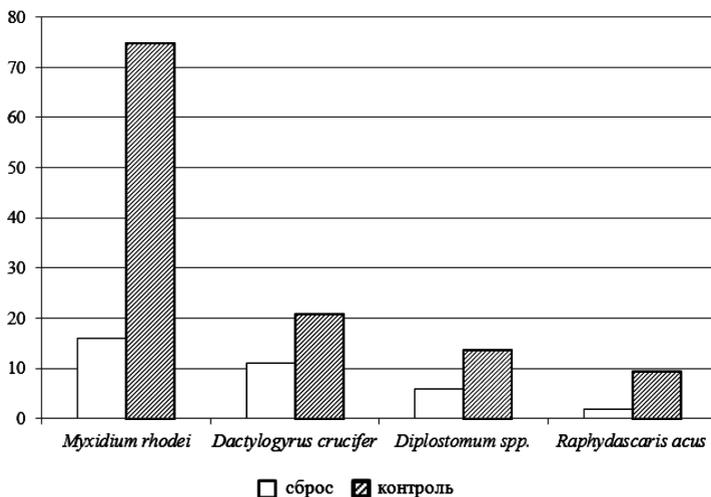
Из 3 видов нематод только один вид *Rhaphydascaris acus* регистрировался у плотвы на обоих исследованных участках озера, причем на контрольном участке показатели экстенсивности инвазии и индекса обилия его достоверно выше с высокими критериями значимости. Другая нематода, *Contraeaecum microcephalum*, обнаружена только на контрольном участке. В кишечнике плотвы из теплых вод обнаружен только 1 экземпляр нематоды *Porrocaecum reticulum*. Представители остальных трёх классов (Hirudinea – *Piscicola geometra*, Bivalvia – *Colleopterum ponderosum sedakovi*, Crustacea – *Ergasilus briani*) встречались редко и в единичных экземплярах.

Паразитофауна популяции плотвы в зоне теплых вод и на контрольном участке фактически не различается по видовому богатству (20 и 21 вид, соответственно). Имеются различия в видовом составе паразитических Metazoa в двух исследованных зонах. Виды, зарегистрированные только в одном из двух районов относятся в основном к редким: миксопоридии *Zhokella nova*, *Chloromyxum cyprini*, *Myxobolus diversicapsularis*, *M. muelleri*, моногенеи *Dactylogyrus rarisissimus*, *D. yinwenyingae*, трематоды *Phyllodistomum folium*, *Allocreadium isoporum*, нематода *Porrocaecum reticulum* и пиявка *Piscicola geometra*, экстенсивность заражения которыми была минимальной (1,4–4,4 %). К паразитическим Metazoa, приуроченным к определенным зонам, следует отнести цестоду *Ligula intestinalis* (только в зоне теплых вод – 12,1 %), трематоду *Rhipidocotyle campanula* (только на контрольном участке – 11,0 %) и, возможно, нематоду *Contraeaecum microcephalum* (только на контрольном участке – 9,6 %).

Экстенсивность инвазии на двух участках достоверно различается по критерию хи-квадрат для восьми видов: *M. rhodei*, *D. crucifer*, *D. suecicus*, *D. similis*, *L. intestinalis*, *R. campanula*, *Rhaphydascaris acus*, *C. microcephalum*. Встречаемость перечисленных видов, за исключением *D. suecicus* и *L. intestinalis*, существенно выше в контрольной зоне.

Отмечены достоверно высокие показатели индекса обилия в контрольной зоне для четырех видов: *M. rhodei*, *D. crucifer*, *Diplostomum* spp., *R. acus*, различия численности на уровне значимости  $p < 0.05$ , у последних двух видов  $p < 0,01$  (рис.).

И.О., экз.



Индекс обилия некоторых видов паразитических Metazoa у плотвы оз. Гусиное в зоне теплых вод и на контрольном участке (разности показателей зараженности в двух исследуемых районах значимы по критерию Манна-Уитни)

#### Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2013 год». Иркутск: Росгеолфонд, 2014. 462 с.
2. Пронин Н. М., Тармаханов Г. Д., Ринчино В. Л. Влияние теплых вод Гусиноозерской ГРЭС на зараженность рыб паразитами // Круговорот вещества и энергии в водоёмах. Вып. 3. Иркутск, 1981. С. 63–64.
3. Пронин Н. М., Тармаханов Г. Д., Русинек О. Т. Влияние теплых вод Гусиноозерской ГРЭС на паразитофауну окуня и щуки // Гидробиология и гидропаразитология Прибайкалья и Забайкалья. Новосибирск, 1985. С. 30–43.
4. Экология озера Гусиное / И. М. Борисенко, Н. М. Пронин, Б. Б. Шайбонов [и др.]; отв. ред. В. М. Корсунов; РАН. Сиб. отд-ние; Бурят. науч. центр; Геол. ин-т. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1994. 199 с.

**Fauna of Parasites of Roach (*Rutilus rutilus lacustris*)  
from Lake Gusinoe – Reservoir – Cooler  
of Gusinoozerskaya State District Power Plant**

**L. D. Sondueva, Z. N. Dugarov, M. D. Batueva,  
T. G. Burdukovskaja, O. E. Mazur, O. B. Gepholova,**  
*Institute of General and Experimental Biology SB RAS,  
Ulan-Ude, Russia,  
e-mail: sondl@mail.ru*

Fauna of parasites of roach from Gusinoe lake includes 27 species of 8 classes. Differences in the species composition and infestation with parasitic Metazoa in the two investigated zones of the lake (the region of the action of warm waters of the state district power station and conditionally control) are noted: the occurrence and number of some species in the control area is higher.

**Key words:** Fauna of parasites, roach, Gusinoe lake

**Количественная оценка поглощения  
углекислого газа ( $CO_2$ )  
прудами – золоотстойниками ТЭЦ**

**А. Н. Сутурин,**  
*Лимнологический институт СО РАН,  
ул. Улан-Баторская, 3, г. Иркутск, Россия,  
e-mail: san@lin.irk.ru*

Выполнены экспериментальные и натурные исследования (на 10 ТЭЦ «Иркутскэнерго») количественных характеристик поглощения  $CO_2$  на скрубберах и прудах-отстойниках. Абсорбция  $CO_2$  в системах газозолоудаления ТЭЦ зависит от типа угля, системы газозолоудаления, размеров прудов-отстойников и расстояний между сбросом пульпы и отведением осветлённой оборотной воды. Годовой объём абсорбции  $CO_2$  на ТЭЦ Иркутскэнерго составляет порядка 650 тыс. т  $CO_2$ , или около 4,3 % эмиссии  $CO_2$ .

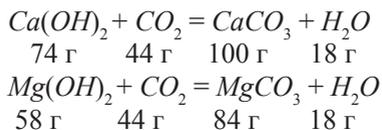
**Ключевые слова:** пруд-отстойник ТЭЦ, абсорбция диоксида углерода, инвентаризация парниковых газов

Повышение средней глобальной температуры, по мнению Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), обусловлено выбросом  $CO_2$  за счёт сжигания органического топлива. Это утверждение требует инвентаризации поглощения и эмиссии углекислого газа на всех этапах деятельности ТЭЦ: от сжигания угля на ТЭЦ, улавливания отходящих газов на скрубберах до золоудаления и сброса вод в пруды-отстойники. Особенностью России является то, что из-за чрезвычайно низких температур воздуха на территории страны почти половина сжигаемого топлива расходуется на отопление.

Уголь – единственный дешёвый и доступный энергоноситель для Прибайкалья. С позиций международных экспертов коэффициент эмиссии  $CO_2$  для каменного угля 2.759 при 1,600 для природного газа.

**Целью работы** являлась инвентаризация и мониторинг парниковых газов на предприятиях теплоэнергетики Иркутской области. Следующим этапом работ было определение количественных характеристик абсорбции  $CO_2$  на территории источника эмиссии. В процессе выброса в атмосферу дымовых газов через специальные системы улавливания из них удаляется  $SO_2$ ,  $NO_x$ , а также абсорбируется и  $CO_2$ .

Сточная вода гидрозолоудаления имеет свободную и карбонатную щёлочность ( $pH = 10,3-11,4$ ). Исследования минерального состава летучей золы показало, что кроме аморфной стелофазы сложного состава ( $Na_2O \cdot CaO \cdot FeO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3$ ), минералов глинозёма, кварца, магнетита, в золах некоторых углей в больших количествах содержатся оксиды кальция и магния. От их концентрации зависит щёлочность пульпы. Пульпа поступает в золоотстойники, в которых значительна площадь соприкосновения атмосфера – вода золоотстойника. При щелочных характеристиках зольной пульпы начинается реакция взаимодействия с диоксидом углерода атмосферы по схеме:



Коэффициент абсорбции  $CO_2$  по кальцию составляет 0,91, по магнию – 0,54. Соответственно отношения  $Ca/CO_2 = 1,27$ ,  $Mg/CO_2 = 0,91$ .

При зольности угля  $A$  и содержанию в золе щелочноземельных элементов  $Ca$  и  $C_{Mg}$  общая формула расчета абсорбции  $CO_2$  пульпой ( $RCO_2$ ) представляется в следующем виде:

$$R_{CO_2} = C \cdot A \cdot (B_{CaO} \times 1,27 + B_{MgO} \times 0,91),$$

где  $C$  – общий вес угля в год;  $A$  – зольность, %;  $B_{CaO}$  – содержание в золе  $CaO$ ;  $B_{MgO}$  – содержание в золе  $MgO$ .

Для оценки возможной роли прудов-отстойников ТЭЦ в абсорбции углекислого газа были проведены экспериментальные и исследовательские работы:

1. Отбор проб золы, пульпы и воды прудов-отстойников.
2. Анализ состава исходных углей.
3. Оценка сорбции  $CO_2$  водно-зольной пульпой.

Применялись методы анализа: потенциометрия, ионная хроматография, атомная абсорбция, пламенная эмиссионная спектроскопия и др.

На основании полученных данных была рассчитана эмиссия и абсорбция  $CO_2$  для всех ТЭЦ Иркутскэнерго. Суммарно по ОАО «Иркутскэнерго» среднегодовая эмиссия  $CO_2$  составила 14 911 498 т, абсорбция  $CO_2$  в прудах 130 761 т, в скрубберах 517 942 т. По ценам 2005 г. квота  $CO_2$  составляет 6,5 млн долларов. Эта квота не учитывается при оценке влияния угольных ТЭЦ на окружающую среду. Эта величина может возрасти при улучшении параметров абсорбции  $CO_2$  на скрубберах. Пруды-отстойники должны рассматриваться как резервуары стока  $CO_2$ .

### **Quantitative Estimate of Absorption of Carbon Dioxide ( $CO_2$ ) by Ash Ponds at Coal Power Plants**

**A. N. Sutturin,**

*Limnological Institute of RAS SB,*

*Irkutsk, Russia,*

*e-mail: san@lin.irk.ru*

Experimental and natural studies of quantitative characteristics of  $CO_2$  absorption (at 10 Coal Power Plants of Irkutskenergo)

Co.) were performed at scrubbers and settling ponds. Absorption of  $CO_2$  in the systems for gas and ash removal at Coal Power Plants depends on coal type, gas and ash removal system, settling ponds sizes and distances between pulp discharge and disposal of clarified recycled water. Annual volume of  $CO_2$  absorption at Coal Power Plants of Irkutskenergo Co. is ca. 650 thousand tons of  $CO_2$  or ca. 4,3 % of  $CO_2$  emission.

**Key words:** settling pond of Coal Power Plants, absorption of carbon dioxide, inventory of greenhouse gases

## **Предотвращение теплового и биологического загрязнения озер в качестве водоёмов-охладителей**

*А. Н. Сутурин,*

Лимнологический институт СО РАН,  
ул. Улан-Баторская, 3, г. Иркутск, Россия,  
e-mail: san@lin.irk.ru

Использование озёр в качестве водоёмов-охладителей энергетических станций наносит значительный вред их экосистеме. На примере оз. Гусино показано, что наряду с условно чистыми теплыми водами в озеро сбрасываются хозяйственно-бытовые, промышленные и ливневые стоки. Суммарное загрязнение вод озера приводит к эвтрофикации и ухудшению качества воды для питьевого водозабора. Решение проблемы – в установке тепловых насосов, использовании полученной горячей воды для промышленных рыбопроизводных хозяйств, совмещенных с производством овощей на гидропонике. Такой комплекс перспективен для решения проблем оз. Кенон.

**Ключевые слова:** озёра-охладители, эвтрофикация, тепловые насосы, промышленное рыбководство, гидропоника

При проведении геоэкологического обследования объектов экологического ущерба на Байкальской природной территории осуществлялась оценка влияния Гусиноозерского промузла на озеро Гусино.

Гусино озеро расположено в межгорной Гусиноозерской котловине на высоте 550- 600м, является самым крупным

по объему водной массы озером среди водоемов Забайкалья с площадью зеркала 163 кв. км. Длина озера 25 км, максимальная ширина 8.5 км. Водосборная площадь бассейна оз. Гусино-го равна 924 км<sup>2</sup>.

Озеро Гусиное подвержено значительному антропогенному воздействию, оно является единственным источником хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения для г. Гусиноозерска, сел Гусиное Озеро, Цайдам, п. Бараты. Несмотря на это, все образующиеся сточные воды на его водосборной площади сбрасываются в озеро. Основную техногенную нагрузку испытывают поверхностные и подземные воды территории Гусиноозерского промышленного узла. Подземные воды залегают на глубине 0–3 м. Негативное воздействие на подземные воды происходит за счет инфильтрации загрязняющих и токсичных веществ золоотвалов и размещения жидких отходов. Основные объекты-загрязнители в районе: Гусиноозерская ГРЭС, угольные разрезы, автомобильные и железные дороги, предприятия коммунального комплекса.

Современное состояние водопользования в Гусиноозерской котловине характеризуется как очень сложное. Особое положение в рассматриваемой проблеме занимает г. Гусиноозерск. Вопросы водоснабжения города за счет подземных источников не могут найти решения уже более 40 лет. Между тем население города вынуждено использовать для питья воды озера Гусиное, которое одновременно является объектом сброса сточных вод Гусиноозерской ГРЭС, промышленности и коммунально-бытового хозяйства, поступления загрязняющих веществ из отвалов горных пород и с дренажными водами с территорий закрытых угольных предприятий. Полувековая разработка месторождений угля в Гусиноозерском бассейне привела к существенным нарушениям геологической среды. Сотни миллионов кубометров горных пород вынуты из земных недр и разбросаны практически на всем восточном побережье озера.

Основными источниками загрязнения озера являются промышленные предприятия и предприятия ЖКХ, осуществляющие сброс сточных вод с высоким содержанием загряз-

няющих веществ. Содержание загрязняющих веществ в очищенной воде станции биологической очистки Водоканала в г. Гусинозерске превышает допустимые нормативы. Аналогичная ситуация на станции СБО в селе Гусиное Озеро. Сброс сточных вод с повышенным содержанием загрязняющих веществ производится через береговой бетонный оголовок по лотку в протоку р. Цаган-Гол, впадающую через 300 метров в озеро.

Производство электроэнергии связано со значительным объемом водопотребления. Наряду с большими объемами пылегазовыбросов, большая часть из которых в итоге попадает в озеро, имеется 3 выпуска сточных вод. Это теплые воды, поступающие после охлаждения агрегатов Гусинозерской ГРЭС, промышленно-ливневые стоки и воды золоотвалов. Повышенный температурный режим сточных вод на сбросном канале, приводит к усиленному зарастанию и заиливанию акватории озера и к нарушениям гидробиологических процессов.

Ежегодная плата за пользование водными объектами составляет только по Гусинозерской ГРЭС свыше 255 млн р. Направление не менее 50 процентов средств от платы за пользование водными объектами на восстановление водохозяйственной деятельности позволило бы несколько улучшить финансирование работ по обустройству водных объектов, возобновить строительство ряда важных водохозяйственных объектов, осуществить капитальный ремонт и реконструкцию инженерных сооружений по предотвращению вредного воздействия вод.

Тепловое загрязнение оз. Гусиное может быть устранено при создании замкнутой охлаждающей системы для ГРЭС совмещенной с тепловым насосом. Избыточная тепловая энергия может быть использована для создания промышленного производства ценных пород рыб. Сточные воды этого производства могут служить базовым источникам тепла и биогенных элементов для тепличных хозяйств на основе гидропоники. Такой кластер разрабатывается на промплощадке БЦБК.

Формирование антропогенных экосистем с привлечением современных технологий позволит и на площадке ГРЭС

в районе оз. Кенон уйти от изучения степени загрязнения озера к восстановлению его экосистемы с получением продукции за счет утилизации тепловой энергии.

## **Prevention of Thermal and Biological Pollution of Lakes Used as Cooling Water Reservoirs**

*A.N. Suturein,*

*Limnological Institute of RAS SB,  
Irkutsk, Russia,  
e-mail: san@lin.irk.ru*

Use of lakes as cooling water reservoirs for power stations significantly damages their ecosystem. It is shown for Lake Gusi-noye that alongside with conventionally clean warm waters, other discharges into the lake such as household, industrial and flood ones occur. Summary pollution of lake waters results in eutrophication and in decrease of water quality for drinking water uptake. This problem can be resolved by setting of heat pumps and by use of obtained hot water for industrial fishery combined with vegetables production using hydroponics. Such system is prospective to resolve the problem of Lake Kenon.

**Key words:** cooling lakes, eutrophication, heat pumps, industrial fishery, hydroponics

## **Фитопланктон водоема – охладителя Харанорской ГРЭС (по данным 2012–2013 гг.)<sup>1</sup>**

*Н. А. Ташилькова,*

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,  
ул. Недорезова, 16а, г. Чита, Россия,  
e-mail: NatTash2005@yandex.ru*

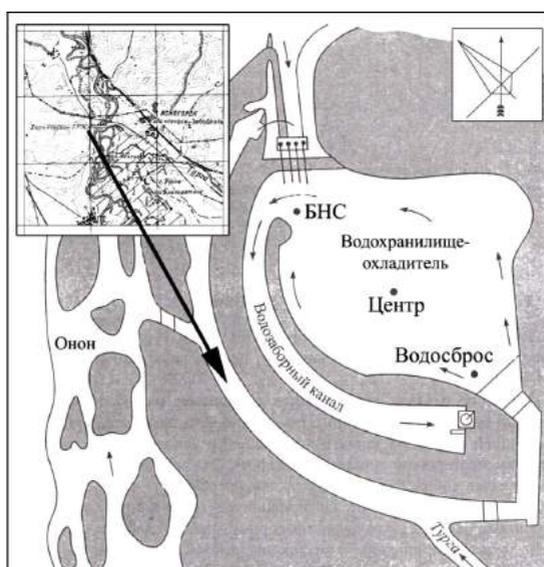
В работе представлены результаты исследований фитопланктона водоема-охладителя Харанорской ГРЭС в 2012–2013 гг.

**Ключевые слова:** фитопланктон, численность, биомасса, вертикальное распределение, сезонная динамика, водоем-охладитель

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке ОАО ОГК-3 «Харанорская ГРЭС».

Водоем-охладитель Харанорской ГРЭС расположен на юге Забайкальского края в Онон-Аргунском степном районе. Водохранилище образовалось в результате затопления водами реки Онон территории в месте впадения в нее реки Турги и пойменных озер Зеленое, Благодатное и Улан-Хада. Это водоем наливного типа. В систему водохранилища входят: дренажный канал, водозаборный канал, сбросной канал и водоподводящий канал. Заполнение и подпитка водохранилища происходит за счет подачи воды из реки Онон [1]. Основные гидрологические характеристики водохранилища приведены на рис. 1.



Объем, млн км <sup>3</sup>	15,6
Площадь, км <sup>2</sup>	4,1
Средняя глубина, м	3,8
Максимальная глубина, м	5–6
Прозрачность, м	0,6–1,8
Минерализация, мг/л	340

**Рис. 1.** Карта-схема и характеристика гидрологических параметров Харанорского водохранилища (данные приведены по [1])

В октябре 2012 г., а также феврале-апреле, июне и августе 2013 г. в Харанорском водохранилище стандартными гидробиологическими методами [3] проводился отбор проб фитопланктона, который осуществлялся на трех станциях – центральной (станция Центр), береговой насосной станции (станция БНС) и водосбросном канале (станция Водосброс). На центральной станции работы велись на трех горизонтах (поверхность, прозрачность и дно), на станциях БНС и Водосброс – в поверхностном и придонном слоях.

Обработка проб фитопланктона осуществлялась общепринятыми методами. Для количественной оценки применялся отстойный метод. Пробы отбирали в поллитровые бутылки, которые отстаивали в затемненном месте, на ровной поверхности в течение двух недель. Затем концентрировали их с помощью загнутого вверх стеклянного наконечника и резинового сифона до объема 50–100 мл. Изучение водорослей проводилось по методу Гензена с помощью счетной пластины под световым микроскопом Nikon Eclipse E-200 (максимальное увеличение 1000х). Биомассу водорослей определяли методом «истинного объема» [2]. Удельный вес водорослей принимали равным 1. Всего собрано и обработано 72 количественные пробы.

За период исследования в составе фитопланктона обнаружено 72 вида, разновидности и формы планктонных водорослей. Количество обнаруженных видов в 1,5 раза ниже, чем в 2000–2002 гг. [1]. Это объясняется более короткими сроками отбора проб, по сравнению с более ранними исследованиями. В систематическом отношении планктонные водоросли были представлены 6 отделами и распределялись следующим образом: на долю *Cyanobacteria* приходилось 8,3 %, на долю *Chrysophyta* – 12,5 %, *Dinophyta* – 5,6 %, *Bacillariophyta* – 16,7 %, *Chlorophyta* – 54,2 %, *Euglenophyta* – 2,8 %. Из выше сказанного следует, что наибольшая роль в создании видового разнообразия принадлежала зеленым водорослям, среди которых лидирующее положение занимали хлорококковые водоросли. Однако массового развития представители данного отдела не достигали. Чаще других на исследуемых станциях

отмечались такие виды как *Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs, *P. boryanum* (Turpin) Meneghini, *P. simplex* Meyen var. *simplex*, *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Brébisson, *S. falcatus* Chodat, *Monoraphidium arcuatum* (Korshikov) Hindák, *M. contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová in Fott Аналогичная картина отмечалась и при исследованиях, проведенных Г. И. Поповской [1]. Второе место в создании видового разнообразия принадлежало диатомовым водорослям, которые в некоторые сезоны являлись доминирующей в фитопланктоне группой. Среди диатомей доминировали виды рода *Aulacoseira* Thwaites: *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, *Aulacoseira italica* (Ehrenberg) Simonsen, *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen. Также огромная роль в создании общей численности принадлежала *Synedra acus* var. *radians* (Kützing) Hustedt и *Stephanodiscus hantzschii* Grunow. Золотистые водоросли занимали третье место в видовом разнообразии. Преимущественно представители этого отдела массово вегетировали в зимне-ранневесенний период. В толще воды преобладали такие виды, как *Chrysooccus rufescens* Klebs, *C. cystophorus* Skuja, *Kephyrion spirale* (Lackey) Conrad, *K. doliolum* Conrad, *Pseudokephyrion conicum* Schiller. Виды рода *Dinobryon* Ehrenberg, обычно характерные для многих водохранилищ, в исследуемом водоеме обильного развития не давали, и были представлены видами *Dinobryon divergens* O. E. Imhof, *D. cylindricum* O.E. Imhof, *D. sertularia* Ehr. var. *sertularia*, *D. spirale* Iwanoff. У синезеленых водорослей в планктоне доминировали *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, *Oscillatoria woronichinii* Anissimova, *O. fulgens* Bocher, которые создавали высокие значения численности фитопланктона в летний период. Роль других отделов водорослей (динофитовые и эвгленовые) в водоеме была незначительна. Следует также отметить, что большинство обнаруженных фитопланктонных форм альгобионтов являются широко распространенными и характерными для многих пресноводных водоемов.

В результате проведенных исследований в зимне-ранневесеннем фитопланктоне 2013 г. Харанорского водохра-

нилища было выявлено 40 видов (42 вида, разновидности и формы) водорослей из 5 отделов (синезеленые, золотистые, диатомовые, динофитовые и зеленые). Значительно разнообразно в толще воды были представлены зеленые водоросли преимущественно порядка хлорококковые (55 % от общего видового состава). Однако численно доминировали представители отделов золотистые и диатомовые водоросли, доля которых в создании общего видового разнообразия была сравнительно невелика – 14 % и 24 %, соответственно. Динофитовые водоросли были представлены двумя видами (5 %). У синезеленых отмечался один вид – это *Aphanizomenon flos-aqua* Ralfs ex Borne & Flahault, который в массе встречался в октябрьском планктоне 2012 г.

На всей акватории водохранилища в массе развивались золотистые водоросли, из них наиболее многочисленным был мелкоклеточный вид *Chrysococcus rufescens* Klebs (40–72 % от общей численности фитопланктона). Ему сопутствовали *Kephyrion spirale* (Lackey) Conrad, *Kephyrion doliolum* Conrad, *Pseudokephyrion conicum* Schiller, их доля в создании общей численности фитопланктона изменялась от 5 до 20 %. Субдоминантами выступали виды рода *Dinobryon*: *D. divergens* O. E. Imhof, *D. cylindricum* O. E. Imhof, которые составляли от 2 до 15 % от общей численности фитопланктона. В различных участках водохранилища в зимний период золотистые водоросли занимали 40–80 % от общей численности, с максимальными показателями в районе центральной станции. Однако ввиду сравнительно небольших размеров представителей золотистых водорослей (преимущественно нанопланктонные организмы), их биомасса по акватории водохранилища составляла от 2 до 54 %. Второе место в зимнем фитопланктоне водохранилища принадлежало диатомовым водорослям, на долю которых приходилось 5–50 % от общей численности и 27–73 % от общей биомассы. У диатомовых в составе планктона доминировали *Stephanodiscus hantzschii* Grunow, *Synedra acus* var. *radians* (Kützing) Hustedt. Наибольшие концентрации диатомей, также как и хризифит, были зарегистрированы в районе центральной станции.

Сравнение сообществ зимнего фитопланктона исследованных станций в феврале-апреле 2013 г. показало, что видовой состав схож. Коэффициент Серенсена в феврале изменялся от 66 до 83 %, в апреле – от 65 до 68 %, что обусловлено одинаковым на всех станциях доминирующим комплексом. Наибольшее сходств в оба периода изучения отмечалось для станций БНС и Водосброс, наименьшее – для станций Центр-Водосброс. Высоким видовым разнообразием, согласно расчетам показателя Шеннона, характеризовалось сообщество фитопланктона центральной станции ( $H_{\text{бит}} = 2,2-3,0$ ).

Общая численность планктонных водорослей в феврале 2013 г. изменялась от 0,04 до 0,3 млн кл/л биомасса – от 0,02 до 0,2 г/м<sup>3</sup> (табл., А). В апреле эти показатели были на порядок выше: численность доходила до 1,2 млн кл/л, биомасса – до 1,4 г/м<sup>3</sup> (табл., Б).

Таблица

**Численность (тыс. кл/л) и биомасса (мг/м<sup>3</sup>) фитопланктона в Харанорском водохранилище в феврале (А) и апреле (Б) 2013 г. (численность приведена в числителе, биомасса – в знаменателе)**

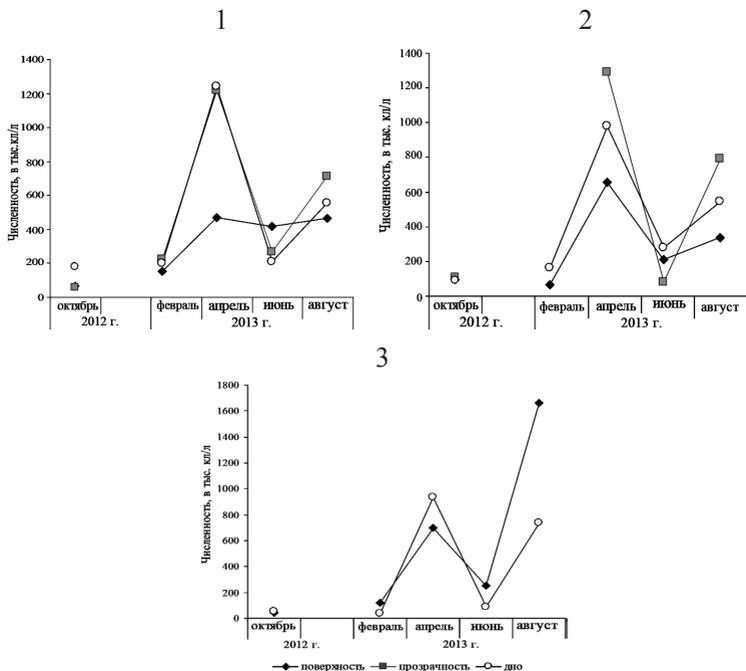
А				Б			
Горизонт	Станция			Горизонт	Станция		
	Центр	БНС	Водосброс		Центр	БНС	Водосброс
0 м	<u>146,6</u>	<u>63,9</u>	<u>121,2</u>	0 м	<u>448,3</u>	<u>617,3</u>	<u>700,7</u>
	80,3	47,4	70,6		578,2	360,5	518,1
прозрач- ность	<u>215,9</u>	-	-	прозрач- ность	<u>1156,4</u>	<u>1211</u>	-
	138,4				1400,7		
дно	<u>192,6</u>	<u>153,9</u>	<u>40,8</u>	дно	<u>1181,4</u>	<u>920,6</u>	<u>938,5</u>
	199,8	118,8	23,1		800	666,3	584,6

Вертикальное распределение водорослей показало, что, как в феврале, так и в апреле 2013 г. максимальные значения количественных показателей были отмечены на горизонте равном прозрачности, а также в придонных слоях.

Исследования фитопланктона открытой воды было начато в июне 2013 г. Количество отмеченных на станциях видов изменялось от 19 до 32. Наиболее разнообразно был представлен планктон, развивавшийся в толще воды станции БНС. В планктоне в этот период доминировали синезеленые и диатомовые водоросли. На станциях БНС и Водосброс им сопутствовали мелкие зеленые водоросли порядка хлорококковые. В целом, по акватории водоема на долю синезеленых приходилось от 30 до 62 % от общих количественных показателей. Диатомовые составляли 9–87 %, зеленые – 12–47 %. Золотистые водоросли, в массе развивавшиеся в толще воды в подледный период, практически выпали из планктона. Их доля в создании общей численности не превышала 6 %. У синезеленых лидирующее положение принадлежало *Aphanizomenon flos-aqua* и видам рода *Oscillatoria*. У диатомовых доминировали *Aulacoseira granulata*, *A. Ambigua*. На всех станциях им сопутствовала *Synedra acus* var. *radians*. Зеленые водоросли были представлены родами *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Monoraphidium*. Однако в состав доминирующих видов не один представитель этого отдела не входил.

Распределение водорослей по акватории водохранилища было неравномерным. Численность водорослей в водоеме в этот период была низкой и изменялась от 78 до 400 тыс. кл/л (рис. 2). Максимальные значения количественных показателей были отмечены на станции Центр. Сравнение полученных данных с исследованиями 2001–2002 гг. показало [1], что общая численность фитопланктона в период наших исследований в несколько десятков раз ниже, по сравнению с показателями 2001 г. Вертикальное распределение водорослей в толще воды было неоднородным. Наибольшие значения количественных показателей отмечались в придонном слое и слое, равном прозрачности воды.

В августе 2013 г. в составе планктонных альгосообществ произошли резкие изменения. Видовое разнообразие заметно снизилось (в этот период на станциях было отмечено от 4 до 28 форм водорослей).



**Рис. 2.** Численность фитопланктона в Харанорском водохранилище в октябре 2012 г. и феврале-августе 2013 г. Станции: 1 – Центр; 2 – БНС; 3 – Водосброс.

По всей акватории водохранилища массовое развитие получили синезеленые водоросли. Они вытеснили практически все другие группы водорослей из планктона. В этот период на всех станциях водоема и по всей толще воды доминировал *Aphanizomenon flos-aqua*, который составлял 70–92 % от общей численности фитопланктона. Субдоминантами у синезеленых выступали *Oscillatoria woronichinii*, *O. fulgens*. На их долю приходилось не более 10 % от общих количественных показателей. Виды рода *Anabaena*, *Microcystis* и *Gomphosphaeria lacustris* Chodat, в отличие от ранее проведенных исследований [1], в период наших исследований, в толще воды присутствовали единичными экземплярами. Им сопутствовали зеленые и диатомовые водоросли. Однако в состав доминиру-

ющих видов не один представитель этих отделов не входил. Численность синезеленных водорослей изменялась от 144 до 1400 тыс. кл/л. Общая численность фитопланктона составляла 317–1700 тыс. кл/л. Вертикальное развитие фитопланктона было аналогично июню 2013 г.

Фитопланктон октября будет охарактеризован по 2012 г. Определяющая роль в этот период принадлежала зеленым водорослям. Они составляли более 50 % от общей численности. В толще воды преобладали *Scenedesmus quadricauda*, виды рода *Pediastrum*, *Monoraphidium arcuatum*, *M. contortum*. На станциях БНС и Водосброс обильно развивались синезеленые водоросли, в частности *Aphanizomenon flos-aqua*. На отдельных станциях диатомеи составляли до 50 % от общей численности. Количественное развитие водорослей было невысоким и изменялось от 50 до 180 тыс. кл/л.

Таким образом, фитопланктон Харанорского водохранилища на протяжении большей части года характеризовался невысокими значениями количественных показателей. В течение исследуемого периода отмечались два выраженных пика численности: зимне-ранневесенний (апрель), который был обусловлен массовым развитием золотистых водорослей (*Chrysococcus rufescens*), и летний (август), вызванный интенсивным развитием синезеленых водорослей (*Aphanizomenon flos-aqua*). Максимальные концентрации фитопланктона на протяжении большей части года были приурочены к центральным участкам водохранилища. Вертикальное распределение водорослей было неоднородным. Наибольшие значения численности и биомассы отмечались в придонном слое и слое, приуроченном к прозрачности воды. Доминирующий комплекс на всех исследуемых станциях имеет определенное сходство, обусловленное морфологическими особенностями водохранилища (мелководность, постоянное перемешивание).

#### **Список литературы**

1. Водоем-охладитель Харанорской ГРЭС и его жизнь / М. Ц. Итигилова [и др.]; отв. ред. В. В. Кириллов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 192 с.

2. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. Л.: Наука, 1969. Т. 1. 658 с.

3. Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. М.: Университет и школа, 2003. 157 с.

## **Phytoplankton of Kharanor Sdpp Cooling Pond in 2012–2013**

***N. A. Tashlykova,***

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS,  
Nedorezova, 16a, Chita, Russia,  
e-mail: NatTash2005@yandex.ru*

The results of phytoplankton studies in the Kharanor SDPP cooling pond during 2012–2013 are presented in this paper.

**Key words:** phytoplankton, number, biomass, vertical distributional, seasonal dynamics, cooling pond

## **Моделирование состояния экосистем водохранилищ с учетом сукцессии сообществ гидробионтов**

***А. А. Цхай,***

*Алтайский государственный  
технический университет им. И. И. Ползунова,  
пр. Ленина, 46, г. Барнаул, Россия;  
Институт водных и экологических проблем СО РАН,  
ул. Молодежная, 1, г. Барнаул, Россия*

***В. Ю. Агейков,***

*Алтайский государственный  
технический университет им. И.И. Ползунова,  
пр. Ленина, 46, г. Барнаул, Россия;*

***В. В. Кириллов,***

*Институт водных и экологических проблем СО РАН,  
ул. Молодежная, 1, г. Барнаул, Россия,  
e-mail: taa1956@mail.ru*

Представлены анализ опыта использования и границ применимости модели водной экосистемы “Биоген” на основе компьютерной симуляции биогеохимических циклов, в том

числе на этапе разработки проекта будущего водохранилища; пример развития подхода, расширяющего упомянутые границы путем учета сукцессии сообществ гидробионтов в течение расчетного года.

**Ключевые слова:** водохранилище, биогеохимический цикл, фитопланктон, сукцессия

Проблема эффективного описания механизма биогеохимических процессов для оценки состояния водных экосистем остается актуальной и сегодня [1]. Использование существующих моделей в водохозяйственной практике затрудняется тем, что для расчетов по ним, как правило, необходимы данные специальных натурных наблюдений, которые не входят в стандартный перечень показателей, контролируемых организациями Государственной службы наблюдений. В связи с этим, была разработана имитационная модель “Биоген” [2], ориентированная на использование стандартных данных Росгидромета. Целями представленной работы являются анализ опыта использования данной модели и границ ее применимости, а также пример развития подхода, расширяющего упомянутые границы путем учета сукцессии сообществ гидробионтов.

**Материалы и методы.** Для оценки состояния экосистем водохранилищ в работе использовалась модель «Биоген», с одной стороны, использующая контролируемые Государственной службой наблюдений показатели, с другой, воспроизводящая биогеохимические циклы трансформации соединений лимитирующих элементов: азота и фосфора [2]. В модели использован набор данных наблюдений, включающий в себя стандартные показатели качества воды: содержание  $O_2$ , фитопланктона, минеральных форм  $N$  и  $P$  (рис. 1). Переменных  $C_i$ , динамика которых моделируется – 13. Восемь из них относятся к водной среде ( $i = 1-8$ ), соответственно:  $NNH_4$ ,  $NNO_2$ ,  $NNO_3$ ,  $F$  – биомасса фитопланктона,  $D$  – взвешенные вещества,  $I$  – ортофосфатный фосфор,  $C$  – растворенные органические вещества,  $O_2$ . Пять (при  $i = 9-13$ ) – к донным отложениям:  $C_B$  – органические вещества; фосфор и азот, соответственно, интерстициальные  $P_B$  и  $N_B$ , сорбированные на твердой фазе –  $P_S$  и  $N_S$ .

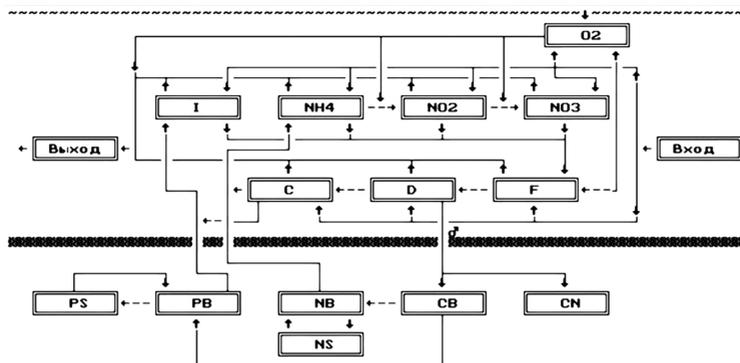


Рис. 1. Схема биохимической трансформации компонентов водной экосистемы, описываемая моделью «Биоген»

По составу переменных модель “Биоген” аналогична моделям качества воды, где жизнедеятельность других трофических цепей учитывается опосредованно, чаще всего из-за недостатка исходной информации, которая позволила бы обоснованно ввести остальные гидробиологические переменные.

Модель “Биоген” характеризуется следующими упрощениями: стехиометрические отношения концентраций  $C$ ,  $N$  и  $P$  в компонентах экосистемы постоянны; содержание  $C$  составляет в экосистеме около половины общего веса в неживой органической массе; основной источник взвеси в речной воде – частицы почвы, смытые с водосборной площади. Содержание органических веществ (10 % общего веса взвеси) на входе коррелирует с содержанием в поверхностном слое доминирующего на водосборе типа почвенного покрова. Для водоема, где основной вклад в содержание агрегированной переменной «взвешенные вещества» вносит отмерший планктон, такое предположение неприемлемо.

Уравнения модели, описывающие трансформацию соединений в водной толще в нульмерном приближении, имеют вид

$$\frac{d(C_i W)}{dt} = WR_i + Q_+ C_{+i} - Q_- C_i + J_i \Omega + G_i L, \quad (1)$$

где  $W$  – объем водохранилища,  $t$  – время,  $R_i$  – скорость био-

химической трансформации соответствующего соединения  $C_p$ ,  $Q_+$  и  $C_{+i}$  – расход реки и концентрации компонентов в ней,  $Q_-$  – расход попуска из водохранилища,  $J_i$  – массовый поток на межфазной поверхности,  $\Omega$  – площадь зеркала водохранилища,  $G_i$  – боковая нагрузка, характеризующая поступления с берегов,  $L$  – длина водохранилища. Полная запись членов  $R_i$  с численными значениями коэффициентов приведена в работе [2].

По продуктивности, содержанию биогенных и органических веществ (ОВ) Новосибирское водохранилище в последнее время относят к мезотрофному типу, все чаще отмечая периоды, в которые наблюдаются признаки высокого уровня эвтрофирования. Видовой состав доминирующих сообществ фитопланктона меняется в течение года неоднократно. В апреле преобладают *Cyclotella* и *Stephanodiscus*, к концу июня усиливается роль *Melosira granulata* var. *granulata*. Затем биомасса диатомовых резко падает, и они уступают место сине-зеленым и зеленым водорослям. Со второй декады июля по сентябрь преобладающим видом фитопланктона становится *Aphanizomenon flosaquae*, зимой – *Asterionella formosa*.

Неизвестные параметры модели «Биоген» определяются в пределах интервалов характерных значений минимизацией статистического критерия Тейла  $F$  для каждого из компонентов водной экосистемы

$$F = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_i^2} + \sqrt{\sum_{i=1}^n Y_i^2}}, \quad (2)$$

где  $n$  – число наблюдений;  $X_i$  и  $Y_i$  – соответственно, расчетные и измеренные величины содержания веществ.

Откалиброванная по данным Новосибирского водохранилища модель применялась для прогнозирования состояния Крапивинского водохранилища, как предполагаемого аналога, а также Усть-Среднеканского водохранилища на реке Колыма. В последнем случае проводились специальные верификационные расчеты по данным Колымского водохранилища,

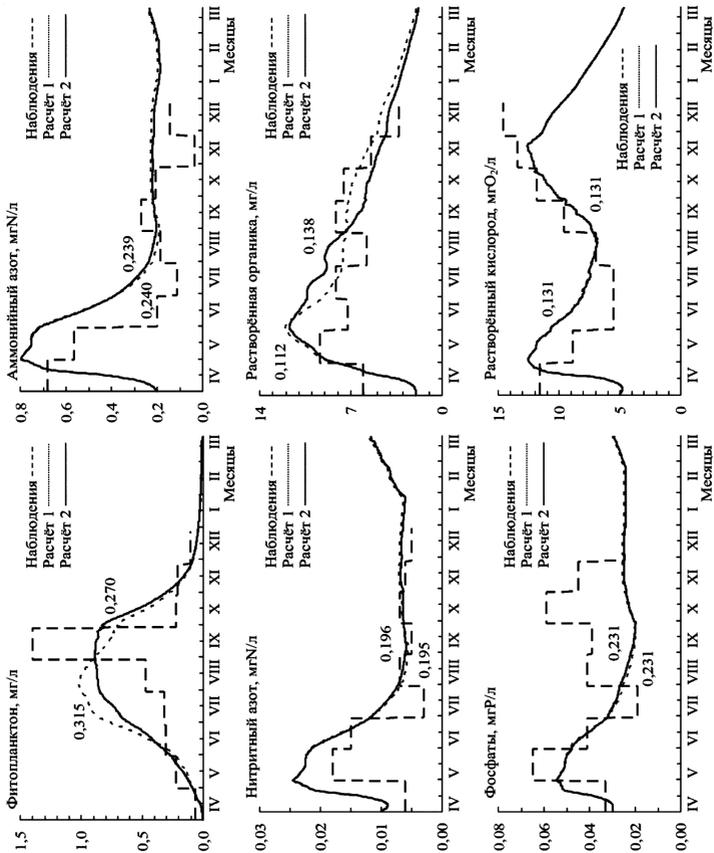
рассматриваемого как аналог Усть-Среднеканскому. Проведенные расчеты позволили дать предварительные оценки экологического состояния проектируемых водохранилищ после их сооружения и периода становления [2-3].

Вместе с тем, очевидны пределы допустимости применяемого подхода. Любая экосистема в течение года неоднократно меняет свою структуру с точки зрения видового состава и уровня развития агрегированных звеньев трофической цепи. Тем более, очевидно, выходят за рамки изложенного подхода предсказания новых качественных эффектов, связанных с вариантами развития сукцессии сообществ гидробионтов, с возможными отклонениями экосистемы на нарушение природного гомеостаза.

Для модификации подхода были использованы идеи структурно-динамического моделирования, сформировавшегося в конце прошлого 20-го века [4]. Его основой служит достаточно ясная идея: считать вектором изменения биоразнообразия в экосистеме принцип естественного отбора Дарвина.

В приложении к рассматриваемым задачам – это означает учет изменения видового состава и уровня развития сообществ водорослей, моделируемых агрегированной переменной: фитопланктоном. Этот учет приводит к изменению значений коэффициентов физиологической активности фитопланктона в течение года таким образом, что из множества соответствующих траекторий поведения экосистемы в модельном расчете реализуется та, при которой достигается максимум значения термодинамической характеристики – эко-эксергии, отражающей удаленность системы от состояния «мертвой» субстанции. Функциональная зависимость величины эко-эксергии пресноводного биоценоза от текущих значений биомассы фитопланктона и содержания детрита определена путем специальных исследований [5].

**Результаты и выводы.** Изменение в расчетах по модифицированной модели значений коэффициента выделительной активности в течение года, с одной стороны, характеризует структурные изменения, связанные со сменой доминирующих видов водорослей, с другой – приводит к уменьшению значения критерия адекватности результатов расчета натурным данным по фитопланктону, что можно видеть на рис. 2.



**Рис. 2.** Результаты расчета динамики компонентов экосистемы Новосибирского водохранилища по двум версиям модели «Биоген»

Линии пунктира обозначают данные наблюдений. Кривая «Расчет 1» является результатом традиционного способа моделирования биогеохимических циклов. Кривая «Расчет 2» характеризует модифицированный способ моделирования. Модификация – в том, что для каждого расчетных суток выбирался вариант изменения внутренних параметров модели, отвечающий соответствующему максимальному значению термодинамической характеристики экосистемы – эко-эксергии.

Числа на графиках – это значения статистического критерия Тейла (2), характеризующего адекватность результатов расчета натурным данным. На каждом графике: слева значение критерия при традиционном способе моделирования; справа – при модифицированном.

Значение критерия Тейла по динамике фитопланктона в течение года уменьшилось, т. е. соответствие расчетных результатов натурным данным улучшилось примерно на 14 %. Пик расчетной кривой фитопланктона сдвинулся на сентябрь с августа так, как было и на самом деле по данным наблюдений. При этом, как видно по значениям, да и визуально, в расчетах по модифицированной модели динамика кислорода, а также соединений азота и фосфора практически не изменилась по сравнению со случаем применения традиционного способа моделирования без учета сезонных изменений видового состава фитопланктона.

Представляется, что предложенная модификация способа моделирования позволит продвинуться в развитии методов оценки состояния водных экосистем.

#### *Список литературы*

1. Алимов А. Ф., Богатов В. В., Голубков С. М. Продукционная гидробиология. СПб.: Наука, 2013. 343 с.
2. Цхай А. А., Агейков В. Ю. Математическое моделирование процессов трансформации соединений азота и фосфора и изменчивости кислородного режима в водохранилищах // Водные ресурсы, 1997. Т. 24, № 6. С. 718–728.
3. Цхай А. А., Леонов А. В. Прогнозирование качества воды в проектируемом водохранилище на основе модели трансформации азота и фосфора // Водные ресурсы, 1995. Т. 22, № 3. С. 261–272.

4. Jørgensen S. E. Structural dynamic model. Ecological Modelling, 1986. Vol. 31, № 1–4. P. 1–9.

5. Li W.H., Grauer D. Fundamentals of Molecular Evolution. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, 1991. 660 p.

## **The Modeling of Reservoir Ecosystems, Taking Into Account the Succession of Communities of Hydrobionts**

**A.A. Tskhai,**

*Altai State Technical University. I.I. Polzunova,  
46 Lenin Prospekt, Barnaul, Russia;  
Institute of Water and Environmental Problems of the SB RAS,  
Ul. Youth, 1, Barnaul, Russia*

**V. Yu. Ageykov,**

*Altai State Technical University. I.I. Polzunova,  
46 Lenin Prospekt, Barnaul, Russia;*

**V. V. Kirillov,**

*Institute of Water and Environmental Problems of the SB RAS,  
Ul. Youth, 1, Barnaul, Russia,  
e-mail: taa1956@mail.ru*

There (1) an analysis of the experience of using the model “Biogen”, which is focused on the use of the standard Roshydromet data list, and the boundaries of the approach application; (2) an example of the approach development, which extends the this boundaries, for the case of structural changes for the ecosystem during the year are presented in the paper.

**Key words:** reservoir, biogeochemical cycles, phytoplankton, succession

## **Бактериопланктон озера Гусиное (Бурятия) – водоема – охладителя Гусиноозерской ГРЭС**

**Б. В. Цыденова, Д. В. Матафонов,**

**В. Б. Дамбаев, О. П. Дагурова,**

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,  
ул. Сахьяновой, 6, г. Улан-Удэ, Россия,  
e-mail: bayarma73@mail.ru*

Определены численность и разнообразие бактериопланктона в различных участках крупнейшего озера Бурятии Гусиное, являющегося водоемом-охладителем Гусиноозерской

ГРЭС. На станции сброса теплых вод ГРЭС значимых отличий по численности и разнообразию бактериопланктона от акватории озера обнаружено не было.

**Ключевые слова:** бактериопланктон, озеро Гусиное, водоем-охладитель

Озеро Гусиное – крупнейший пресноводный водоем Бурятии, имеет уникальную историю своего происхождения. По преданиям и летописям, Гусиное озеро образовалось в результате постепенного наполнения двух небольших болотцев-озерков, в 1725 году после сильнейшего сибирского землетрясения. В современных контурах оно сформировалось к началу XIX века. Акватория озера равна 157,6 км<sup>2</sup>. Научные исследования позволяют наблюдать эволюцию Гусинового озера в зависимости от природных и антропогенных факторов, что представляет особый интерес для познания природы Байкальской территории [2].

В настоящее время озеро является одним из важнейших источников питьевой воды, промышленного водоснабжения и рыбохозяйственного использования. Одним из основных загрязнителей озера является Гусиноозерская ГРЭС. Ежегодно четверть ресурсов озера проходит через агрегаты ГРЭС. Эксплуатация озера в качестве водоема – охладителя привела к увеличению тепловой нагрузки [1].

Бактериопланктон играет важную роль в функционировании пресноводных озер, участвуя в продукционно-деструкционных процессах и являясь индикатором изменений в экосистеме озера, в том числе антропогенных. Бактериопланктон озера Гусиное остается недостаточно изученным. До настоящего времени исследования микроорганизмов озера ограничивались изучением культивируемых физиологических групп бактерий [3–4].

**Цель работы** – определить численность и разнообразие бактериопланктона в различных участках озера Гусиное

Были проанализированы пробы поверхностной воды с 11 станций, включая сброс теплых вод в различные сезоны. Вода для молекулярно-генетического анализа была отобрана на 5 станциях в июне и октябре. Пробы воды для исследова-

дований отбирали в стерильную посуду. Общая численность бактерий определялась подсчетом бактерий на мембранных фильтрах с диаметром пор 0,22 мкм, окрашенных эритрозином. Численность органотрофных бактерий определялась по росту колоний на среде РПА (рыбо-пептонный агар), разведенной в 10 раз. Для выделения ДНК вода концентрировалась фильтрованием до забития пор фильтра диаметром 0,22 мкм бактериальной взвесью. Выделение ДНК с фильтров производили с помощью коммерческого набора AxyPrep Bacterial Genomic DNA Miniprep Kit (Axygen, США). Параллельное секвенирование ампликонов было проведено в Центре коллективного пользования СО РАН «Геномика» (Новосибирск, Россия) на секвенаторе MiSeq, Illumina. Таксономическое разнообразие микробного сообщества оценивали с помощью пакета программ RDP.

**Результаты.** Общая численность бактерий составляла 0,1–2,5 млн кл/мл, максимальные значения обнаружены около сброса теплых вод ГРЭС. Повышенная численность была обнаружена на 4 станциях, подвергающихся антропогенному воздействию – около сброса теплых вод, около устья р. Загустай, где происходит сброс сточных бытовых вод, около железнодорожной станции Бараты, а также в устье р. Тэли. В сезонной динамике наблюдалось увеличение численности почти на всех станциях в мае, в весенний пик развития фитопланктона. Такие же закономерности были определены для органотрофных бактерий – повышенные концентрации наблюдались в устьях рек и в месте впадения сбросного канала в озеро. В месте теплозагрязнения (сброса теплых вод ГРЭС) и в незамерзающем сбросном канале значимых отличий от акватории озера по показателю численности бактериопланктона обнаружено не было.

Метагеномный анализ микробного сообщества показал доминирование представителей филума *Cyanobacteria* (в среднем 28 %), *Actinobacteria* (в среднем 28 %) и *Proteobacteria* (в среднем 22 %). Также значимы были представители филумов *Firmicutes* (в среднем 9 %) и *Bacteroidetes* (7 %). В месте впадения реки Тэли обнаружена высокая доля представителей

филума *Cyanobacteria* (60 %), что может указывать на интенсивные продукционные процессы в приустьевых участках рек. Микробное сообщество в месте сброса теплых вод Гусиноозерской ГРЭС по составу филумов не отличалось от сообществ в других точках отбора. Индекс разнообразия  $Chao1$  сообщества варьировал от 50 до 260, увеличивался в осенний период по сравнению с летним, и был меньше, чем индекс разнообразия бактериопланктона озера Байкал.

Выводы. В месте теплозагрязнения (сброса теплых вод ГРЭС) и в незамерзающем сбросном канале значимых отличий от акватории озера по численности и разнообразию бактериопланктона обнаружено не было. Численность микроорганизмов в сбросном канале была сравнима с численностью в приустьевых участках. Возможно, в сбросном канале образуется «барьерная зона», характерная для устьев рек и характеризующаяся увеличением численности и активности микроорганизмов. Температура не являлась фактором, контролирующим развитие бактериопланктона, увеличение численности бактерий, возможно, происходило за счет обогащения органическими веществами терригенного и речного происхождения.

#### *Список литературы*

1. Абидуева Е. Ю., Дагурова О. П., Гаранкина В. П. Сезонные изменения физико-химических и микробиологических показателей озера Гусиное // Вестник БГУ. Химия. Физика. 2014. С. 74–76.
2. Борисенко И. М., Пронин Н. М., Шайбонов Б. Б. Экология озера Гусиное. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1994. 196 с.
3. Дагурова О. П., Гаранкина В. П., Дамбаев В. Б. Микробиологические показатели воды озера Гусиное (Западное Забайкалье) // VI Международная Верещагинская Байкальская конф. 4-й Байкальский микробиол. симпозиум с междунар. участием: тез. докл. Иркутск, 2015. С. 266–267.
4. Парфенова В. В., Гладких А. С., Белых О. И. Сравнительный анализ биоразнообразия бактериальных сообществ планктона и биопленки в озере Байкал // Микробиология. 2013. Т. 82. № 1. С. 94–105

## **Bacterioplankton of Lake Gusinoe (Buryatia), Gusinoozerskaya Gres Reservoir-Cooler**

*B. V. Tsydenova, D. V. Matafonov,*

*V. B. Dambaev, O. P. Dagurova,*

*Institute of General and Experimental Biology SB RAS,*

*Ul. Sahyanova, 6, Ulan-Ude, Russia*

The number and diversity of bacterioplankton in various parts of the Lake Gusinoe (Buryatia), which is a reservoir-cooler of the Gusinoozerskaya GRES, was determined. The number and diversity of bacterioplankton in place of warm waters discharge do not have significant differences from the lake water area.

**Key words:** bacterioplankton, Lake Gusinoe, reservoir-cooler

## **Влияние золо-шлако-шламоотстойника Селенгинского целлюлозно-картонного комбината на окружающую среду**

*Е. П. Чебыкин, А. В. Минаев, Ю. А. Дамбинов,*

*О. А. Хахураев, А. Н. Сутурин,*

*Лимнологический институт СО РАН,*

*ул. Улан-Баторская, 3, г. Иркутск, Россия,*

*e-mail: cheb@lin.irk.ru*

В результате комплексных ландшафтно-геохимических исследований выявлена зона загрязнённых подземных вод на территории, прилегающей к ЗШШО СЦКК. Запроектирована сеть перехватывающих скважин, которая позволит решить проблему загрязнения подземных горизонтов и предотвратить поступление хлоридно-сульфатных вод в р. Селенгу.

**Ключевые слова:** золо-шлако-шламоотстойник, загрязнение подземных вод, ландшафтно-геохимические исследования

Для прекращения сброса сточных вод в р. Селенгу на Селенгинском ЦКК в 1990 г. был внедрен замкнутый водооборот, важным звеном которого стал золо-шлако-шламоотстойник (ЗШШО), куда вместе с зольной пульпой сбрасываются

минерализованные стоки цехов комбината, содержащие  $Cl$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Na$  и др. элементы в концентрациях значительно выше, чем стоки из ТЭЦ. Загрязнение купола подземных вод под ЗШШО стало наблюдаться в 2003 г. – концентрации индикаторных элементов в контрольных скважинах значительно превышали фоновые содержания. В 2010 г. ГП РБ ТЦ «Бурятгеомониторинг» обнаружил в скважинах и колодцах п. Брянск превышение ПДК по кадмию, и повышенные концентрации  $SO_4^{2-}$  в скважинах промплощадки СЦКК относительно фона. В последующем проводились многократные экспертизы. Превышение ПДК по кадмию, алюминию, железу и марганцу другими лабораториями не были подтверждены. Селенгинскому СЦКК предписывалось устранить протечки ЗШШО путём реконструкции старого или многомиллиардным строительством нового ЗШШО. Оба варианта не решали проблему протечек и ставили под угрозу существования СЦКК и моногорода (п. Селенгинск).

**Цель работы** – оценить степень влияния ЗШШО на окружающую среду и предложить меры по устранению негативного влияния.

В 2015–2016 гг. были проведены комплексные ландшафтно-геохимические исследования ЗШШО и прилегающей территории, включая обрамляющие ЗШШО речки (Вилюйка, Чернушка), промплощадку СЦКК, скважины п. Брянск, р. Селенгу. Распространение купола загрязнённых вод под ЗШШО оценивалось методом электротомографии [1; 2; 4] с помощью автономной многоэлектродной электроразведочной станции «СКАЛА 48». Предварительная обработка и инверсия данных вертикального электрического зондирования выполнялась с помощью программ SKILL TOOLS (ИНГТ СО РАН), ERT Lab и Surfer. На прилегающей к ЗШШО территории было получено 11 вертикальных геоэлектрических профилей (до 40 м в глубину), маркирующих потоки грунтовых вод и зоны обводнённого грунта по низким электрическим сопротивлениям. Геофизические данные заверялись бурением скважин и последующим анализом воды на содержание главных и следовых химических элементов (72 элемента) методом ИСП-МС

на квадрупольном масс-спектрометре Agilent 7500ce в ЦКП «Ультрамикроанализ» в ЛИН СО РАН, согласно разработанным ранее методикам и подходам [3]. Методом ИСП-МС изучен также элементный состав всех речных проб и проб воды других скважин (контрольные вокруг ЗШШО, на промплощадке СЦКК, в п. Брянск).

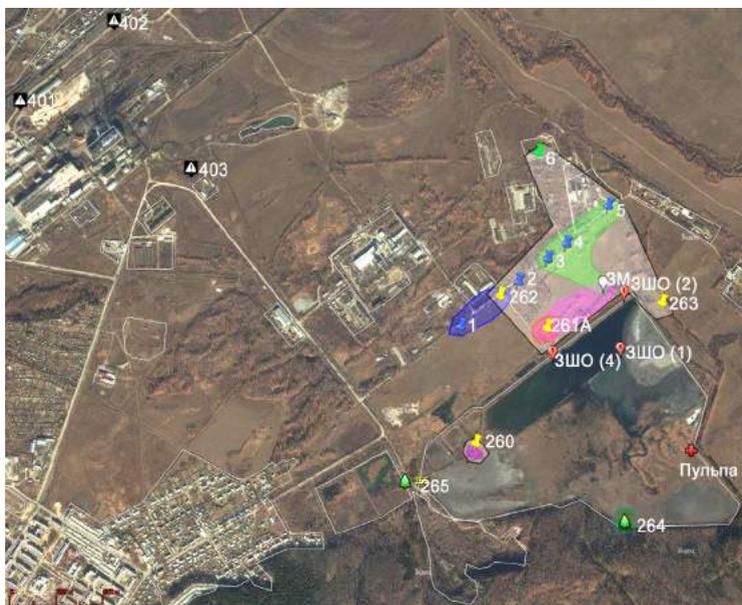
Электротомография и последующие заверочные работы показали наличие купола загрязнённых вод под ЗШШО, распространяющегося в северо-восточном направлении на небольшое расстояние (до 1 км, рис. 1).

На рис. 2. показан характер изменения минерализации, содержания главных и некоторых следовых химических элементов в воде в направлении пруды ЗШШО – наблюдательные скважины – перехватывающие скважины – скважины промплощадки СЦКК – р. Селенга – Байкал.

В результате просачивания сточной воды прудов ЗШШО через 4-метровый слой золы и дно отстойника формируется купол загрязнённых вод, который обнаруживается по индикаторным элементам в наблюдательных скважинах ЗШШО.

Пульпа выделяется по высоким концентрациям сульфатов и минерализации.

В воде прудов ЗШШО накапливается калий, натрий, сульфаты. Анализ воды в наблюдательных скважинах показывает, что в подземном куполе формируются хлоридно-сульфатные натрий-калиевые загрязнённые воды. Особенно наглядно распределение хлоридов. Хлорид-ион не сорбируется на зольном субстрате, поэтому в подземных водах возле отстойника наблюдается максимальная концентрация хлоридов. Именно хлор является показателем формирования купола загрязнённых подземных вод под отстойником. Концентрации  $K$ ,  $Na$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl$  в загрязнённом подземном горизонте превышают концентрации этих элементов в фоновых скважинах, р. Селенга и её притоках (р. Чернушка, р. Вилуйка).

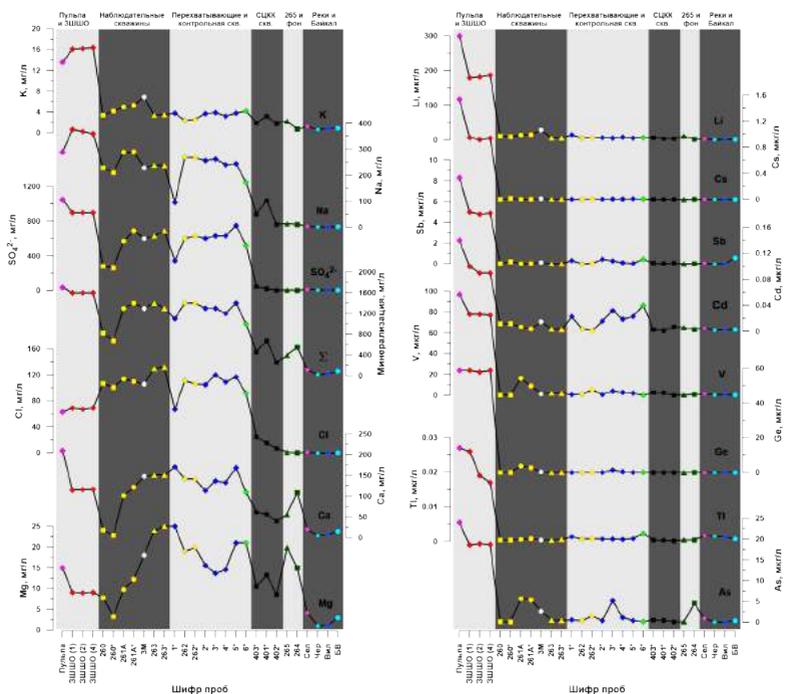


**Рис. 1.** Космоснимок с указанием мест отбора проб воды из скважин на территории ЗШШО (май и октябрь 2016 г.) и СЦКК (октябрь 2016 г.).

Чёрными символами отмечены скважины на территории СЦКК.

Синими символами отмечены перехватывающие скважины, светло-зелёной «кнопкой» – контрольная скважина, жёлтыми – наблюдательные скважины (262 скважина будет использоваться как перехватывающая). Остальные символы – пробы, отобранные в мае 2016 г.: белым – заверочная скважина (май), красным крестом – сброс пульпы, красными символами – вода из резервуара ЗШШО, зелёными «ёлочками» – наблюдательные скважины 264 (фоновая) и 265.

Полупрозрачными заливками выделены зоны обогащения подземных вод элементами: розовая (скв. 261А и 3 М) – *Li, Be, Al, K, As, Y, Nb*, средние и тяжёлые редкоземельные элементы, *W* и *Th*; красная – скв. 261А дополнительно обогащена *Ti, V, Cr, Ge, Ge, Zr, Hf*; сиреневая (скв. 260 в дамбе) – йод; светло-зелёная (скв. 3,4,5 и 3М) – Мо; синяя (скв. 1 и 262) – *Va* и *Fe*; тёмно-зелёная (264 фоновая) – углерод, фосфор; белая (скв. 260 и большинство скважин в северо-восточной части ЗШШО) – индикаторные элементы-загрязнители *B, S, Na, Cl, Br, Re*



**Рис. 2.** Минерализация, концентрации главных и некоторых следовых химических элементов в воде пульпы, резервуара ЗШШО, скважин на территории ЗШШО и СЦКК, р. Селенги (Сел), р. Чернушки (Чер), р. Вилюйки (Вил) и оз. Байкал (БВ). Шифры, помеченные символом \* (звездочка) – пробы, отобранные в октябре 2016 г., остальные – пробы, отобранные в мае 2016 г.

На промплощадке СЦКК в период создания замкнутого водооборота в 1990 г. были устранены протечки в цехах комбината, поэтому в скважинах промплощадки (401, 402, 403) не обнаруживаются повышенные концентрации химических элементов, характерных для технологических процессов.

Кальций и магний отражают относительный вклад фоновых кальций-гидрокарбонатных вод, поступающих в подземные горизонты под ЗШШО со стороны южных предгорий. Эти

потоки, смешиваясь с водой купола загрязнённых вод, переносят хлоридно-сульфатное загрязнение, расширяя площадь влияния ЗШШО на подземные воды.

Элементный состав воды перехватывающих скважин (№ 2–5) свидетельствует о том, что они находятся в краевом продвигающемся фронте загрязнённых вод. Откачка воды из этих скважин может обеспечить сокращение нагрузки на окружающую среду. Новая наблюдательная скважина (№ 6, контрольная) находится в краевой зоне загрязнения и анализ состава её воды в период действия перехватывающих скважин поможет отслеживать эффективность системы предотвращения загрязнения в направлении р. Селенги.

Концентрации следовых химических элементов в пульпе не превышают величин ПДК для воды. Даже столь малые количества *Li, Cs, Sb, Cd, V, Ge, Tl, As* (рис. 2), *Al, Ga, Hg* (на рис. 2 не показаны) сорбируются 4-метровым слоем золы и в наблюдательных скважинах находятся в очень низких концентрациях, сопоставимых с их концентрацией в р. Селенге, её притоках и оз. Байкал.

Такие зольные элементы как бор и стронций в скважинах дают некоторое повышение концентраций. Бром сходен с поведением хлора и является показателем формирования купола загрязнённых подземных вод под ЗШШО. Повышенные концентрации марганца в скважинах отражают снижение окислительно-восстановительных потенциалов среды.

ЗШШО, промплощадка СЦКК, КОС и др. объекты комбината обрамляются реками Вилюйка и Чернушка, впадающими в р. Селенгу. Состав воды этих притоков по направлению от среднего течения к устью не претерпевает изменений по всем элементам, что свидетельствует об отсутствии влияния комбината на речной сток. Содержание большинства макроэлементов (*Na, Mg, S, Cl, K, Ca*) в воде р. Селенга больше, чем во впадающих в неё левых притоков.

По элементному составу вода из скважин частного сектора п. Брянска отличается как от других типов подземных вод (как фоновых, так и загрязнённых), так и между собой (в западной части посёлка выше концентрации *Na, Mg, S, Cl, K,*

Са и ряда микроэлементов, по сравнению с восточной), что указывает на сложный характер их формирования и возможное влияние газовых выбросов ТЭЦ и цехов СЦКК, поскольку посёлок расположен в санитарно-защитной зоне.

**Выводы.** Ландшафтно-геохимические исследования показали наличие купола загрязнённых вод под ЗШШО, распространяющегося в северо-восточном направлении на небольшое расстояние (до 1 км, рис. 1). Загрязнённые подземные воды не доходят до промплощадки СЦКК и п. Брянска, не оказывают влияния на поверхностный сток обрамляющих рек (Вилуйка, Чернушка). Обводнённые грунты находятся на глубине 7–15 м. Пробуренные перехватывающие скважины удачно попадают в зону обводнённых грунтов и могут быть эффективно использованы для откачки загрязнённых стоков и последующего их возвращения в замкнутый водооборот СЦКК. Предложенное решение проблемы протечки ЗШШО и устранения угрозы загрязнения р. Селенги и оз. Байкал с помощью сети перехватывающих скважин оценивается в 32 млн руб. против ранее затребованных 5 млрд 380 млн руб. на строительства нового ЗШШО, которое к тому же никакого решения существующей проблемы не предусматривает.

#### *Список литературы*

1. Марченко М. Н., Модин И. Н. Вертикальное электрическое зондирование: учеб. пособие для студ., обучающихся по направлению «Геология». М.: МГУ, 2013. 28 с.
2. Матвеев Б. К. Интерпретация электромагнитных зондирований. М.: Недра, 1974. 232 с.
3. Чебыкин Е. П., Сороковикова Л. М., Томберг И. В. Современное состояние вод р. Селенги на территории России по главным компонентам и следовым элементам // Химия в интересах устойчивого развития, 2012. Т. 20. № 5. С. 613–631.
4. Якубовский Ю. В., Ренард И. В. Электроразведка. М.: Недра, 1991. 358 с.

## The Effect of Ash-Sludge-Slag Pond of Selenginsk Pulp and Cardboard Plant to the Environment

*E. P. Chebykin, A. V. Minaev, Yu. A. Dambinov,  
O. A. Khakhuraev, A. N. Suturin,  
Limnological Institute RAS SB,  
Ul. Ulaanbaatar, 3, Irkutsk, Russia,  
e-mail: cheb@lin.irk.ru*

The integrated landscape-geochemical studies revealed a zone of polluted underground waters on the territory adjacent to the ASSP of the SPCP. A network of intercepting joles is designed, this will allow to resolve the problem of pollution of underground horizons and to prevent the income of chloride-sulphate waters into the Selenga River

**Key words:** ash-sludge-slag-pond, underground waters pollution, landscape-geochemical studies

## Институциональные проблемы рационального использования ресурсов водоемов-охладителей (на примере озера Кенон)

*А. П. Чечель,  
Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,  
ул. Недорезова, 16а, г. Чита, Россия,  
e-mail: alchechel@mail.ru*

Экологическая ситуация для озера Кенон – водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1, и его водосбора по степени напряженности может характеризоваться как критическая, граничащая с кризисной экологической ситуацией. В этих условиях нормализация экологической обстановки, некоторое восстановление ландшафтных компонентов может наступить только в результате целенаправленных действий человека по прекращению или уменьшению антропогенных нагрузок на природный комплекс.

**Ключевые слова:** озеро Кенон, водоем-охладитель, правило интегрального ресурса, институциональные условия, охрана и рациональное водопользование

Озеро Кенон и преобладающая часть его водосборного бассейна находятся в настоящее время в пределах территории города Чита. Это самый крупный (площадь 16,2 км<sup>2</sup>) пресноводный естественный водоем в забайкальской части Амурского бассейна. В 1953 г. было принято решение разместить в Чите тепловую электростанцию с использованием вод оз. Кенон. В 1965 г. электростанция дала первый ток, а в 1978 г., после строительства 2-ой очереди, достигла проектной мощности (520 МВт). Проектными работами, выполненными Львовским отделением «Теплоэлектропроекта» [1], была обоснована прямоточно-оборотная схема водоснабжения на основе использования стационарных запасов вод озера Кенон, т. е. предусматривалось его использование как водоема-охладителя и источника технического водоснабжения Читинской ГРЭС (с 1982 г. Читинская ТЭЦ-1). Следует отметить, что принятый вариант водохозяйственной схемы Читинской ГРЭС являлся одним из самых эффективных на то время. Например, удельные капиталовложения и приведенные затраты на водоснабжение ТЭС по оборотной системе с градирнями выше в 2,5 и 4,1 раза соответственно, чем на ТЭС с прямоточно-оборотной системой на комплексных водохранилищах и естественных озерах. Себестоимость электроэнергии на ТЭС с градирнями на 5–6 % выше, чем в случае прямоточного водоснабжения [3].

Таким образом, уже 52 года тепловая электростанция и население города извлекает природную ренту на эксплуатации озера Кенон. Читинская ТЭЦ-1 не единственный водо- и землепользователь озера Кенон и его водосбора. Воздействие города на водоемы многообразно и практически все виды влияния сказываются отрицательно, и вредное воздействие усиливается по мере развития промышленности, транспорта, увеличения объемов водопользования [1]. В соответствии с «правилом интегрального ресурса» [5], которое действует в отношении природных объектов комплексного (многоцелевого) использования, каковыми являются водные объекты, природопользователи наносят ущерб друг другу тем сильнее, чем значительно они изменяют совместно используемый

природный компонент или всю систему в целом. При этом каждый отдельный участник стремится сохранить свою среду обитания, а вместе они действуют разрушительно.

Стихийно развивающаяся урбанизация бассейна озера Кенон неизбежно ведет к усилению влияния города и деструкции его экосистемы. По оз. Кенон и его бассейну неоднократно выполнялись оценки экологического состояния и влияния техногенной нагрузки на его экосистему [1]. Одна из последних крупных работ проведена в 2012-13 гг. [4], она включала рекогносцировочное обследование, отбор и анализ проб воды и донных отложений, замеры температуры воды в водоеме, гидрометрические и эколого-геохимические работы и др. Однако совершенно не разработанными оказались вопросы формирования институциональных условий охраны и рационального использования оз. Кенон как в организационном, нормативном, так и финансово-экономическом аспектах, отсутствие которых и не позволяет провести работы по оздоровлению и стабилизации экологического состояния оз. Кенон.

Собственно предложения по охране и рациональному использованию оз. Кенон звучат не первый раз и по своей сути не новы. Достаточно вспомнить, что в 1988 г. Читинским филиалом «Росгипроводхоз» была составлена схема комплексного использования и охраны вод оз. Кенон, в которой были рекомендованы мероприятия по водопользованию и охране этого водоема. Эти мероприятия подтверждались расчетами затрат на их проведение и экономической эффективности [2]. Однако они большей частью не реализованы. Коренная причина этого «бездействия» может заключаться в том, что для нейтрализации необратимых прошлых решений по использованию этого аквально-территориального комплекса (начиная от прокладки железнодорожных путей в прибрежной полосе, размещения Читинской нефтебазы, строительства ГРЭС, городского жилья и т. д.), не существует простых и дешевых вариантов природоохранных мероприятий. При современном уровне урбанизации невозможно полностью устранить отрицательное влияние города на водоемы. Поэтому главной задачей становится оптимизация системы связей город – водоем. Решение этой зада-

чи должно стать постоянной заботой специально созданного казенного учреждения (предприятия), средств федерального водного фонда, бюджетов города Читы и Забайкальского края.

По некоторым оценкам [1] проведение комплекса мероприятий по восстановлению озера Кенон требует капитальных затрат порядка 100 млн руб. (в ценах 2003 г.). Отдельными акциями по очистке берега озера стоимостью в 12–80 тыс. руб., о которых периодически сообщают средства массовой информации проблемы не решить. «Аргументы и факты» (13.07.2006 г.) сообщали, что «на благоустройство и организацию пляжей Кенона администрацией города в 2006 г. выделено 100 тыс. руб. Уборку территории провели в 2006 г. ... школьники». Как сообщала газета «Эффект» за 26.07.2006 г. (со ссылкой на источник из администрации г. Чита), на создание организованного места отдыха на оз. Кенон, требуется 428,1 тыс. руб., в т.ч. 376,7 тыс. руб. капитальных затрат, но в бюджете города таких денег нет (<http://news.rostov.tv>). В то же время «природоохранный бюджет» г. Чита составлял около 12 млн руб. в год (Читинское радио за 28.11.2006 г.), порядка 22,5 млн руб. экологических платежей получил городской бюджет в 2005 г. и которые должны расходоваться на природоохранные мероприятия («Забайкальский рабочий», 17.11.2006 г.). Нет средств на организацию отдыха городских жителей, но есть, значительные средства, предназначенные на охрану городской среды, в т.ч. ее природного компонента. Улучшив экологическое состояние оз. Кенон, можно решить частично и рекреационные проблемы. Здесь проблема, вероятно, в расстановке приоритетов в природоохранной деятельности городских властей. Признают ли они экологическую, а вместе с ней и селитебную (градостроительную) и производственную ситуацию в кенонской части города критической или нет?

Говоря об источниках финансирования мероприятий по охране оз. Кенон, необходимо указать на значительные платежи, поступающие в бюджеты за пользование этим водным объектом в виде платежей за использование озера, платежей за сбросы в него. Сумма платежей за воду ОАО «Читаэнер-

го» составила в 2003 г. до 90 млн руб. в год (ИА «Regnum» от 27.06.2003 г.). Читинская ТЭЦ-1 платит за полный объем забранной воды из природного водного объекта – оз. Кенон и сброшенной в него около 35 млн. руб. в год [1]. С 2005 г. эти платежи полностью уходят в федеральный бюджет. Эти средства получены от эксплуатации озера, они получены (оплачены) из кармана потребителей электроэнергии и тепла Читинской ТЭЦ-1 и их необходимо вернуть на нужды охраны озера и соответственно для благоприятной среды жителей города. Статьей 26 Федерального закона РФ от 3.06.2006 г. № 74-ФЗ «Водный кодекс Российской Федерации» (вступившего в силу с 1.01.2007 г.) предусматривается возможность передачи осуществления отдельных полномочий Российской Федерации в области водных отношений органам власти субъектов Российской Федерации, в том числе на «осуществление мер по охране водных объектов или их частей, находящихся в федеральной собственности и расположенных на территориях субъектов Российской Федерации». Частью 3 этой статьи «Водного кодекса» говорится, что на осуществление передаваемых полномочий предоставляются средства в виде субвенций из федерального бюджета, а частью 6 указывается, что эти средства «носят целевой характер и не могут быть использованы на другие цели». Забайкальскому краю следует испросить у федеральной власти государственные полномочия по охране оз. Кенон с обеспечением средствами на выполнение этих полномочий. Одновременно необходимо на субвенции из федерального бюджета (или из других источников) заказать и разработать в целях охраны оз. Кенон новую схему его комплексного использования и охраны в соответствии со статьей 33 упомянутого «Водного кодекса ...». Упомянутая выше «Схема ...» 1988 г., надо полагать, к настоящему времени устарела в части расчетов технико-экономических показателей затрат на природоохранные мероприятия, их экономической эффективности и механизмов реализации.

Затем на основе схемы (которая частью 5 статьи 33 «Водного кодекса ...» устанавливается, что «схемы комплексного использования и охраны водных объектов являются обязатель-

ными для органов государственной власти, органов местного самоуправления») и в рамках предполагаемых федеральных субвенций необходимо разработать, утвердить и реализовать целевую программу Забайкальского края по рациональному использованию и охране оз. Кенон, что относится в соответствии со статьей 25 «Водного кодекса ...» к полномочиям органов государственной власти субъектов Российской Федерации.

При обсуждении вопросов охраны оз. Кенон можно услышать, что поддержание уровня его вод – это забота ТЭЦ-1. Читинский горисполком 30.06.1986 г. принял решение о передаче оз. Кенон Читинской ТЭЦ-1 в обособленное бессрочное пользование [1]. Действует ли это решение? В начале 2000 годов для ТЭЦ-1 разрабатывались правила эксплуатации оз. Кенон. Включен ли в эти документы вопрос о поддержании уровня озера (в каких параметрах), а так же другие обязанности по озеру и ответственность за их выполнение? Какие обязанности несут другие водопользователи и землепользователи на территории этого аквально-территориального комплекса. Нужна полная инвентаризация (комплексная ревизия) городских, областных и федеральных распорядительно-правовых и нормативных документов. Только определив обязанности и ответственность природопользователей за использование и экологическое состояние этого комплекса, можно управлять качеством водной среды.

Городским и краевым властям необходимо провести переговоры с водопользователями на оз. Кенон и в его бассейне (ТЭЦ-1, «Водоканал-Чита» и др.), а также землепользователями и договориться о совместных срочных (текущих) мерах по стабилизации экологического состояния озера. Со стороны города и края для компенсации дополнительных расходов этих хозяйствующих субъектов могут быть предложены им льготные ставки платы за аренду земли, платы за водопользование, выбросы загрязняющих веществ и др. Такие обращения в 2003 г. уже были со стороны ОАО «Читаэнерго». В частности ими предлагалось: «решить вопрос о возврате части платежей за потребленные водные ресурсы ОАО «Читаэнерго» для осуществления мероприятий, направленных на сохра-

нение и бережное использование водных ресурсов Читинской области...» (цитирование по ИА «Regnum» от 27.06.2003 г.). Следовало бы в условиях рынка договориться о приемлемых условиях переброски в озеро дополнительных объемов воды из реки Ингоды, т. е. заказать эту, а возможно и другие природоохранные услуги у хозяйствующих субъектов, способных их выполнить.

От осознания проблемы охраны оз. Кенон и необходимости привлечения финансовых и материальных средств для ее решения необходимо перейти к перечню (программе) практических действий, которые бы четко ответили на вопросы о том, что, когда, кем и за счет каких ресурсов будет сделано для решения данной проблемы. Пришло время отдавать долги озеру, возвращать ему изъятый у него «природный капитал». В этом большое содействие может оказать и посильно оказывает общественность города. Имеются предложения по развитию водных видов спорта (не моторных), рекреационных, оздоровительных мероприятий для жителей города. Для них важна не только электро- и теплофикационная, но и рекреационно-эстетическая функция оз. Кенон. Поэтому возможно, что решению проблемы охраны оз. Кенон поможет реализация Положения «О порядке самообложения граждан в городском округе «Город Чита», которое было принято 23 ноября 2006 г. решением Думы городского округа «Город Чита». Возможно, следует создать благотворительный фонд озера, который мог бы под контролем общественности аккумулировать частные средства на его охрану. Только решив вопросы создания институциональных условий для охраны и рационального использования оз. Кенон мы получим механизм, который позволит оздоровить и стабилизировать экологическое состояние оз. Кенон.

#### *Список литературы*

1. Аналитическая записка «Анализ результатов исследований по оценке состояния озера Кенон и его водосбора, мероприятия по его охране и рациональному использованию» / А. П. Чечель [и др.]. Чита: Фонды ИПРЭК СО РАН, 2006. 73 с.

2. Возмилов А. М., Соколов А. В. О защите вод озера Кенон // Проблемы природопользования в Забайкалье: тез. докл. к науч. конф. «Проблемы рационального природопользования и охраны окружающей среды в Забайкалье» (17–18 окт. 1989 г.): Зап. Забайкал. фил. Геогр. о-ва СССР, вып. 122. Чита, 1989. С. 26–28.

3. Кошелев А. А., Ташкинова Г. В., Чебаненко Б. Б. Экологические проблемы энергетики. Новосибирск: Наука, 1989. – 322 с.

4. Отчет «О научно-исследовательской работе по теме разработка программы по сохранению экосистемы озера Кенон // АНО «Центр исследований и разработок», 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://минприр.зabaykalskiykray.rf/OOS/ekologicheskaya\\_situaciya/ozero\\_kenon.html](http://минприр.зabaykalskiykray.rf/OOS/ekologicheskaya_situaciya/ozero_kenon.html) (дата обращения: 11.06.2015).

5. Реймерс Н. Ф. Экология (теории, законы, правила принципы и гипотезы). М.: Россия Молодая, 1994. 367 с.

## **Institutional Problems of Rational Use of Resources in the Reservoir-Cooler (the Case of Lake Kenon)**

*A. P. Chechel,*

*Institute of natural resources, ecology and cryology SB RAS,  
Nedorezova, 16a, Chita, Russia,  
e-mail: alchechel@mail.ru*

The Ecological situation of lake Kenon – cooling reservoir of Chita HES-1, and its catchment according to the degree of tension can be characterized as critical, bordering on a crisis ecological situation. In these circumstances, the normalization of the environmental situation, some recovery of landscape components can occur only as a result of deliberate human action to eliminate or reduce the anthropogenic loads on the natural environment.

**Key words:** lake Kenon, reservoir-cooler, the rule integrated resource, institutional environment, protection and rational water use

## **Зоопланктон водоема – охладителя Гусиноозерской ГРЭС в 2014 г.**

***Н. Г. Шевелева,***

*Лимнологический институт СО РАН,  
ул. Улан-Баторская, 3, г. Иркутск, Россия,  
e-mail: shevn@lin.irk.ru*

***С. Ю. Неронова,***

*Государственный научно-производственный центр  
рыбного хозяйства, Байкальский филиал,  
ул. Хахалова, 4б, Улан-Удэ, Россия,  
e-mail: nesveta5@yandex.ru*

Представлены материалы по качественному составу и количественным характеристикам зоопланктона озера после 22 лет работы шести блоков ГРЭС. Показано, что в настоящее время видовой состав и количественные показатели зоопланктона не претерпели существенных изменений по сравнению с первыми годами работы ГРЭС. Отмечаются изменения в структуре зоопланктона, вызванные уменьшением коловраток и увеличением значимости ветвистоусых.

***Ключевые слова:*** Озеро Гусиное, водоем-охладитель, зоопланктон

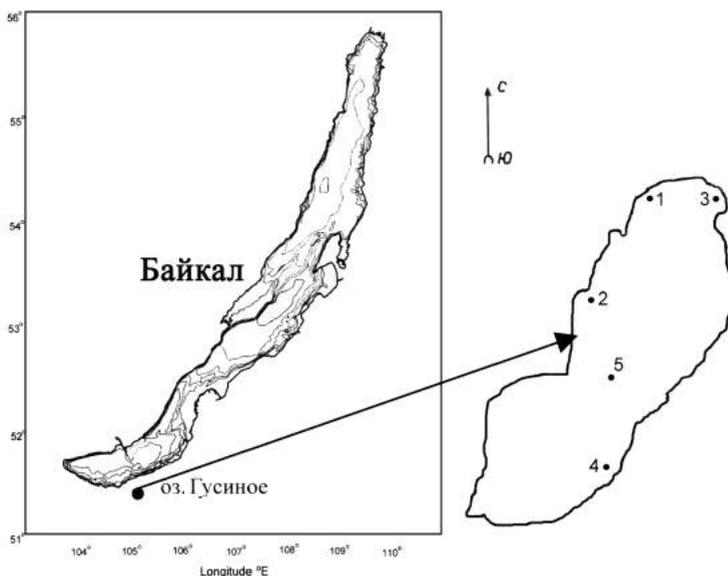
Озеро Гусиное среди водоемов Забайкалья является самым большим по объему водной массы. По интенсивности антропогенной нагрузки на единицу площади оно сравнимо только с оз. Кенон. Озеро расположено на юго-восточном берегу Байкала (рис.), его площадь составляет около 16 000 га. Озеро овальной формы, вытянуто с юго-запада на северо-восток. Длина озера 25 км, наибольшая ширина 8,5 км, максимальная глубина 25 м. Озеро сточное, в него впадают 9 рек и ручьев [7]. Особенностью водоема являются: преобладание профундальной части, слабая изрезанность береговой линии, малая площадь мелководий [6]. С 1976 г. озеро начали эксплуатировать в качестве водоема-охладителя Гусиноозерской ГРЭС, в 1992 г. ГРЭС была введена на полную мощность. Первое рекогносцировочное исследования зоопланктона на озере было начато в 1947 г. [2]. Полный список видового богатства, сезонная динамика структуры, количественных показателей,

биология доминантных видов и роль зоопланктона в питании рыб-планктофагов содержится в работах [3; 4]. Последующие исследования по изучению зоопланктона были продолжены со строительством ГРЭС. Так, исследования, выполненные в 1982 г. были проведены после работы четырех блоков ГРЭС [4]. Изучения зоопланктона, в 1988–1991 гг. охватывают период начала ввода пятого блока [4]. Исследования зоопланктона на озере были возобновлены в 2013 г. спустя 22 лет работы шести блоков ГРЭС [5; 8; 9].

Цель – оценить качественные и количественные показатели зоопланктона озера Гусиное в современный период.

В работе использованы материалы экспедиционных исследований, выполненных в 2014 г. Пробы зоопланктона были собраны в период открытой воды (май, июль, сентябрь) на 5 станциях (рис.), в подледный период (март) только на станциях 2 и 5. Станция 2 – характеризует «отепленную зону»; на станции 3 в озеро поступают бытовые воды с очистных сооружений поселка. Станция 5 характеризует открытую глубоководную часть озера, здесь пробы взяты по горизонтам (0–5 м; 5–10 м; 10–15 м; 15–20 м). Орудием сбора зоопланктона служила сеть Джели с диаметром входного кольца 30 см, с конусом из мельничного газа 100 мкм. В обсуждение включены собственные данные по количественным показателям и структуре зоопланктона за 2013 г.

В период наших исследований (2014 г.) состав зоопланктона насчитывает 55 видов, из них в группе коловраток 26, ветвистоусых – 18 и веслоногих – 11. Наши данные, по сравнению с данными прошлых лет (1988–1991 гг.) расширили список в группе коловраток на 14, ветвистоусых на 5 и веслоногих на 4 вида. Это, как правило, редкие и одиночные виды. Также отмечаем, что в период исследований, как было и ранее [3; 4] в планктоне отмечены *Kellicottia longispina*, *Conochilus unicornis*, *Notholca squamula*, *Notholca labis*. Необходимо отметить, что в настоящее время среди ветвистоусых в планктоне обитает и доминирует *Daphnia galeata*, а не *Daphnia longispina hyalina*.



**Рис. 1.** Карта-схема расположения оз. Гусиное и станций отбора проб зоопланктона  
 1 – Тель; 2 – Бараты; 3 – Загустай; 4 – Угольная;  
 5 – глубоководная центральная станция

На наш взгляд не является грубой ошибкой идентификация *D. galeata* как *D. longispina hyalina*, так как оба вида относятся к группе видов *Daphnia longispina*. Наименьшее разнообразие (12 видов), так же как и количество фауны коловраток и ракообразных во все сроки наблюдений отмечены на станции 4 (Угольная). Это, возможно, связано с тем, что на юго-восточном берегу озера находятся большие скопления отработанного шлака, идет подпитка озера как грунтовыми водами, так и во время осадков происходит смыв с берегов, что негативно сказывается на планктоне. Максимальное обилие видов (30) зоопланктона выявлено на станции 3 (Загустай). Эта станция испытывает антропогенную нагрузку, связанную с поступлением стоков из городских очистных сооружений, здесь также обильно развита высшая водная растительность.

В открытой части (станция 5) озера видовое богатство насчитывает 25 таксонов, даже в подледный период в составе зоопланктона было 16 видов, из них по 3 вида ветвистоусых и веслоногих. На станциях Тель (1) и Бараты (2) число видов составляло 15 и 20 соответственно.

Количественные показатели зоопланктона имели большой размах колебания, как в течение года, так и по акватории озера, что свидетельствует о чрезвычайной неоднородности озера. Наибольшие показания численности и биомассы фауны планктона отмечены для станций 2 и 3 – 41,5 и 30 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 160 и 1400 мг/м<sup>3</sup> соответственно. Минимальные значения были зарегистрированы на станции 4 (18 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 95 мг/м<sup>3</sup>). В сезонном аспекте пик развития зоопланктона фиксирован в июле на станциях 1, 2 и 4. В открытой части озера на станции 5 максимальные количественные значения приходились на сентябрь. Так пик численности 15 тыс. экз./м<sup>3</sup> и биомассы около 600 мг/м<sup>3</sup> отмечен в сентябре. В среднем для озера за период открытой воды (май-сентябрь) численность зоопланктона составила 19,1 тыс. экз./м<sup>3</sup> при биомассе 340 мг/м<sup>3</sup>. В период исследования количественные показатели сообщества зоопланктона определяют ракообразные (табл.), главным образом, ветвистоусые, среди которых лидирует *Daphnia galeata*.

Сравнивая полученные количественные показатели по зоопланктону и относительный вклад таксономических групп с данными за 1988–1991 гг. (табл.) отмечаем, что в 2014 г. общая численность и биомасса по всему озеру сравнима с таковыми данными за 1990–1991 гг. [4]. В период наших исследований 2013–2014 гг. выявлены изменения в перестройке структуры зоопланктона. Так, отмечаем уменьшение абсолютной и относительной доли численности и биомассы коловраток, на фоне увеличивающейся роли ветвистоусых (табл.).

**Количественные показатели таксономической структуры  
зоопланктона озера Гусиное (*N* – численность, тыс. экз./м<sup>3</sup>;  
*B* – биомасса мг/м<sup>3</sup>; % – от численности и биомассы)  
за период открытой воды**

<i>Год</i>	<i>Коловратки</i>				<i>Ветвистоусые</i>				<i>Веслоногие</i>			
	<i>N</i>	%	<i>B</i>	%	<i>N</i>	%	<i>B</i>	%	<i>N</i>	%	<i>B</i>	%
1988*	24,2	52	20	3,9	15,8	34	370	65	6,6	14	170	31
1989*	13,5	29	20	6,3	18,9	41	390	62	13,8	30	230	36
1990*	17,5	50	200	36,9	8,8	25	240	44	8,6	25	110	19
1991*	12,8	53	10	3,6	6,4	27	190	76	4,9	20	50	21
2013	3,8	17	25	5,7	11,9	53	265	56	6,85	30	150	35
2014	2,98	16	7	2	12,9	67	273	80	3,21	17	60	18

*Примечание:* данные 1988\*–1991\* [4].

**Список литературы**

1. Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб., 1996. 189 с.
2. Антипова Н. Л., Васильева Г. Л., Лыскова В. Н. Планктон озера Гусиное и его роль в питании рыб // Известия БГНИИ при ИГУ. Т. XXV. 1971. С. 30–43.
3. Дзюменко З. М., Рюмшина Г. И. Продуктивность зоопланктона и зообентоса оз. Гусиное. Гидробиология и гидропаразитология Прибайкалья и Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1985. С. 18–30.
4. Гительман С. С. Зоопланктон. Экология озера Гусиное. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1994. С. 77–86.
5. Колесник И. А., Шевелева Н. Г. Сезонная динамика зоопланктона (состав, количественные показатели) озера Гусиное // Экологический сборник. № 5: Труды молодых ученых Поволжья. Тольятти, 2015. С. 180–185.
6. Томилов А. А. Главнейшие озерные районы БМАССР. Рыбы и рыбное хозяйство в бассейне озера Байкал. Иркутск: Вост.-Сиб. книж. изд-во, 1958. С. 702–723.
7. Шайбанов Б. Б. Водные ресурсы. Экология озера Гусиное. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1994. С. 22–56.
8. Шевелева Н. Г., Пенькова О. Г., Колесник И. А. Состав зоопланктона озера Гусиное – водоема-охладителя Гусиноозерской ГРЭС //

Актуальные проблемы экологии и сохранения биоразнообразия России и сопредельных стран: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. 28–30 апр. 2014 г. Вып. 10. Владикавказ, 2014. С. 159–163.

9. Шевелева Н. Г., Зайцева Е. П. Зоопланктон озера Гусиное в зоне влияния Гусиноозерской ГРЭС // Вода: химия и экология. 2015. № 5. С. 41–46.

## **Zooplankton of the Reservoir-Cooler at Gusinozerskaya State District Power Station in 2014**

***N. G. Sheveleva,***

*Limnological Institute of SB RAS,  
Ul. Ulaanbaatar, 3, Irkutsk, Russia,  
E-mail: shevn@lin.irk.ru*

***S. Yu. Neronova,***

*State Research and Production Center  
Fish industry, Baikal branch,  
Ul. Khakhalov, 4b, Ulan-Ude, Russia,  
e-mail: nesveta5@yandex.ru*

Qualitative and quantitative characteristics of zooplankton of Lake Gusinoye have been analyzed after 22 years of operation of six blocks of the State District Power Station (SDPS). At present, species composition and quantitative characteristics of zooplankton have not undergone significant changes in comparison with the first years the SDPS operation. The structure of zooplankton has changed: decrease of the number of rotifers and increase of the abundance of Cladocera.

***Key words:*** Lake Gusinoye, reservoir-cooler, zooplankton

## Характеристика ихтиофауны водоемов-охладителей Забайкальского края

*Е.П. Горлачева, А.В. Афонин*

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН*

*ул. Недорезова 16а, г. Чита, Россия*

*e-mail: [gorl\\_ibt@mail.ru](mailto:gorl_ibt@mail.ru)*

Рассмотрено видовое разнообразие рыб водоемов-охладителей – оз. Кенон и Харанорского водохранилища. Показана тенденция изменений ихтиофауны, произошедшая за период эксплуатации водоемов. Показано, что наибольшие изменения в рыбном сообществе произошли в ходе интродукции окуня в оз. Кенон, а также значительного понижения уровня Харанорского водохранилища и поступления дополнительного тепла.

**Ключевые слова:** видовое разнообразие, ихтиофауна, фаунистические комплексы, оз. Кенон, водоем-охладитель Харанорской ГРЭС.

Изучение видового разнообразия рыб, а также его изменения в водоемах-охладителях приобретает большое значение. Это, в первую очередь, связано с изменением условий обитания рыб, а во-вторых, с проведением различного рода мелиоративных и акклиматизационных работ. На территории Забайкальского края находится два водоема-охладителя – это оз. Кенон и Харанорское водохранилище.

Начало ихтиологических исследований на водоемах-охладителях края было начато с вводом в эксплуатацию в 1965 г. Читинской ГРЭС и строительством в 1995 г. Харанорской ГРЭС. Источником водоснабжения Читинской ГРЭС (ТЭЦ-1) является бессточное естественное оз. Кенон, относящееся к озерам Читино-Ингодинской впадины. Его площадь составляет 16,2 км<sup>2</sup>, объем – 77 млн. м<sup>3</sup>, наибольшая длина – 5,6 км, ширина – 4,2 км, средняя глубина – 4,8 м, наибольшая – 6,7 м. Озеро имеет полуэллипсоидальную форму (рис. 1А). Водоем-охладитель Харанорской ГРЭС был образован в результате заполнения водами р. Онон старого русла р. Турга, в месте слияния с р. Онон, и пойменных озер Зеленое, Благодатное и Улан-Худа. Наливное водохранилище имеет площадь 4,1 км<sup>2</sup>, объем – 15,6 млн. м<sup>3</sup>, среднюю глубину – 3,8 м. (рис. 1Б). В состав системы водоснабжения входят сооружения: подводный канал, береговая насосная станция, дренажный канал, водозаборный канал.

Целью настоящей работы является анализ современного состояния ихтиофауны водоемов-охладителей Забайкальского края, а также выявление изменений, произошедших в составе ихтиофауны за период от начала ввода в действие объектов энергетика и до настоящего времени. Показать роль окуня в перестройке ихтиоценоза оз. Кенон.

Сбор ихтиологического материала на оз. Кенон проводился в 2012-2016 гг. На водоеме-охладителе Харанорской ГРЭС – в 1995-2015

гг. Также были использованы ранее полученные материалы. Отлов ихтиологического материала осуществлялся при помощи стандартного порядка сетей. При обработке полученных материалов применялись стандартные методы исследований [10]. Обработка материалов по питанию рыб проведена общепринятыми методами [9].



**Рис. 1.** Карта-схема оз. Кенон (А) и водоема-охладителя Харанорской ГРЭС (Б).

На структурно-функциональную организацию и разнообразие рыбных сообществ в водоемах-охладителях значительное влияние оказывает динамика уровня режима, дополнительный сброс тепла и удлинение вегетационного периода. По мере срока увеличения использования оз. Кенон и Харанорского водохранилища в качестве водоемов-охладителей все большее значение стал приобретать антропогенный фактор. По результатам наших исследований в составе оз. Кенон было отмечено 12 видов рыб, в Харанорском водохранилище – 20. Это без учета растительноядных видов рыб и рыб, интродукция которых не дала положительных результатов. Особенностью водоемов-охладителей является то, что в них существуют как аборигенные виды, так и интродуцированные. Видовой состав представлен в таблице.

Таблица

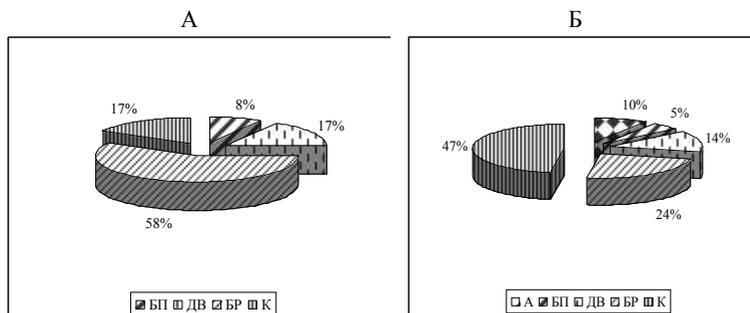
**Видовой состав рыб водоемов-охладителей**

Виды рыб	оз. Кенон	Харанорское водохранилище
Семейство Сиговые – Coregonidae Сиг-хадары – <i>Coregonus chadary</i> Dybowski	-	+
Семейство Щуковые – Esocidae Амурская щука – <i>Esox reichertii</i> Dybowski	+	-
Семейство Карповые – Cyprinidae Амурский чебак - <i>Leuciscus waleckii</i> (Dybowski)	+	+
Озерный голян – <i>Phoxinus perenurus</i> (Pallas)	+	+

Гольян Чекановского – <i>Phoxinus czekanowskii</i> Dybowski	+	-
Гольян Лаговского – <i>Phoxinus lagowskii</i> Dybowski	+	+
Амурский плоскоголовый или красноперый жерех – <i>Pseudaspius leptcephalus</i> (Pallas)	-	+
Амурский чебачек – <i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck et Schlegel)	-	+
Сибирский пескарь – <i>Gobio gobio cynocephalus</i> Dybowski	-	+
Маньчжурский пескарь, чебаковидный пескарь – <i>Gnathopogon strigatus</i> (Regan)	+	+
Пескарь-губач Черского – <i>Sarcocheilichthys czerskii</i> (Berg)	-	+
Пескарь-лень – <i>Sarcocheilichthys sinensis</i> Bleeker	-	+
Владиславия – <i>Ladislavia taczanowskii</i> Dybowski Taranetz	-	+
Восьмиусый пескарь – <i>Gobiobotia rappenheimeri</i> Kreuyenberg	-	+
Конь-губарь – <i>Hemibarbus labeo</i> (Pallas)		+
Амурский подуст-чернобрюшка – <i>Xenocypris argentea</i> (Basilewsky)	-	+
Трегубка – <i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> Berg	-	+
Обыкновенный амурский горчак – <i>Rhodeus sericeus sericeus</i> (Pallas)	+	+
Серебряный карась – <i>Carassius auratus gibelio</i> (Bloch)	+	+
Сазан – <i>Cyprinus carpio haematopterus</i> Temminck et Schlegel	+	+
Семейство Вьюновые – Cobitidae Амурский вьюн – <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (Cantor)	+	-
Сибирская шиповка – <i>Cobitis melanoleuca</i> Nichols	+	-
Семейство Сомовые – Siluridae Амурский сом – <i>Parasilurus asotus</i> (Linne)	+	+
Сем. Косатковые – Bagridae Косатка-скрипун – <i>Pelteobagrus fulvidraco</i> (Richardson)	-	+

Семейство Налимовые – Lotidae Налим – <i>Lota lota</i> (Linne)	-	+
Семейство Окуневые – Percidae Окунь речной – <i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus	+	-

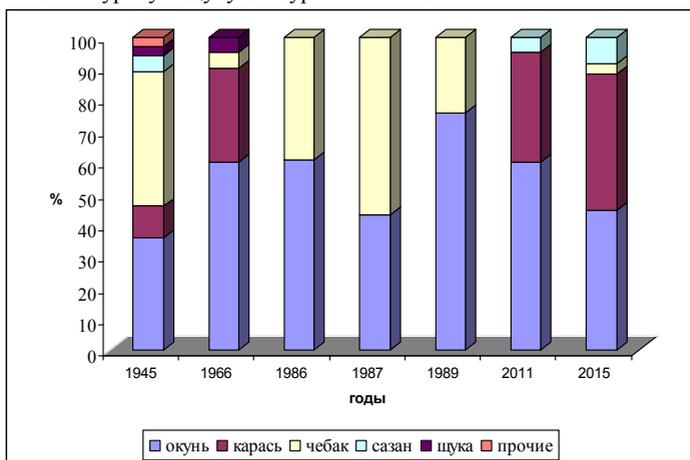
Несмотря на то, что оба водоема-охладителя относятся к Верхнеамурскому бассейну, они значительно отличаются по составу фаунистических комплексов. В оз. Кенон доминируют представители бореально-равнинного комплекса, а в Харанорском водохранилище – представители китайского фаунистического комплекса (рис. 2). На первом этапе становления водохранилища, в нем присутствовали представители арктического комплекса. Соотношение древнего верхнетретичного комплекса примерно одинаково. В целом, ихтиофауна водоемов-охладителей носит смешанный характер, который определяется климатическими условиями и географическим положением.



**Рис. 2.** Соотношение представителей фаунистических комплексов. А – оз. Кенон, Б – Харанорское водохранилище; А – арктический пресноводный, БП – бореально предгорный, ДВ – древний верхнетретичный, БР – бореально равнинный, К – китайский фаунистические комплексы.

Однако состав ихтиофауны в водоемах-охладителях на протяжении периода исследований изменялся неоднократно. Значительные перестройки рыбного сообщества оз. Кенон связаны с вселением окуня, который появился здесь в 1919 г. После вселения окуня из состава ихтиофауны исчезли 3 вида голянов и до настоящего времени их численность не восстановлена. Пересадка окуня из оз. Иван (бассейн оз. Байкал) в оз. Кенон (бассейн Амура) явилась первым межбассейновым переносом рыб и началом акклиматизационных работ на территории Забайкальского края. В последующие годы в оз. Кенон вселялись сазан, карась. Видовое разнообразие рыб изменялось как в сторону увеличения числа видов, так и их уменьшения [7]. С увеличением численности окуня происходила перестройка структуры

ихтиоценоза. За многолетний период ихтиоценоз из чебаково-окуневого сменился на окунево-карасевый тип (рис. 3). Вселенец постепенно вытеснил амурскую щуку и амурского чебака.



**Рис. 3.** Структура ихтиоценоза оз. Кенон в разные годы.

На начальном этапе формирования ихтиофауны Харанорского водохранилища разнообразие рыб достигала 20 (табл.). Среди доминирующих видов были амурский плоскоголовый жерех, конь-губарь. Однако в период минимального уровня воды численность данных видов резко упала (рис. 4).



**Рис. 4.** Динамика среднегодовых значений уровня воды водоема-охладителя Харанорской ГРЭС [2].

В Харанорском водохранилище на первом этапе формирования сложился карасево-чебаково-жереховый ихтиоценоз, многочисленным был также конь-губарь. В настоящее время одним из основных структурных элементов рыбного населения стала трегубка, которая впервые была зарегистрирована в 1997 г. [3]. Постепенно ихтиоценоз стал характеризоваться как чебаково-трегубово-карасевый. Однако с уменьшением численности карася серебряного превратился в трегубово-чебаковый (рис. 5).

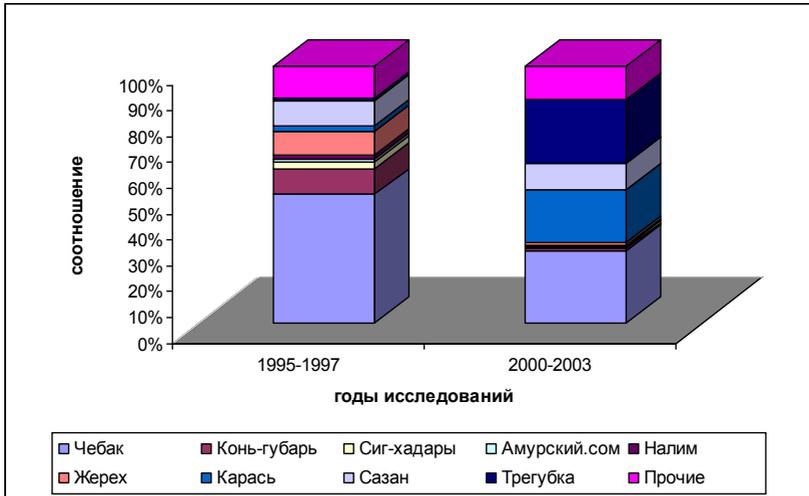


Рис. 5. Состав ихтиоценоза Харанорского водохранилища в разные годы.

Использование оз. Кенон и Харанорского водохранилища как водоемов-охладителей приводит к дополнительному поступлению тепла, которое составляет для оз. Кенон 36 млн. Гкал/год, а для Харанорского водохранилища – более 4 млн. Гкал/год. Изменение термического режима водоемов привело к тому, что из состава ихтиофауны водохранилища выпали представители арктического комплекса (сиг-хадары и налим). Произошло увеличение темпов роста амурского чебака, амурского плоскоголового жереха. Изменились сроки нереста рыб. В озере произошла смена трофической структуры ихтиоценоза [11].

Дополнительное поступление тепла привело к развитию высшей водной растительности и повышению численности фитопланктона, что вызвало необходимость использования растительноядных рыб, в качестве биологического мелиоратора. Интродукция растительноядных рыб в оз. Кенон проводилась в начале 70-х годов прошлого столетия, а в водоем-охладитель Харанорской ГРЭС – с 2000 г. и продолжают до настоящего времени [2, 8]. Исследования последних лет показали, что в

оз. Кенон изредка встречаются растительноядные виды рыб, представленные особями предельных возрастных групп. Это связано с прекращением акклиматизационных работ. В Харанорском водохранилище возраст растительноядных рыб достигает 11-13 лет. Все это указывает на благоприятные условия нагула толстолобика и амура. Однако для поддержания их численности необходимо проведение ежегодного запуска молоди.

В оз. Кенон и Харанорском водохранилище были предприняты попытки по подращиванию сиговых видов рыб байкальского омуля и пеляди, которые, однако, не дали положительных результатов из-за плохого качества воды и высоких температур [1].

В 1998 г. на Харанорском водохранилище проводились работы по выращиванию карпа в садках, который затем был выпущен в водохранилище. Однако большой численности он не достиг. В тоже время, в водохранилище отмечены гибридные формы между карпом и сазаном, рост которых ниже, чем исходных форм [4].

В последние годы многие рыбоводные мероприятия проводятся без соблюдения необходимых биологических обоснований, что привело к появлению маньчжурского пескаря в оз. Кенон и ротана в прудах, расположенных в акватории озера [5, 6].

Таким образом, на формирование ихтиофауны в водоемах-охладителях Забайкальского края, сильное влияние оказывает ряд факторов. Это дополнительное поступление тепла, сработка уровня до минимальных величин, работы по интродукции и акклиматизации рыб. Несмотря на то, что видовой состав рыб остается относительно стабильным, рыбное сообщество водоемов-охладителей испытывает значительную перестройку, вплоть до вытеснения отдельных аборигенных видов. Полученные материалы могут быть использованы для проведения мониторинга на водоемах-охладителях.

### Список литературы

1. Базарова Б.Б., Горлачева Е.П. Матафонов П.В. Виды-вселенцы озера Кенон (Забайкальский край) // Российский журнал биологических инвазий. 2012. Т.5, №3. С. 20-27.
2. Водоем-охладитель Харанорской ГРЭС и его жизнь / М.Ц. Итигилова [и др.]; отв. ред. В.В. Кириллов. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2005. 192 с.
3. Горлачева Е.П., Афонин А.В., Михеев И.Е. О нахождении амурской трегубки *Opsariichthys unieirostris amurensis* Berg в реке Онон // Вопросы ихтиологии. 1999.Т.39, №2. С. 261.
4. Горлачева Е.П., Афонин А.В. Особенности роста естественных гибридов плотвы *Rutilus Rutilus* (Linnaeus, 1758) и леща *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) карпа и амурского сазана *Cyprinus carpio hamaepteris* Temminch et Schlegel, 1848 в водоемах Забайкальского края // Рыбоводство и рыбное хозяйство/ 2009. №6. С. 4-9.

5. Горлачева Е.П., Афонин А.В. О нахождении маньчжурского пескаря *Gnathopogon mantschuricus* (Cypriniformes; Cyprinidae) в бассейне озера Кенон // Вопросы ихтиологии. 2012. Т.52, №5. С.604-606.
6. Горлачева Е.П., Горлачев В.П. Первая находка ротана *Percottus glenii* Dybowski, 1817 (Perciformis: Odontobutidae) в прудах золошлакоотвала Читинской ТЭЦ-1 // Успехи современного естествознания. 2015. №2. С.132-136.
7. Горлачева Е.П., Афонин А.В. Мониторинг состояния озера Кенон (на примере рыбного сообщества) // Тез. докладов Всерос. научн. конф. «Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Основные результаты и пути развития. М.: ФГБУ ИГКЭ Росгидромет и РАК. 2017. С. 417-418.
8. Гурова Л.А., Гуров В.П., Зубарева Э.Л., Пронин Н.М. Первый опыт выращивания молоди растительноядных рыб в прудах Читинской ГРЭС // Зап. Забайкал. фил. ГО СССР. 1972. Вып. 62. С. 58-73.
9. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М., 1974. 252 с.
10. Правдин Н.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-ть, 1966. 378 с.
11. Gorlacheva E. P. Ichthyocenoses caratterizzazione trofici alcuni laghi Chitines-Ingodinsky depression // Italian Science Review. 2015. № 8. pp. 40-49.

*Работа выполнена в рамках проекта ФНИ IX. 137.1.1.*

### **Characteristic of ichthyofauna in reservoirs-coolers of Zabaykalsky krai**

*E.P. Gorlacheva, A.V. Afonin*

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS*

*Chita, Russia*

*e-mail: gorl\_ iht@mail.ru*

The species diversity of fish in Kenon Lake and Kharanor SDPP cooling pond as reservoirs-coolers is considered. The tendency of changes in ichthyofauna, which occurred during the period of operation of reservoirs, is shown. It is shown that the greatest changes in the fish community occurred during the introduction of perch in the Kenon Lake, and a significant level decrease and the arrival of additional heat in the Kharanor SDPP cooling pond/

**Keywords:** species diversity, fish fauna, the faunistic complexes, Kenon Lake, the reservoir-cooler of Kharanorskaya GRES.

## **Гидрохимия пруда-отстойника золоотвала читинской ТЭЦ-1 и подземных вод в зоне его влияния**

*Л.В. Замана, Л.И. Усманова, М.Т. Усманов*  
*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, 672014*  
*Чита, ул. Недорезова, 16а, Россия*  
*e-mail: l.v.zamana@mail.ru*

Приведена характеристика химического состава вод золоотвала и подземных вод. В результате фильтрационных утечек из него образовался участок обогащенных сульфатами подземных вод, разгрузка которых сказалась на гидрохимических характеристиках руч. Кадалинка и оз. Кенон.

**Ключевые слова:** золоотвал, химический состав вод, сульфат, гидрокарбонат.

### **Введение**

Загрязнение природных вод на участках размещения золоотвалов – общая проблема угольных ГРЭС и ТЭЦ [2, 3]. В этом отношении Читинская ТЭЦ-1 не составляет исключения. Цель данного сообщения – по результатам выполненных авторами работ показать изменение химических характеристик подземных вод в зоне влияния ее гидрозолоотвала.

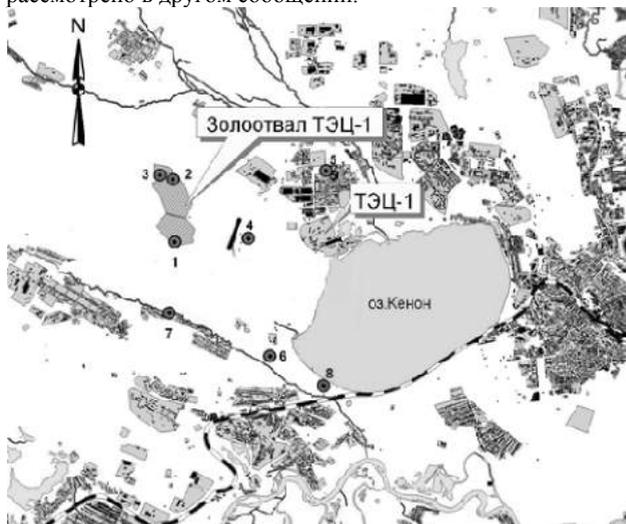
### **Объекты исследований**

Согласно названию данного сообщения, объектами исследований кроме самого золоотвала были пункты подземных вод в районе его размещения, изучался также химический состав вод ручья Кадалинка, попадающего в зону влияния золоотвала.

Гидрозолоотвал (ГЗО) Читинской ТЭЦ-1 находится в 3 км к северо-западу от ее площадки и оз. Кенон (рис.) и представляет собой огражденный дамбами накопитель в понижении рельефа Читино-Ингодинской межгорной впадины. Площадь его около 115 га, эксплуатируется он с 1973 г. после выхода из строя прежнего золоотвала, размещенного в оз. Мал. Кенон. К настоящему времени ГЗО практически заполнен, в стадии строительства вторая его очередь на участке, примыкающем к существующим секциям с запада.

Заполнение действующего гидрозолоотвала осуществлено без изоляции подстилающих пород противofильтрационным экраном, что привело к значительным фильтрационным потерям воды (около 550 м<sup>3</sup>/час) и, как следствие, к подтоплению площадки ТЭЦ и взлетной полосы аэропорта уже в первые годы его эксплуатации. Геологический разрез ложа золоотвала представлен маломощным (до 2 м) слоем четвертичного супесчано-песчаного с дресвой делювия, перекрывающего переслаивающиеся нижнемеловые песчаники, алевролиты и аргиллиты с криогенной корой выветривания мощностью до 30-40 м [по 5]. Уровень подземных вод вблизи золоотвала находится

на глубинах 4,5-7,5 м. По данным А.Я. Коростелевой и др. (1978 г.), проводивших гидрогеологические работы по выяснению причин подтопления, заключенный в осадочных породах мезозоя водоносный комплекс обладает высокими коэффициентами пьезопроводности (до  $3,9 \cdot 10^6$  м<sup>2</sup>/сут.), что обусловило быстрый подъем уровня подземных вод и их разгрузку в местах подтопления. Наряду с этим гидродинамическим воздействием заметно проявлено влияние ГЗО на геохимические характеристики подземных и поверхностных вод прилегающей территории, в том числе и оз. Кенон. По последнему влиянию ТЭЦ рассмотрено в другом сообщении.



**Рис.** Местоположение гидрозолоотвала Читинской ТЭЦ-1 и пунктов отбора водных проб в 2008 г.: 1 – пруд-отстойник ГЗО; 2 – секция сброса пульпы; 3 – труба, дренирующая секцию приема пульпы; 4 – родниковая разгрузка; 5 – скважина в пос. Черемушки; 6 – скважина в долине руч. Кадалинка; 7, 8 – руч. Кадалинка.

### **Результаты геохимических исследований и их обсуждение**

Химико-аналитические определения макро- и микрокомпонентного состава вод выполнены в сертифицированной лаборатории ИПРЭК СО РАН стандартизированными методами. Применялись титриметрический ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ), турбидиметрический ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), потенциметрический (pH, Cl, F), фотометрический (Si, P, перманганатная окисляемость), атомно-абсорбционный (основные катионы, стронций, другие металлы) и другие методы анализа. Насыщение вод по возможному вторичным минеральным фазам определялось термодинамическими расчетами по программе HydroGeo [1].

Химический состав воды отстойника ГЗО по результатам выполненных нами с 1991 г. нескольких разовых опробований до 2008 г. был сульфатным магниево-кальциевым, содержание сульфат-иона не превышало 600 мг/дм<sup>3</sup>. Основным источником высоких его концентраций служит сульфидная сера (в виде пирита, марказита), содержащаяся в сжигаемом угле и минеральных золообразующих компонентах. Некоторый вклад вносит также серная кислота, используемая ТЭЦ при чистке котлов от накипи. В 2008 г. отмечен рост концентраций хлора и натрия в воде отстойника, вызванный, очевидно, поступлением их в золоотвал вследствие применения в тех же процессах хлорида натрия. Анионный состав воды отстойника в результате стал хлоридно-сульфатным, а катионный – натриево-магниево-кальциевым. Минерализация воды, по данным за 2002-2015 годы, в летний период изменялась от 0,77 до 1,14 г/дм<sup>3</sup>. Эти колебания обусловлены динамикой состава используемой для золоудаления воды, различным составом сбрасываемых в ГЗО технологических вод ТЭЦ и др. По величине рН воды отстойника щелочные (рН до 9.4). Еще одна характерная их особенность – высокие концентрации фтора. Данные по химическому составу вод отстойника и подземных вод в зоне его влияния по трем срокам опробования представлены в таблице.

По содержанию гидрокарбонатного иона в воде отстойника резко выделяется проба в последний срок опробования. Трудно найти достаточно аргументированное объяснение такому его снижению. При расхождении по анионам и катионам, не выходящем за пределы допустимого, наличие химико-аналитической ошибки в определении растворенных карбонатных компонентов исключается. Напрашивается вывод об удалении  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$  из воды вследствие образования вторичных карбонатов (доломита, кальцита), по которым, как показали расчеты, вода пересыщена. Но насыщение по карбонатным минералам, к тому же более высокое, достигается и по другим водным пробам, в том числе и подземных вод, при этом концентрации гидрокарбоната в них почти на порядок выше. В частности, равновесные массы доломита  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  по пробам отстойника за 2002 и 2015 г. равны 32 и 5.3 мг (в расчете на 1 л) соответственно при незначимой (менее 0.01 мг) массе кальцита  $\text{CaCO}_3$  в обоих случаях. Одна из возможных причин – усилившееся выпадение карбонатов, если имело место образование высококальциевой золы при изменении состав сжигаемых углей. Известно, что в случае такой золы растут масштабы образования карбонатов, и, как следствие, существенно изменяются фильтрационные свойства подстилающих золоотвалы пород. Так, отмечено уменьшение фильтрационных потерь с 14.5 до менее 1.0 тыс. м<sup>3</sup>/сут. по Березовской ГРЭС (КАТЭК), при этом коэффициент фильтрации подстилающих пород на 1998 г. оценивался в 0.04 м/сут. при 5-10 м/сут. на конец 1950-х годов до ввода ГЗО в эксплуатацию [4]. Подобного по золоотвалу Читинской ТЭЦ-1 пока не отмечалось.

Таблица

**Физико-химические показатели вод пруда-отстойника  
гидрозоловала Читинской ТЭЦ-1 и подземных вод в зоне его  
инфильтрационного влияния (в мг/дм<sup>3</sup>, кроме рН)**

Компонент	Пруд-отстойник			Родниковая разгрузка			Скважина		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
рН	9.38	9.33	8.95	8.27	6.64	6.84	7.58	7.29	7.26
CO <sub>2</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	37.0	67.3	12.0	11.1	14.3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	126.8	104.7	18.9	433.1	303.1	554.1	263.5	281.1	226.3
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	10.8	9.0	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	600.0	453.0	592.9	504.0	378.0	409.2	576.0	415.0	455.7
Cl <sup>-</sup>	70.8	102.4	122.6	39.8	52.5	66.5	50.2	67.6	66.5
F <sup>-</sup>	16.9	15.8	8.68	0.91	0.46	0.50	1.12	2.08	2.23
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.71	6.2	2.66	0.68	2.97	0.88	<0.62	1.96	0.44
Ca <sup>2+</sup>	195.0	101.6	212.9	136.3	141.1	177.4	156.5	166.8	150.8
Mg <sup>2+</sup>	48.5	56.2	25.8	112.0	63.2	102.9	86.4	48.4	63.7
Na <sup>+</sup>	62.3	90.8	85.2	50.4	44.3	46.2	55.4	63.8	52.8
K <sup>+</sup>	11.1	4.5	2.9	9.2	2.9	2.0	6.8	2.7	1.9
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	-	0.21	-	-	0.45	-	-	1.11
Сумма ионов	1144	949	1086	1286	986	1360	1196	1050	1021
P	0.205	0.145	0.058	0.099	0.083	0.072	0.14	0.095	0.065
Si	6.5	12.2	15.8	11.5	11.1	12.3	11.4	10.9	11.5
Sr	2.00	1.30	14.9	1.00	1.29	5.99	0.60	1.21	2.84
ПО, мгО <sub>2</sub> /л	3.67	2.00	1.02	3.01	1.60	1.27	3.60	4.20	1.10

Примечание. Даты отбора проб: 1 – 10.09.2002 г.; 2 – 02.06.2008 г.; 3 – 27.07.2015 г. ПО – перманганатная окисляемость. Прочерк – нет определений.

Геохимических барьеров, ограничивающих накопление в водах ГЗО сульфата, практически не существует, насыщение по гипсу CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O не достигается. При высоком содержании в воде стронция возможно незначительное образование целестина SrSO<sub>4</sub>, заметно не влияющее на концентрацию в воде сульфата. По пробе отстойника за 2015 г. равновесное количество целестина по расчету равно 3.6 мг/дм<sup>3</sup>.

Иначе происходит со фтором. Ранее нами было показано, что уже при фильтрации через золошлаковые осадки фтор в основном удаляется из водной среды. При содержании в воде секции сброса пульпы (точка 2 на рис.) 6.9-16.9 мг/дм<sup>3</sup> в стоке из дренажной трубы (т. 3) оно уменьшалось до 0.48-1.99 мг/дм<sup>3</sup> [2]. Удаление из фильтрующихся вод фтора обусловлено выпадением его в результате образованием флюорита, по которому воды пульпы и отстойника пересыщены. По расчетам, из вод отстойника может высаживаться до 32 мг/дм<sup>3</sup> CaF<sub>2</sub>.

Фильтрация воды из гидрозоловала наиболее значимо проявилась в подземных водах в росте содержания сульфат-иона, как это видно по родниковой разгрузке и самоизливающей скважине в долине руч. Кадалинка (точки 4 и 6 на рис.). В пробах последнего по времени опробования концентрации SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> по ним были 409 и 456 мг/л соответственно (таблица). Ранее в этих точках фиксировалось до 635 и 580 мг/л сульфатов. В подземных водах в районе золоотвала ТЭЦ вне 328

зоны его влияния концентрации сульфат-иона изменялись от 22.8 до 66.0 мг/дм<sup>3</sup> (скважины в пос. Черемушки (точка 5 на рис.), вблизи пос. Кутузовка, в с. Застепь), анионный состав вод гидрокарбонатный. Снижение содержания SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> в подземных водах в сравнении с золоотвалом связано со смешением фильтрационных утечек с водами водоносного горизонта, тогда как содержание гидрокарбоната при этом, напротив, более высокое, поскольку за пределами зоны влияния ГЗО оно кратно выше. Так, в пробе по скважине в пос. Черемушки концентрация HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> была 664.7 мг/л [2]. В свете изложенного выше по фтору, высокое содержание его в воде скважины связано, по-видимому, с локальным обогащением им водовмещающих пород на примыкающей площади.

В результате разгрузки подземных вод содержание SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> в воде руч. Кадалинка на приустьевом участке (т. 8 на рис.) достигало 528 мг/дм<sup>3</sup> [5], в августе 2014 г. даже 534 мг/дм<sup>3</sup> [6]. Выше зоны разгрузки сульфата более 51 мг/дм<sup>3</sup> не отмечалось. Сток ручья, таким образом, является одним из путей поступления сульфатов в оз. Кенон.

#### **Заключение**

В результате фильтрации из золоотвала Читинской ТЭЦ-1 сформировался ореол гидрокарбонатно-сульфатных вод с минерализацией более 1,0 г/л протяженностью свыше 3 км вплоть до оз. Кенон, некондиционных в питьевом отношении, кроме общей минерализации, по содержанию сульфатов, магния и кремния. В результате смешения фильтрационных утечек с подземными водами водоносного горизонта содержания сульфат-иона по сравнению с золоотвалом уменьшаются, а гидрокарбоната растут, но доминирующим анионом в зоне загрязнения остается сульфат, при том в концентрациях, превышающих допустимый для питьевых вод уровень.

#### **Список литературы**

1. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Известия Томского политехнического университета. 2002. Т. 305. Вып. 6. С. 348-365.
2. Замана Л.В., Усманова Л.И., Усманов М.Т. Гидрохимия отстойника золоотвала Читинской ТЭЦ-1 и подземных вод в зоне его инфильтрационного влияния // Вестник Бурятского государственного университета. 2010. Вып. 3: Химия, физика. С. 28-33.
3. Павлов С.Х., Оргильянов А.И., Бадминов П.С., Крюкова И.Г. Фильтрационные утечки из золошлакоотвала и их взаимодействие с геологической средой // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2014. Т. 7. С. 100-115.
4. Угольная база России. Том III. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири Красноярский край, Канско-Ачинский бассейн; Республика Хакасия, Минусинский бассейн; Республика Тыва, Улугхемский бассейн и др. месторождения; Иркутская область, Иркутский бассейн и угольные месторождения Предбайкалья). – М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. – 488 с.

5. Усманова Л.И., Усманов М.Т. Влияние золоотвалов Читинских ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 на природные воды прилегающих территорий // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. № 2. Вып. 16. С. 167-178.
6. Цыбекмитова Г.Ц. Качество фильтрационных вод золошлакоотвала ТЭЦ-1 и возможные пути их поступления в оз. Кенон (Забайкальский край) // Вода: химия и экология. 2016. № 2. С. 11-17.

### **Hydrochemistry of pond of ash dump Chitinsk HPS-1 and underground waters in the zone of its influence**

*L.V. Zamana, L.I. Usmanova, M.T. Usmanov*  
*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of SB RAS,*  
*672014 Nedorezova st., 16a, Chita, Russia*  
*e-mail: l.v.zamana@mail.ru*

The characteristics of the chemical composition of the waters of the ash dump and groundwaters are given. As a result of filtration leaks, a section of sulfate-enriched groundwaters was formed from it, the unloading of which affected the hydrochemical characteristics of the stream Kadalinka and the lake Kenon.

**Key words:** ash dump, chemical composition of waters, sulfate, bicarbonate.

### **Гидробиологические исследования оз. Кенон (1965-2017 гг.)**

*М.Ц. Итигилова*  
*ФГБУН Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН*  
*Россия, Забайкальский край, г. Чита, ул. Недорезова 16а, E-mail:*  
*[imts49@mail.ru](mailto:imts49@mail.ru)*

Озеро Кенон более 50-ти лет является водоемом-охладителем Читинской ТЭЦ-1. Проведен анализ многолетних материалов по динамике показателей сообществ гидробионтов озера. Выявлена зависимость количественных параметров водной биоты от климатического цикла и от антропогенного загрязнения.

**Ключевые слова:** озеро Кенон, динамика уровня, сообщества гидробионтов

### **Введение**

Озеро Кенон относится к бассейну Верхнего Амура, его водосборный бассейн расположен в междуречье р. Ингода и ее левого притока р. Чита. По мнению известного лимнолога Б.А. Шишкина оз. Кенон образовался в результате поэтапного вытаивания гигантского

гидролокаллит<sup>1</sup>. Основу водного питания озера составляют осадки, поверхностный сток с водосборного бассейна по речкам Кадала и Ивановка. Гидрографические характеристики оз. Кенон: площадь – 16 км<sup>2</sup>, средняя глубина 4,4 м наибольшая – 6,8 м, длина – 5.7 км, ширина средняя – 2,8 км. Приведенные выше характеристики озера весьма изменчивы вследствие колебаний его уровня. Амплитуда колебаний среднегодового уровня составляет 2 м. Многолетний ход динамики уровня имеет циклический характер<sup>2</sup>.

В 1965 г. на берегу Кенона построена Читинская ГРЭС (позднее ТЭЦ-1) – первенец большой энергетики Забайкалья. Вот уже более пятидесяти лет озеро включено в технологическую цепь производства тепла и электроэнергии. С 1967 г. уровень озера поддерживается за счет подкачки воды из р. Ингода. В настоящее время изменился состав вод озера с гидрокарбонатно-натриевого с минерализацией до 420 мг/дм<sup>3</sup> на хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатным натриево-кальциево-магниевым составом с минерализацией 580-610 мг/дм<sup>3</sup><sup>3</sup>. За период многолетних исследований (1965-2017 гг.) наблюдается динамика видового разнообразия, численности, биомассы сообществ растительных и животных организмов. На экосистему озера влияют как природные (климатические), так и антропогенные факторы.

В настоящее время на озеро Кенон и его водосбор оказывают влияние около 20 предприятий разного назначения, кроме Читинской ТЭЦ-1. Экосистема озера в настоящее время подвержена не только тепловому, но и антропогенному воздействию, но и также проникновению чужеродных видов<sup>4</sup>.

Цель работы – выявить многолетнюю динамику количественных и качественных показателей сообществ гидробионтов при циклической динамике уровня воды и антропогенном загрязнении экосистемы водоема-охладителя Читинской ГРЭС оз. Кенон.

### **Материал и методы**

---

<sup>1</sup> Шишкин Б.А. Региональные особенности озерных экосистем Забайкалья: Докт. дисс. в форме доклада. – СПб, 1993. – 113 с.

<sup>2</sup> Канцибер Ю.Л., Шишкин Б.А. О внутривековых циклических изменениях режима некоторых озер Забайкалья (на примере Ивано-Арахлейских) В. сб. «Второе совещ. по вопр. круговорота вещества и энергии в озern. водоемах». Лиственничное на Байкале, 1969; Канцибер Ю.Л. О многолетних колебаниях температуры воды озера Кенон // Изв. Забайк. Фил. ГО СССР. – Чита, 1970. – Т.6. – Вып.2. – С. 65-70.

<sup>3</sup> Цыбекмитова Г.Ц., Бутенко М.Н. Гидрохимия озера Кенон (Забайкальский край) // В сборнике: Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии Материалы III Всероссийской научной конференции. 2016. – С. 327-329.

<sup>4</sup> Базарова Б.Б., Горлачева Е.П., Матафонов П.В. Виды-вселенцы озера Кенон (Забайкальский край) // Российский журнал биологических инвазий. – 2012 – №3. – С. 20-27.

Первые рекогносцировочные исследования оз. Кенон были проведены по ихтиофауне осенью 1936 г. А.Я. Таранцом при поездке по верхнему Амуру, где им была обследована ихтиофауна окрестностей г. Чита, включая оз. Кенон<sup>5</sup>. В 1946 г. сотрудниками Амурской ихтиологической экспедиции были проведены сборы и наблюдения и на оз. Кенон<sup>6</sup>. Ю.Е. Милановским была подробно описана популяция окуня, вселенного в оз. Кенон в 1919 г.<sup>7</sup>. В 1966-1967 гг. состоялась рыбохозяйственная экспедиция Читинского пединститута<sup>8</sup>.

Затем с 1969-1972 гг. начались систематические многолетние исследования по изучению влияния сброса подогретых вод на изменение режима озера Кенон. Государственный комитет Совета министров СССР по науке и технике по просьбе Читинского горисполкома поручил данную работу Забайкальской комплексной экспедиции Лимнологического института СО АН СССР<sup>9</sup>. В первые годы эксплуатации озера в качестве водоема-охладителя были получены подробные материалы по сообществам гидробионтов и параметрам

---

<sup>5</sup> Таранец А.Я. К вопросу об ихтиофауне верхнего Амура в районах соприкосновения бассейнов Ингоды, Селенги и Витима. – Вестник ВВФ АН СССР. – 1937. – № 27. – с. 101-123.

<sup>6</sup> Боруцкий Е.В. Сестон бассейна Амура и его роль в питании амурских рыб // Труды Амурской ихтиологической экспедиции 1945-1949 гг.: В 4 т. – М.: Изд-во МОИП, 1952. – Т. 3. –С. 141-228; Боруцкий Е.В. Сестон бассейна Амура и его роль в питании амурских рыб // Труды Амурской ихтиологической экспедиции 1945-1949 гг.: В 4 т. – М.: Изд-во МОИП, 1952. – Т. 3. С. 5-228;

<sup>7</sup> Милановским Ю.Е. Обыкновенный окунь (*Perca fluviatilis* L.) в бассейне р. Амура. //Тр. Амурской ихтиол. Экспед. 1945-1949 гг. – Т. II. – М.: изд.-во МОИП, 1951. С. 251-256.

<sup>8</sup> Владимирова З.Ф. Флора озера Кенон // Уч. зап. Чит. Пед. ин-та. – Чита, 1968. – №.19. – С. 24- 25.; Качаева М.И. Фитопланктон оз.Кенон // Изв. ГО СССР Заб. фил. – Чита, 1968. – Т.4. – Вып. 6. – С. 48-53.; Карасев Г.Л. Некоторые итоги комплексного ихтиологического и гидробиологическозо исследования озера Кенон в связи с работой Читинской ГРЭС // Уч. зап.ЧГПИ. – Вып. 19: Вопросы географии и биологии Забайкалья. – Чита, 1968. – С. 87-96.; Карасев Г.Л. Линейный и весовой рост и упитанность рыб оз. Кенон // Уч. зап.ЧГПИ. – Вып. 19: Вопросы географии и биологии Забайкалья. – Чита, 1968. – С. 96-105.; Комарова И.В., Шкатулова А.П. Зоопланктон оз. Кенон // Уч. зап. ЧГПИ. – Вып. 19: Вопросы географии и биологии Забайкалья. – Чита, 1968. – С.105-116.

<sup>9</sup> Шишкин Б.А. Место подледного периода в годовом режиме биогенных элементов озера Кенон – водоема – охладителя Читинской ГРЭС // Зап. ГО СССР аб.фил. – Вып.4: Проблемы зимоведения. – Чита, 1972. – С. 123-124.; Шишкин Б.А. Физико-географическая характеристика озера Кенон (водоема-охладителя Читинской ГРЭС) // Зап. ГО СССР Забайк. Фил. – Чита, 1972. – Вып. 62. – С. 3-15. Шишкин Б.А., Спиглазова Г.И., Локоть Л.И. Первичная продукция озера Кенон // Зап. ГО СССР Забайк. фил. – Чита, 1972. – Вып. 62. – С. 24-32.

среды оз. Кенон. Проведена оценка влияния ТЭЦ-1 на озеро<sup>10</sup>. В дальнейшем с 1985 по 1991 гг. исследования озера были продолжены лабораторией водных экосистем ЧИПР СО РАН, результаты которых опубликованы в коллективной монографии «Экология городского водоема» [3]. В 90-е гг. исследования проводились по отдельным разделам гидробиологии<sup>11</sup>. Современные исследования (2010-2015 гг.) были проведены в связи с появлением в озере чужеродного вида *Elodea canadensis* Michx и также продолжены работы по комплексным исследованиям<sup>12</sup>. Работы выполнялись общепринятыми современными гидробиологическими методами. В озере было заложено 5 постоянных станций, хотя в 1969-1972 годах количество станций доходило до 20 [2]. Гидробиологические систематические исследования оз. Кенон – водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1 проводились по всем сообществам экосистемы планктона, бентоса и рыб.

### Результаты

В данной статье показаны материалы систематических исследований по многолетней динамике сообществ фитопланктона, зоопланктона, высшей водной растительности, нитчатых водорослей, зообентоса и рыб.

---

<sup>10</sup> Гурова Л.А. Питание и рост растительноядных рыб в прудах Читинской ГРЭС // Термический режим и биология озера Кенон // Зап. Заб фил. геогр. о-ва СССР. – Чита, 1972. – С. 74-84.; Гурова Л.М., Гуров В.П., Зубарева Э.Л., Пронин Н.М. Первый опыт выращивания молоди растительноядных рыб в прудах Читинской ГРЭС. // Зап. Заб фил. геогр. о-ва СССР. – Чита, 1972. – С. 58-74.; Кузмич В.Н., Семенов Г.А. Зоопланктон оз. Кенон // Уч. зап. ГО СССР Заб.фил. – Чита, 1972. – Вып. 62. – С. 38-50; Спиглазова Г.С. К эколого- систематической характеристике фитопланктона оз.Кенон // Зап. ГО СССР Забайкал. фил. – Вып. 96: Лимнологические исследования в Забайкалье. – Чита, 1973. – С. 88-96.

<sup>11</sup> Кривенкова И.Ф. Современное состояние зоопланктона оз.Кенон - водоема охладителя Читинской ТЭЦ // Молодежь и современный мир (мат. студ. науч. конф.). – Чита: ЗабГПУ, ЧитГУ, 1997. – С. 67-69.; Кривенкова И.Ф. Влияние сбросных теплых вод на фитофильный зоопланктон тростника обыкновенного в озере Кенон // Человеческое измерение в региональном развитии: Тез. IV межд. симп. – Биробиджан, 1998. – Ч.1. – С. 82-83.; Кривенкова И.Ф. Продукция фитофильного зоопланктона водоема охладителя оз.Кенон // Устойчивое развитие: проблемы охраняемых территорий и традиционное природопользование в Байкальском регионе (мат.конф.). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1999. – С. 160-161.; Кривенкова И.Ф. Фитофильный зоопланктон водоема-охладителя оз. Кенон // Проблемы устойчивого развития региона. – Улан-Удэ: БГУ, 1999. – С. 124-129.; Кривенкова И.Ф. Роль фитофильного зоопланктона в самоочищении воды в водоеме-охладителе о. Кенон // Природные ресурсы Забайкалья и проблемы природопользование (мат. науч. конф.). – Чита: ЧИПР СО РАН, 2001. – С. 136-138.

<sup>12</sup> Базарова Б.Б., Пронин Н.М. *Elodea canadensis* Michaux на границе мирового водораздела ледовитого и тихого океанов // Российский журнал биологических инвазий. – 2010. – № 3 – С.3-12

В результате исследования видового состава гидробионтов оз.Кенон выявлено, что сообщество фитопланктона в 1969-1972 гг. состояло из 159 видов, численность его составляла 52-250 тыс. кл./л, биомасса – 0,77-4,35 г/м<sup>313</sup>; в 1985-1987 гг. обнаружено 129 видов с численностью 432 млн. кл./л, биомассой 964,2 г/м<sup>314</sup>, в 2010-2015 гг. – 110 видов с численностью 50-470 тыс. кл./л, биомассой 0,28-3,3 г/м<sup>315</sup>. Значение среднегодовой численности и биомассы водорослей планктона (после запуска ТЭЦ) в 1967 г. были в 2-4 раза выше, чем в 1966 г., а в 1988 г. в 3000-4000 раз выше, чем в 2010-2015 гг., т.е. наблюдается снижение уровня развития по сравнению с 70-ми и 80-ми годами исследований. Уровень развития водорослей планктона в настоящее время соответствует данным, полученным в 1966-1967 гг.

Величины первичной продукции в последние годы результаты показывают о снижении продукционных и деструкционных процессов в озере по сравнению с 80-ми годами <sup>16</sup>.

При исследовании зоопланктона получено, что в 1969-1972 гг. состоял из 53 видов с численностью 200-410 тыс.экз/м<sup>3</sup>, биомассой 1,6 г/м<sup>3</sup> <sup>17</sup>(Кузьмич, Семенюк,1972); в 1985-1987 гг. – 51 вид с численностью 70-140 тыс.экз/м<sup>3</sup>, биомассой 0,95-1,3 г/м<sup>318</sup>; в 1994-1996 гг. – 73 <sup>19</sup>, в 2010-2015 гг. – 53 вида с численностью 90-29 тыс.экз/м<sup>3</sup> и биомассой 1,1 г/м<sup>3</sup> <sup>20</sup>. Увеличение количества видов зоопланктона в 1994-1996 гг. связано с фитофильным зоопланктоном.

---

13

Спиглазова Г.С. К эколого-систематической характеристике фитопланктона оз.Кенон // Зап. ГО СССР Забайкал. фил. – Вып. 96: Лимнологические исследования в Забайкалье. – Чита, 1973. – С. 88-96.

<sup>14</sup> Оглы З.П. Фитопланктон и первичная продукция // Экология городского водоема. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. – С. 44-68.

<sup>15</sup> Ташлыкова Н.А., Афонина Е.Ю., Базарова Б.Б. Современный видовой состав и структура сообществ гидробионтов озера Кенон (Забайкальский край) // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. Биол., 2017.– Т. 122. – Вып. 1. – С. 71-83.

<sup>16</sup> Цыбекмитова Г.Ц. Содержание биогенных элементов (азот и фосфор) в воде озера Кенон – водоема-охладителя ТЭЦ-1 // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 7. – С. 39-43.

<sup>17</sup> Кузьмич В.Н., Семенюк Г.А. Зоопланктон оз. Кенон // Уч. зап. ГО СССР Заб.фил. – Чита, 1972. – Вып. 62. – С. 38-50.

<sup>18</sup> Итигилова М.Ц., Оглы З.П., Горлачева Е.П., Золотарева Л.Н. Современная гидробиологическая характеристика оз. Кенон // География и экология Забайкалья. – Чита, 1994. – С. 56-58.

<sup>19</sup> Кривенкова И.Ф. Фитофильный зоопланктон водоема – охладителя оз.Кенон // Проблемы устойчивого развития региона. – Улан-Удэ: БГУ, 1999. – С. 124-129.

<sup>20</sup> Афонина Е.Ю., Итигилова М.Ц. Структура зоопланктонного сообщества в зарослях высшей водной растительности озера Кенон / Забайкалье: природа, экономика, история, культура // Записки Забайкальского отделения Русского географического общества. – Чита: ЗабГУ – 2014. – Вып.133. – С. 124-130.

За период с 1964 по 2012 гг. во флоре озера Кенон зарегистрировано 35 видов растений. З.Ф. Владимировой<sup>21</sup> отмечено, что в 1964 г. до пуска ТЭЦ-1 озеро сплошь зарастало харовыми и высшими водными растениями. На глубинах 3,0-5,0 м и даже на 6,0 м доминировала сообщество рдеста курчавого. Более мелководные участки занимали харовые водоросли. В первые годы эксплуатации ТЭЦ наблюдалось сильное зарастание водоёма рдестом курчавым, для борьбы с которым в 1970-1971 гг. были вселены растительноядные виды рыб: белый амур и пестрый толстолобик, которые позднее существенно сократили заросли рдеста. Озеро характеризовалось как харово-урутьево-курчавордестовый водоём<sup>22</sup>. В 80-90-е гг. прошлого века в сообществах гелофитов наблюдалась замена доминирующего *Scirpus tabernaemontani* на *Phragmites australis*. В 1990-1991 гг. из зоны влияния подогретых вод полностью исчезли заросли *Batrachium circinatum*, на месте которых появились харовые. В 1991 г. рдест курчавый в виде чистых зарослей встречался только на небольшой площади в юго-западном участке озера на глубине 2,0–2,5 м<sup>23</sup>. Результаты анализа многолетних изменений растительности оз. Кенон показывают, что озеро является харовым водоёмом [4]. При довольно высокой нагрузке загрязнения тяжёлыми металлами и токсичными элементами экосистема озера находится ныне в некотором альтернативно устойчивом состоянии. За весь период наблюдений наибольшее влияние на растительность озера оказало вселение растительноядных рыб, существенно снизившее роль *P. crispus* в водоёме. Выявленные нами межгодовые изменения растительности оз. Кенон вполне согласуются с положениями теории об альтернативно устойчивых состояниях экосистем мелководных озёр, описывающими механизмы регулирования конкурентных отношений между харовыми водорослями, высшими водными растениями и фитопланктоном [4].

С 1998 по 2015 годы проводятся регулярные (по сезонам года) исследования состава и распространения нитчатых водорослей в оз. Кенон, которые обобщены в работах<sup>24</sup>. В водоёме обнаружено 10 видов

---

<sup>21</sup> Владимирова З.Ф. Флора озера Кенон // Уч. зап. Чит. Пед. ин-та. – Чита, 1968. – №.19. – С. 24- 25.

<sup>22</sup> Владимирова З.Ф. Водная растительность и ее регулирование в водоёме - охладителе Читинской ГРЭС (оз. Кенон) //Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. – Чита, 1979. – С. 113-114.

<sup>23</sup> Золотарева Л.Н. Высшая водная растительность оз.Кенон // Забайкалье – судьба провинции. – Чита, 1996. – С. 79-84.; Золотарева Л.Н. Динамика водной растительности оз. Кенон и Ивано-Арахлейских озёр // Водная растительность озера Кенон и ее динамика (Восточное Забайкалье): Автореф. дис.канд.биол.наук. – Улан-Удэ, 1998. – 19 с.

<sup>24</sup> Куклин А. П. Нитчатые водоросли озера Кенон: разнообразие, индикация качества вод // Вода: химия и экология, 2014. – № 8. – С. 49-55.

нитчатых водорослей. Доминирует в водоеме *Cladophora fracta* (Mühl. ex Vahl.) Kütz. В настоящее время наблюдается уменьшение количественного развития водорослей, особенно на участке сброса подогретых вод. Получен сукцессионный ряд по годам в сбросном канале за 1980-1990-2000-2010-2015: *Mougeotia* sp – *Cl. fracta* – (*Cl. fracta* + *Spirogyra* sp. ster.) – *Cl. fracta* – *Cl. fracta*.

Сведения о сезонной динамике количественных показателей зообентоса в центральной части озера в весенний период имеют только за 1985 и 1986 гг.<sup>25</sup>. С 2010 г. по 2015 г. в пробах из озера Кенон обнаружен 51 вид зообентоса. В 2015 г. при доминировании байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) биомасса зообентоса почти не отличалась от прежних исследований<sup>26</sup>. Зообентос глубинной части озера Кенон в 2015 г. в целом характеризуется благополучным состоянием, в тоже время результаты предварительных исследований подтвердили предположение о негативном воздействии тяжелых металлов на зообентос подогреваемой зоны. Морфологические деформации личинок хирономид<sup>27</sup>, моллюсков-фильтраторов<sup>28</sup> могут быть эффективным индикатором уровня трансформации экосистемы озера Кенон в результате техногенного загрязнения. Загрязнение озера хотя и не привело к катастрофическим изменениям в зообентосе, однако на организменном и локальном уровнях имеются признаки, свидетельствующие о сублетальном воздействии тяжелых металлов на зообентос подогреваемой зоны озера, подтверждающие результаты предыдущих исследований на примере моллюсков-фильтраторов<sup>29</sup>. В связи с настоящей оценкой состояния зообентоса озера мероприятия по восстановлению озера в первую очередь должны быть направлены на недопущение токсического, теплового и прочих загрязнений озера [4].

---

<sup>25</sup> Клишко О.К. Зообентос // Экология городского водоема. – Новосибирск: Изд.-во СО РАН, 1998. – С. 145-170.

<sup>26</sup> Матафонов П.В. Возможно ли сосуществование *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) и *Gammarus lacustris* Sars, 1863 в нарушенной экосистеме? // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №8. – Ч.3. – С. 169.

<sup>27</sup> Матафонов П.В. Возможно ли сосуществование *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) и *Gammarus lacustris* Sars, 1863 в нарушенной экосистеме? // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №8. – Ч.3. – С. 169.

<sup>28</sup> Клишко О.К., Авдеев Д.В., Голубева Е.М. Особенности биоаккумуляции тяжелых металлов у моллюсков в аспекте оценки состояния окружающей среды // Доклады Академии наук. – 2007. – Т. 413. – № 1. – С. 132-134.

<sup>29</sup> Клишко О.К., Авдеев Д.В., Голубева Е.М. Особенности биоаккумуляции тяжелых металлов у моллюсков в аспекте оценки состояния окружающей среды // Доклады Академии наук. – 2007. – Т. 413. – № 1. – С. 132-134.

Ихтиофауна оз. Кенон в начале прошлого столетия была представлена 9 видами. Доминирующим видом являлся амурский чебак, значительная роль принадлежала амурской щуке. В 1919 г. в озере был вселен окунь, в 1922 г. – амурский сазан, серебряный карась<sup>30</sup>. Первые исследования рыб озера Кенон в 1936 г. сделаны А.Я. Таранцом и обнаружено 9 видов рыб и доминировал амурский чебак<sup>31</sup>. В 1966-1967 гг. были рассмотрены вопросы роста, размножения и питания основных видов рыб<sup>32</sup>. В 70-х годах прошлого столетия проводились опыты по выращиванию растительноядных рыб в прудах Читинской ГРЭС<sup>33</sup>. В 1986-1989 гг. в составе ихтиофауны отмечались 6 видов: окунь, амурский чебак, сазан, амурский сом, амурская щука, карась серебряный [3]. В этот же период проведены работы по оценке численности и ихтиомассы рыб, с применением гидроакустических методов было установлено, что рыбопродуктивность озера по сравнению с 60-ми годами снизилась в 1,5-2,0 раза<sup>34</sup>. В 2014 г. ихтиофауна была представлена 12 видами рыб в составе ихтиофауны появились три новых вида: маньчжурский пескарь, вьюн Могойта и ротан<sup>35</sup>. По данным 2010-

---

<sup>30</sup> Никольский Г.В. Рыбы бассейна Амура. – М.: Изд.-во АН СССР, 1956. – 551 с.

<sup>31</sup> Таранец А.Я. К вопросу об ихтиофауне верхнего Амура в районах соприкосновения бассейнов Ингоды, Селенги и Витима. – Вестник ВВФ АН СССР. – 1937. – № 27. – с. 101-123.

<sup>32</sup> Карасев Г.Л. Линейный и весовой рост и упитанность рыб оз. Кенон // Уч. зап. ЧГПИ. – Вып. 19: Вопросы географии и биологии Забайкалья. – Чита, 1968. – С. 96-105. Карасев Г.Л. Зообентос оз. Кенон // Материалы XXI и XXII науч. Конф. ЧГПИ. – Чита, 1970. – С. 60-63.; Карасев Г.Л. Рыбы Забайкалья. – Новосибирск: Наука, 1987. – 295 с.

<sup>33</sup> Гурова Л.А. Питание и рост растительноядных рыб в прудах Читинской ГРЭС // Термический режим и биология озера Кенон // Зап. Заб фил. геогр. о-ва СССР. – Чита, 1972. – С. 74-84.; Гурова Л.М., Гуров В.П., Зубарева Э.Л., Пронин Н.М. Первый опыт выращивания молоди растительноядных рыб в прудах Читинской ГРЭС. // Зап. Заб фил. геогр. о-ва СССР. – Чита, 1972. – С. 58-74.

<sup>34</sup> Пьянов А.И., Павлов Д.С., Брагин Н.В. Исследование пространственного распределения рыб в озерах Арахлей и Кенон (Читинская область) // Вопросы ихтиологии. – 1995. – Т.35. – Вып. 5. – С. 678-683.

<sup>35</sup> Горлачева Е.П., Афонин А.В. О нахождении маньчжурского пескаря *Gnathopogon mantschuricus* (Cypriniformes: Cyprinidae) в бассейне озера Кенон // Вопросы ихтиологии. – 2012. – Т. 52. – №4. – С. 604-606.; Базарова Б.Б., Горлачева Е.П., Матафонов П.В. Виды-вселенцы озера Кенон (Забайкальский край) // Российский журнал биологических инвазий. – 2012 – №3. – С. 20-27.; Матафонов П.В. Возможно ли сосуществование *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) и *Gammarus lacustris* Sars, 1863 в нарушенной экосистеме? // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №8. – Ч.3. – С. 169.; Горлачева Е.П., Горлачев В.П. Первая находка ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Perciformes; Odontobutidae) в прудах

2015 гг. в ихтиофауне доминировал окунь по всей акватории озера. В районе сброса теплых вод субдоминантом был карась. Редким считается амурский чебак. Амурская щука исчезла.

Проведенные исследования антропогенного воздействия на экосистему оз. Кенон показали, что в большей степени изменения отражаются на рыбах, как высшем трофическом звене экосистемы. Из состава доминантов выпали чебак и амурская щука. Сократился возрастной ряд доминирующих видов рыб (окуня, карася и сазана), сменился тип питания окуня. Из числа выявленных наиболее существенных изменений в трофической цепи экосистемы озера Кенон, связанных с возрастанием антропогенной нагрузки, является вселение чужеродных видов: растение *Elodea canadensis* (первичный продуцент), амфипода *Gmelinoides fasciatus* (консумент первого порядка) и маньчжурский пескарь (консумент второго порядка). В целом, изменения в структурно-функциональной организации экосистемы оз. Кенон соответствуют фазе климатического цикла.

В то же время многолетнее техногенное загрязнение озера привело к накоплению токсичных элементов в экосистеме и к нарушениям в организмах гидробионтов. В сообществе зообентоса регистрируются деформации в строении ротовых органов и антенн личинок *Chironomus* spp.

#### Заключение

Экосистема озера Кенон развивается под влиянием как природных, так и антропогенных факторов. Наши систематические исследования прошли в разные природные циклы как влажные многоводные (1985-1991 гг.), так и засушливые годы (1966-1970 гг. и 2010-2015 гг.). Мы оценивали влияние климатических факторов на конкретные биологические сообщества в экосистеме озера. В период увеличения уровня озера увеличилась, и биогенная нагрузка. Этот факт привел к увеличению роли фитопланктона при доминировании синезеленых водорослей, биомасса, которой была около килограмма. В этот период озеро находилось в **фитопланктонной фазе** и при этом количественные показатели зоопланктона уменьшились из-за обилия крупных водорослей, которыми ракообразные не могли питаться. В засушливый период (1966-1970 и 2010-2015 гг.) большую роль в экосистеме играют макрофиты. В это время высшие водные растения полностью осваивают всю площадь оз. Кенон. Прозрачность воды, как правило, бывает почти до дна и в это время наступает **макрофитная фаза** развития озера. Антропогенная нагрузка на водоем-охладитель Читинской ГРЭС – оз. Кенон привела к изменениям экосистемы.

Применение озера в качестве водоема-охладителя повлияло на среднюю годовую минерализацию воды (от 420 мг/л до 530,0 мг/л с максимальным 654 мг/л в 1993 году) и колебания его гидрохимического состава. Нынешний состав озера представляет собой сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридно-кальциево-магниевый характер. Содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  в два раза превышает максимально допустимую концентрацию в промышленных водах. Дренаж воды из зоны удаления золы в озеро вызвал увеличение концентраций химических элементов, включая тяжелые металлы. Концентрация Hg в мышцах *Perca fluviatilis* составляет 0,5 мкг/г. сухой массы. Негативное воздействие тяжелых металлов на зообентос подогреваемой зоны приводят к морфологическим деформациям личинок хирономид.

Соответственно в разные фазы климатического развития наблюдается естественная динамика видового состава, численности, биомассы и продуктивность растительных и животных сообществ. Но видно антропогенное влияние в появлении новых видов, накоплении токсичных элементов в экосистеме и к нарушениям в организмах гидробионтов.

Гранты:

1. «Оценка конкурентных отношений чужеродного вида *Elodea canadensis* Mich. с аборигенными сообществами гидробионтов оз. Кенон (Восточное Забайкалье)» 2011-2013гг.

РФФИ-Сибирь № 11-04-98064-р\_сибирь\_а. Руководитель – к.б.н. Базарова Б.Б

2. «Тяжелые металлы в пресноводной экосистеме». 2014-2016 гг.

Проект РФФИ № 14-05-98013 р\_Сибирь\_а Руководитель: к.б.н. Цыбекмитова Г.Ц.

### **Список литературы**

1. Ученые записки. Вопросы географии и биологии Забайкалья.– Чита, 1968. – Вып.19. – 147 с.
2. Термический режим и биология озера Кенон // Зап. ГО СССР Забайкал. фил. – Чита, 1972. – Вып.62. – 84 с.
3. Экология городского водоема / М.Ц. Итигилова, А.П. Чечель, Л.В. Замана и др. – Новосибирск: Наука, 1998. – 260 с.
4. Отчет о НИР по теме «Динамика природных и природно-антропогенных систем в условиях изменения климата и антропогенной нагрузки на примере Забайкалья. Номер государственной регистрации 012035540, инв. № 0386-2014-0002. – Чита. 2015. – \_\_ с.

### **Hydrobiological research of the Kenon Lake (1965-2017)**

***M.Ts. Itigilova***

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS*

Lake Kenon has been a cooling reservoir for Chita CHPP-1 for more than 50 years. The analysis of long-term materials on the dynamics of indicators of the communities of the hydrobionts of the lake was carried out. The dependence of quantitative parameters of aquatic biota on the climatic cycle and on anthropogenic pollution has been revealed.

**Key words:** Lake Kenon, level dynamics, communities of hydrobionts.

**Изменение состава ихтиофауны оз. Гусиное  
(водоема-охладителя Гусиноозерской ГРЭС) и роли в ней  
чужеродных видов**

*А.Н. Матвеев, А.Л. Юрьев, В.П. Самусенок,*

*А.Л. Вокин, И.В. Самусенок*

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*

*e-mail: [matvbaikal@mail.ru](mailto:matvbaikal@mail.ru)*

Приведены данные по современному составу ихтиофауны оз. Гусиное и ее изменениям произошедшим за последние десятилетия. Определена роль чужеродных видов. Впервые установлено обитание нового инвазийного вида – верховки.

**Ключевые слова:** водоем-охладитель, ихтиофауна, чужеродные виды, верховка.

Среди водоемов Республики Бурятия оз. Гусиное является самым большим по объему водной массы после Байкала и одним из важнейших по интенсивности водохозяйственного и рыбохозяйственного использования. За известный исторический период озеро претерпевало значительные изменения гидрологического характера, несомненно, влекущие за собой изменения гидробиологического режима, связанные со сменой видового состава беспозвоночных и рыб, а также их продукционных характеристик. Краткая ретроспектива этих изменений на основе имеющихся литературных данных приведена ниже.

В 1720 г. на месте Гусиного озера было два небольших озера. С 1730 г. вода в озерах начала быстро прибывать, и вскоре р. Темник, впадающая в р. Селенгу, разлилась настолько сильно, что ее воды, образовав протоку Цаган-Гол, затопили днище Гусиноозерской котловины (1740-1749 гг.). При этом образовалось большое и глубокое озеро, из которого стала вытекать р. Баян-Гол (1783 г.). В таком уровне режиме (соответствующим современному) озеро находилось по 1810 г. С этого года прекратился сток в р. Баян-Гол, а снижение

уровня продолжилось. В 1820 г. из-под воды показались два острова (Большой и Малый Осередыши), площадь которых постоянно увеличивалась. Снижение уровня озера продолжалось до 1851 г. В 1851 г. интенсивные и продолжительные летние дожди положили начало быстрому подъему уровня Гусиного озера [3]. Таким образом, прослеживается цикличность в изменении гидрологического режима с промежутком, близким к 130 годам. Исходя из этого, в скором будущем можно ожидать очередного снижения уровня озера, в условиях современных антропогенной нагрузки губительного для экосистемы водоема.

Хозяйственное значение оз. Гусиного длительное время определялось существенным рыбохозяйственным потенциалом (валовая добыча рыбы составляла 250-350 т в год) и его ролью как источника питьевого водоснабжения. В оз. Гусиное в течение более 40 лет сбрасывались шахтные и карьерные воды Холбольдзинского угольного разреза. В последние десятилетия озеро используется в качестве водоема-охладителя Гусиноозерской ГРЭС. Для технических и питьевых потребностей из озера забирается более 600 млн. м<sup>3</sup> воды. Эксплуатация оз. Гусиное в качестве водоема-охладителя привела к увеличению тепловой нагрузки на озеро и изменению термического режима в прилегающей к сбросу акватории. Стоки с золоотвала и ливневые стоки с промплощадки ГРЭС, ее атмосферные выбросы и сброс теплых вод оказывают существенное влияние на гидрохимический и гидробиологический режим водоема, его санитарное состояние. Это определяет необходимость оценки современного состояния экосистемы водоема, ее отдельных структурных компонентов и разработки прогноза дальнейшего функционирования и использования оз. Гусиное.

Целью настоящей работы является определение современного состояния ихтиофауны оз. Гусиное и роли в ней чужеродных видов, попавших в озеро в результате интродукции и непреднамеренного вселения.

Материал, положенный в основу работы, собран в течении 2012–2014 гг. в ходе комплексных исследований, проведенных совместно со специалистами ИОЭБ СО РАН и ЛИН СО РАН под руководством д.б.н. Н.М. Пронина. Лов рыбы осуществлялся во все сезоны года ставными сетями с ячеей от 10 до 60 мм, выставляемыми в различные биотопы озера на 6 часов в ночное время, а также неводом и мальковым неводом. Вся отловленная рыба подвергалась полному биологическому анализу в соответствии с общепринятыми методами в свежем виде непосредственно после вылова [1]. Для определения возраста отбирали чешую, жаберные крышки, отолиты. Статистическая обработка материала проведена с использованием общепринятых методов. Расчет данных выполнен с использованием компьютерной программы Excel из пакета MS Office.

За более чем полувековой период исследований в видовом составе рыб оз. Гусиное было отмечено 23 вида рыб из 11 семейств,

обитавшие в озере в различные периоды его существования (табл.). В ходе наших исследований отмечено обитание 15 видов рыб среди них верховка – ранее не отмечавшаяся в водоеме.

По мнению предыдущих исследователей [2; 3] аборигенная ихтиофауна насчитывала 14 видов: ленок, черный байкальский хариус, сиг, щука, плотва, елец, язь, карась серебряный, озерный голянь, щиповка, сибирский голец, налим, окунь и песчаная широколобка. Скорее всего, к аборигенной фауне следует отнести и речного голяня, обычного для подобных водоемов в Восточной Сибири. К периодически проникающим в озеро может быть отнесен таймень, попадавший в озеро через пр. Цаган-Гол. На единичные встречи омуля в уловах в 40-е годы, еще до его интродукции в 70 – 80-е годы, указывал А.А. Томилев [2].

В результате процессов естественного характера (изменение водности) и антропогенного воздействия за более чем пятидесятилетний период из состава ихтиофауны озера исчезли 5 видов: ленок, черный байкальский хариус, сиг, сибирский голец и налим. Вместе с тем в результате рыбоводно-акклиматизационных работ и инвазий состав ихтиофауны пополнился 7 видами: омулем, пелядь, амурским сазаном, лещом, верховкой, амурским сомом и ротаном. Не все из них нашли в водоеме благоприятные условия и создали самовоспроизводящиеся популяции. К таковым следует отнести байкальского омуля и леща. Высокая численность и промысловые запасы первого вида поддерживались за счет ежегодного выпуска личинок с Большереченского и Селенгинского рыбоводных заводов. Прекращение регулярных рыбоводных мероприятий привело к исчезновению омуля вначале из промысловых уловов, а затем и из состава ихтиофауны. Это, несомненно, обусловлено отсутствием возможностей естественного воспроизводства. Лещ завозился в оз. Гусиное одnorазово и в относительно небольшом количестве, что и обусловило отрицательный результат от проведения акклиматизации. В отличие от омуля и леща завозившаяся в озеро лишь в начале 70-х гг. XX в. в относительно небольшом количестве совместно с омулем пелядь до настоящего времени отмечается в озере. В период зимних преднерестовых скоплений ее уловы в отдельные годы достигают нескольких центнеров. Дальнейшему увеличению ее запасов препятствует интенсивный лов. Амурский сазан и амурский сом, проникшие в озеро в результате саморасселения из р. Селенги, достигали пика численности в 60-е годы прошлого века, однако в настоящее время немногочисленны. Это обусловлено комплексом причин: изменением водного баланса озера из-за прекращения поверхностного стока через р. Баян-Гол; нарушением в связи с этим нерестовых миграций; интенсивным выловом; выеданием икры и молоди этих видов ротаном.

Среди чужеродных видов наиболее высока в современный период численность ротана. Впервые появившись в озере с рыбопосадочным материалом амурского сазана из прудов Хабаровского рыбхоза, ротан за относительно короткий период времени заселил не

только оз. Гусиное, но и большое число других водоемов и водотоков в бассейне оз. Байкал. Непосредственно в оз. Гусиное его обитание приурочено к мелководным участкам, заросшим водной растительностью. Высока численность ротана и в Цайдамских озерах и р. Баян-Гол. Тем не менее, в последние годы в водоеме отмечается некоторое снижение численности ротана по сравнению с 70–80 гг. прошлого века.

Таблица

**Видовой состав рыб оз. Гусиное в различные годы**

№	Вид рыбы	Год			
		1973-1979	1986-1991	2000-2006	2013-2014
	1	2	3		4
	Сем. Лососевые - Salmonidae				
1	Таймень – <i>Hucho taimen</i>	+	-	-	-
2	Ленок – <i>Brachymystax lenok</i>	+	+	-	-
	Сем. Хариусовые - Thymallidae				
3	Черный байкальский хариус – <i>Thymallus baikalensis</i>	+	+	-	-
	Сем. Сиговые - Coregonidae				
4	Сиг – <i>Coregonus pidschian</i>	+	-	-	-
5	Омуль – <i>Coregonus migratorius</i>	+	+	+	-
6	Пелядь – <i>Coregonus peled</i>	+	+	-	+
	Сем. Щуковые - Esocidae				
7	Щука – <i>Esox lucius</i>	+	+	+	+
	Сем. Карповые - Cyprinidae				
8	Плотва сибирская – <i>Rutilus rutilus lacustris</i>	+	+	+	+
9	Елец сибирский – <i>Leuciscus leuciscus baicalensis</i>	+	+	+	+
10	Язь – <i>Leuciscus idus</i>	+	+	+	+
11	Серебряный карась – <i>Carassius auratus gibelio</i>	+	+	+	+
12	Гольян речной – <i>Phoxinus phoxinus</i>	+	+	+	+
13	Гольян озерный – <i>Phoxinus percnurus</i>	+	+	+	+
14	Сазан амурский – <i>Cyprinus rubrofuscus</i>	+	+	+	+
15	Лещ – <i>Abramis brama</i>	+	+	+	-
16	Верховка – <i>Leucaspis delineatus</i>	-	-	-	+
	Сем. Тресковые - Gadidae				
17	Налим – <i>Lota lota</i>	+	-	-	-
	Сем. Окуневые - Percidae				
18	Окунь – <i>Perca fluviatilis</i>	+	+	+	+
	Сем. Подкаменщиковые - Cottidae				
19	Песчаная широколобка – <i>Leocottus kessleri</i>	+	+	+	+
	Сем. Вьюновые - Cobitidae				
20	Сибирская щиповка – <i>Cobitis taenia</i>	+	+	+	+

	<i>sibirica</i>				
21	Голец сибирский – <i>Barbatula toni</i>	+	-	-	-
	Сем. Сомовые - Siluridae				
22	Амурский сом – <i>Silurus asotus</i>	+	+	+	+
	Сем. Елеотрисовые – Eliotrididae				
23	Ротан-головешка – <i>Percottus glenii</i>	+	+	+	+

Примечание: – вид не отмечен; + встречающийся вид

В ходе проведения наших исследований впервые для озера отмечена верховка *Leucaspius delineatus*. Ближайшим её местообитанием до последнего времени считалась р. Ангара ниже плотины Иркутской ГЭС, куда этот вид попал из прудов в бассейне Ангары, а в них – с рыбопосадочным материалом карпа из водоемов Западной Сибири. Распространение вида в оз. Гусиное приурочено к мелководным хорошо прогреваемым заливам в северной части озера, примыкающим к сбросному каналу Гусиноозерской ГРЭС, в которых ее численность достигает значительных величин. Полученные нами в последние годы данные свидетельствуют о значительном расширении ареала этого вида в Байкало-Ангарском бассейне.

Таким образом, в современный период наиболее высокой численностью среди чужеродных видов характеризуются лишь сорные непромысловые ротан и верховка. Повышение численности хозяйственно ценных видов-акклиматизантов требует проведения целого комплекса рыбоводно-мелиоративных мероприятий и значительных затрат.

### *Список литературы*

1. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). – М.: Изд-во Пищевая пром-ность, 1966. – 376 с.
2. Томилов А.А. Отчет о работах комплексной научной рыбохозяйственной экспедиции 1947 года по изучению озер Гусиного и Таглей // Зап. Бурят.-Монгол. НИИ культуры и экономики. – Улан-Удэ, 1949.
3. Экология озера Гусиное / И.М. Борисенко [и др.]. – Улан-Удэ, 1994. – 199 с.

### **Changes in ichthyofauna composition of Gusinoe lake (the water reservoir-cooler of Gusinozersk thermal power plant) and role of alien fish species**

**A. N. Matveev, A. L. Yuriev, V. P. Samusenok, A. I. Vokin, I. V. Samusenok**

*Irkutsk State University, Irkutsk, Russia*

e-mail: [matvbaikal@mail.ru](mailto:matvbaikal@mail.ru)

Data on ichthyofauna composition of Gusinoe Lake in Buryatia and analysis of changes for last decades are given. The role of alien species is determined. The new invasive fish species - sunbleak *Leucaspis delineatus* - is described and investigated.

**Key words:** water reservoir-cooler, ichthyofauna, alien fish species, *Leucaspis delineatus*.

## Эколого-геохимическая роль гидробионтов в накоплении тяжелых металлов в экосистеме оз. Кенон

*Г.Ц. Цыбекмитова, А.П. Куклин, Б.Б. Базарова,  
М.Ц. Итигилова, Н.А. Таилыкова, Е.Ю. Афонина,  
П.В. Матафонов, Е.П. Горлачева, А.В. Афонин*

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН  
Ул. Недорезова, 16а, г. Чита, Россия  
e-mail: gazhit@bk.ru*

Выявлен спектр ТМ, концентрирующихся в доминантных видах фитопланктона, макроводорослей, макрофитов, зоопланктона, бентоса и рыб. Рассчитанные коэффициенты биологического накопления ТМ в трофических цепях экосистемы оз. Кенон показало, что только Hg накапливается по трофической цепи, а Pb – в планктонном сообществе, для других элементов максимальные концентрации отмечаются в растительных организмах и не переходят по трофическим уровням.

**Ключевые слова:** пресноводная экосистема, тяжелые металлы, гидробионты

Известно, что гидробионты, постоянно находясь в водной среде, являются «интегрирующими показателями» всех имевших место изменений в водоеме за продолжительный период времени, в том числе и по накоплению ими тяжелых металлов (ТМ) [1, 3, 4].

Ранее была проведена оценка источников поступления ТМ в экосистему оз. Кенон [2]. Установлено, что ТМ поступают с выбросами из атмосферы, а также с подземными и поверхностными стоками. Основным источником их загрязнения является золоотстойник ТЭЦ-1. В воде отстойника элементы по мере убывания их концентрации располагаются в следующем порядке: Sr > As > Mo > W > Cr > Fe > Zn > Mn > Pb > Cd. Фильтрационные воды золошлакоотвала, а также воды р. Кадалинка поступают в озеро Кенон, обогащенные Sr > Mn > Zn > Mo > W. В воде озера Кенон элементы, превышающие ПДК<sub>рх</sub> располагаются в следующем порядке: Sr > Fe > Zn > Mo > W. В донных отложениях оз. Кенон в районе ТЭЦ-1 содержания элементов, превышающих кларки осадочных пород располагаются: Sr > Mn > Zn > Pb > Cr > Ni > As > W > Mo > Cd > Hg. Таким образом, нами установлены два направления

потока, по которым происходит поступление ТМ в оз. Кенон, приводящих к загрязнению воды, донных отложений и накоплению их в гидробионтах.

**Цель настоящей работы** – оценка миграции ТМ в трофических цепях экосистемы оз. Кенон.

**Материал и методы.** Сбор полевых материалов по теме исследования проводился в августе 2014-2016 гг. (в период наибольших во внутригодовом режиме атмосферных осадков) с использованием стандартных гидрохимических и общепринятых гидробиологических методов. Анализ проб по концентрации ТМ в гидробионтах проведены методами ИСП-АЭС и ИСП-МС в лаборатории Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН. Для контроля качества анализов применялись стандартные образцы: *Elodea canadensis* Michx. (1803) (SRM, EK-1, с регистрационным номером СОOMET 0065-2008-RU) и мышцы *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) из оз. Байкал (SRM, Baikal perch tissue, BOK-2) с регистрационным номером СОOMET CRM 0068-2009-Ru.

**Результаты.** Предваряя наши исследования, на основе многолетних данных были выделены доминирующие виды гидробионтов для индикации ее состояния по отношению к ТМ и определена структурно-функциональная организация экосистемы оз. Кенон (Kuklin et al., 2016). Выявлено, что индикаторами загрязнения ТМ в экосистеме оз. Кенон являются: в прибрежных сообществах из растительности – кладофора, тростник, элодея; из животных – гаммариды, моллюски; в пелагиали – крупные фракции зоопланктона; в профундали – хирономиды. В качестве индикатора состояния загрязнения экосистемы по рыбам приняты их мышцы, т.к. они в основном используются в питании человека.

Оценка содержания средне- и высокотоксичных элементов (Hg, As, Pb, Zn, Cr, Cu, Cd, Mn) по компонентам экосистемы позволила провести анализ их накопления в трофических цепях оз. Кенон.

Растворенная Hg поступает в озеро (0,38 мкг/л) с фильтрационными водами золошлакоотвала ТЭЦ-1. В воде озера концентрация Hg превышает в 18 раз ПДК<sub>рх</sub>. В донных отложениях значение Hg превышает Кларк осадочных пород (КОП) (табл. 2, 3). В экосистеме наибольшее концентрирование Hg происходит на уровне планктонных организмов. В мелкоразмерной (кормовой) фракции планктона содержание Hg превышает концентрацию в крупноразмерном зоопланктоне. Наибольшее содержание Hg, в соответствии с их питанием, выявлено у факультативного хищника *P. fluviatilis* и растительной *L. waleckii*, обитающих в зарослях рдеста (табл.).

Коэффициент трофического усиления (КТУ) Hg гидробионтами оз. Кенон идет в направлении: фитопланктон – зоопланктон; *Chara sp.* – *Carassius gibelio*; *Potamogeton sp.* – *L. waleckii*; *Chara sp.* – Amphipoda – *P. fluviatilis*; фитопланктон – зоопланктон – *L. waleckii* (рис. 2).

Максимальные концентрации Zn в экосистеме озера Кенон отмечены в донных отложениях и в организмах, ведущих донный и придонный образ жизни. Из растительных организмов Zn в большей степени накапливается в фитопланктоне, чем в харовых водорослях и в рдестах. Харовые водоросли обладали большей накопительной способностью по сравнению с *Potamogeton sp.* Наибольшее содержание Zn отмечено в мышцах *C. auranus gibelio* и *P. fluviatilis* (табл.).

КТУ Zn гидробионтами оз. Кенон идет в направлении: фитопланктон – *Chironomus spp.* – *P. fluviatilis*; *Chara sp.* – *C. gibelio*; *Potamogeton sp.* – *L. waleckii*; *Chara sp.* – Amphipoda.

Поступление Pb в озеро происходит с выбросами ТЭЦ-1. Среднегодовой расход топлива на ТЭЦ-1 составляет 3,6 млн. т бурого угля. По расчетным данным при сжигании 1 000 тонн угля в атмосферу выбрасывается до 5 т свинца. Свинец, выпадающий на акваторию оз. Кенон, до поступления в донные отложения, удерживается фито- и зоопланктонными организмами. В крупноразмерном зоопланктоне накопление Pb больше, чем в мелкоразмерной кормовой фракции планктона. Незначительно содержание Pb в харовых водорослях, рдестах и в мышцах рыб (табл.).

КТУ Pb гидробионтами оз. Кенон идет в направлении: фитопланктон – зоопланктон.

Из Cr, Mn, Cu, As и Cd в воде концентрации сопоставимые с ПДК<sub>рх</sub> имеет Cu, по остальным элементам – содержания значительно ниже ПДК<sub>рх</sub>. Исключение составляет станция № 2 в районе сброса ТЭЦ-1, где их концентрации, как и большинства других элементов, достигают высоких величин. Фильтрационные воды золошлакоотвала впадают в озеро рядом с местом сброса оборотных вод, где и образуется очаг максимального загрязнения. По содержанию загрязняющих компонентов донные отложения в этом районе соответствуют составу золошлаковых отходов с коэффициентом корреляции 0,92. Поскольку при строительстве ТЭЦ-1 донные отложения северо-западной части озера были перемещены и использованы для основания площадки ТЭЦ, то возраст современных донных осадков соответствует времени работы станции и их загрязнение не может быть реликтовым, а является современным. В целом, среднее содержание в донных отложениях по As – в 1,4 раза и Cd – в 2,5 раза превышают значения Коп (табл.).

Ряды содержания элементов в гидробионтах оз. Кенон представлены следующим образом: в фитопланктоне: Cu > Zn > Mn > Cd > Pb > Cr > As > Hg, в *Chara sp.*: Mn > Zn > As > Cu > Pb > Cr > Cd = Hg, в зоопланктоне: Pb > Zn > Mn > Cu > Cd > Hg > Cr > As; в личинках хирономид: Mn > Zn > Cu > As > Cr > Pb > Cd > Hg, в амфиподах: Zn > Cu > Mn > As > Cr > Pb > Hg > Cd, в моллюсках: Mn > Zn > Cu > As > Pb > Cd > Hg, в мышцах рыб: *P. fluviatilis* – Zn > Mn > Cu > Hg > Cr > Pb > (As и Cd); *C. auranus gibelio* – Zn > Cu > Mn > Pb > Hg > Cr > As > Cd; *L. waleckii* – Zn > Cu > Mn > Cr > Hg > Pb (As и Cd).

Средние концентрации химических элементов в компонентах экосистемы оз. Кенон

Компоненты	Ед. изм.	Cr	Mn	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
Донные отложения, влажность 70%	мкг/кг	13874±211	33±10	24535±335	43243±369	8979±247	75±9	25±2	12072±2375
Вода	мкг/л	1±0,0	4±1,8	0,86±0,11	2,7±1,04	8,6±0,77	0,03±0,0	0,18±0,08	0,16±0,07
Фитопланктон	мкг/кг	1213±143	3930±265	13700±724	7612±392	73±2	2852±152	11±1	1849±195
<i>Chara</i> sp.	мкг/кг	200±94	170563±123	1066±255	3488±1144	2388±663	5±1,4	5±2,8	320±38
<i>Potamogeton</i> sp.,	мкг/кг	65±43	24528±1533	422±96	1306±202	171±78	4±1	4±0,6	66±39
Зоопланктон, (<112 мкм)	мкг/кг	803±104	19879±2503	4070±1154	7624±3894	164±107	1767±981	1989±207	46787±2812
Зоопланктон, (>112 мкм)	мкг/кг	543±31	9044±690	3865±171	9229±311	145±47	1843±155	1503±130	73781±7530
Амфиподы	мкг/кг	86±15	4920±303	9970±117	10400±113	554±227	5±2	16±8	70±36
<i>Chironomus</i> spp.,	мкг/кг	500±30	23500±1810	3570±160	14900±520	875±50	18±19	7±1	464±200
<i>P. fluviatilis</i> ,	мкг/кг	41±2	433±12	338±32	11583±109	<ПО	<ПО	78±3	6±3
<i>C. auratus gibelio</i> ,	мкг/кг	43±9	192±39	228±57	15532±919	16±1,4	<ПО	51±7	92±10
<i>L. waleckii</i> ,	мкг/кг	120±41	240±12	600±45	8950±801	<ПО	<ПО	71±6	19±2
ПО, донные отложения	мкг/кг	600	0,1	800	500	80	40	5	80
ПО, вода	мкг/л	4	1	4	9	1	0,09	0,2	0,4
ПО, биота	мкг/кг	20	50	40	70	10	4	4	10
ПДК <sub>рх</sub>	мкг/л	20	10	1	10	50	5	0,01	6
K <sub>оп</sub>	мкг/кг	100000	670000	57000	80000	6600	30	400	20000

ПО – предел обнаружения метода; ПДК<sub>рх</sub> – предельно допустимая концентрация для рыбохозяйственных водоемов [Нормативы...,2010]; K<sub>оп</sub> – кларк осадочных пород [Виноградов, 1962]

Таким образом, оценка биологического накопления ТМ в растительных и животных сообществах экосистемы оз. Кенон, расчет коэффициентов их накопления по трофическим цепям показали, что в Hg накапливается от низшего к высшему трофическому уровню, Pb – преимущественно циркулирует в планктонном сообществе. Гидрофиты, максимально накапливая ТМ, являются естественным биофильтром ТМ, переводя их в донные отложения.

#### **Выводы:**

1. Основными факторами, воздействующими на экологическое состояние оз. Кенон являются: сток фильтрационных вод золошлакоотвала, сточные воды ТЭЦ, а также стоки с селитебной территории (жилая застройка, автотрасса, нефтебаза, железная дорога). Воды р. Ингода, подкачиваемые в оз. Кенон, также по ряду элементов не соответствуют ПДКр/х.

2. ТМ в большей степени накапливаются в биомассе зообентоса и водной растительности, что обусловлено их связью с донными отложениями. Наибольшее концентрирование Pb отмечается в биомассе зоопланктонных сообществ, что требует дальнейших экспериментальных исследований. В биомассе рыб в большей степени накапливается цинк.

3. Проведенные работы по выявлению региональных видов-индикаторов загрязнения ТМ является актуальными, т.к. выявление опасных загрязнений за счет индикации гидробионтами является более дешевым и мобильным методом оценки экологического состояния водоемов. Исследования на уровне экосистем и трофических цепей дает возможность выделения зон загрязнения и информацию о миграции элементов в биосфере.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 14-05-98013 – р\_сибирь\_а и в рамках программы ФНИ (проект IX.137.1).*

#### **Список литературы**

1. Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. М.: Наука, 2006. 261 с.
2. Цыбекмитова Г.Ц. Качество фильтрационных вод золошлакоотвала ТЭЦ-1 и возможные пути их поступления в оз. Кенон (Забайкальский край) // Вода: химия и экология. 2016. № 2. С. 11-17.
3. Tulonen T., Pihlström M., Arvola L. & Rask M. 2006. Concentrations of heavy metals in food web components of small, boreal lakes // Boreal Env. Res. 11: 185-194.
4. Wood J.M. Biological cycles for toxic elements in the environment // Science. 1974. Vol. 183. P. 1049-1052.

*Научное издание*

**ЭКОЛОГИЯ ВОДОЕМОВ – ОХЛАДИТЕЛЕЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

Сборник печатается в авторской редакции  
при участии издательства

Вёрстка И. Н. Аргуновой

Подписано в печать 11.09.2017.  
Формат 60×84/16. Гарнитура Times New Roman.  
Усл. печ. л. 20,3. Уч.-изд. л. 16,0. Заказ № 17180.

ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет»  
672039, г. Чита, ул. Александро-Заводская, 30