

структурных компонентов клеточных мембран (табл.). Из индивидуальных фосфолипидных фракций наибольшее снижение отмечено для фракции ФЭА. Преобладание в указанных выше районах мелких особей, содержащих значительно меньше структурных липидов, вероятно, является результатом значительного антропогенного загрязнения Кандалакшского залива. Однако, как видно, наибольшее снижение размерных характеристик и липидных показателей происходило у литоральных амфипод в районе о. Малый в условиях значительного нефтяного воздействия. Снижение темпов соматического роста могло происходить не только за счет дефицита структурных липидов, но и белковых компонентов мембран, что обнаружено нами как у особей на литорали о. Малый, так и о. Олений, характеризующейся сильным загрязнением нефтеуглеводородами (выше ПДК) по сравнению с чистой зоной (Богдан и др., 2005).

**Липидный состав амфипод из разных районов Белого моря (в % к сухой массе)**

Район / Показатели	Общие липиды	Фосфолипиды
о. Лупчостров	7,0	4,7
г. Кандалакша	8,7	6,0
о. Малый	5,7	2,8
о. Ряжков	9,9	7,1
о.Телячий	10,2	8,8
Лувеньга	12,6	11,4

Таким образом, несмотря на некоторую неравномерность распределения размерных групп амфипод по биотопам Белого моря, при сопоставлении размерных характеристик и липидного состава амфипод наблюдается прямая зависимость между частотой встречаемости разных размерных групп амфипод и содержанием общих и мембранных липидов. При этом сезонные различия в размерных и липидных показателях особей связаны, в основном, с неоднородностью популяции по возрасту. Между тем их изменчивость у амфипод в разных мониторинговых полигонах Белого моря во многом обуславливается изменением темпов соматического роста вследствие различных токсических нагрузок. Такая же закономерность была обнаружена в популяциях рыб при антропогенных воздействиях в условиях Кольского Севера, которая проявлялась в сжимании структурных рядов: размерных, возрастных, нерестовых (Моисеенко, 1999).

**Литература**

Богдан В.В., Крупнова М.Ю., Шкляревич Г.А. 2005. Влияние нефти на липидный и белковый обмен у амфипод Белого моря // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера. Вологда. С. 59–61.

Моисеенко Т.И. 1999. Стратегия адаптивных ответов организмов и популяций рыб на антропогенный стресс // Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Восточной Фенноскандии. Петрозаводск. С. 143.

Сидоров В.С., Лизенко Е.И., Болгова О.М., Нефедова З.А. 1972. Липиды рыб. I. Методы анализа // В кн.: Лососевые (*Salmonidae*) Карелии. Петрозаводск. С. 152–163.

Шульман Г.Е. 1978. Липиды и их использование при плавании рыб // Элементы физиологии и биохимии общего и активного обмена у рыб. Киев. С. 100–121.

Arduini A., A. Peschiera, S. Dottori, A. Sciaroni, F. Serafini, M. Calvani. 1996. High performance liquid chromatography of long-chain acylcarnitine and phospholipids in fatty acid turnover studies // J. of Lipid Research. V.37. P. 684–689.

**MORPHOMETRIC FEATURES AND LIPIDS COMPOSITION OF WHITE SEA AMPHIPODS DURING AN ECOLOGICAL FACTORS**

**G.A. Schkljarevitch<sup>1</sup>, V.V. Bogdan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia, e-mail: gash@psu.karelia.ru

<sup>2</sup> Institute of Biology, Karelians Scientific Centre of Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

The effect of ecological factors on size classes and lipids composition of White Sea amphipods was investigated. The results of the works showed change with size and age amphipods in different anthropogenic loading.

# ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ГОРЬКОВСКОМ И ЧЕБОКСАРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩАХ НА ОСНОВЕ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Г. В. Шурганова<sup>1</sup>, М. Ю. Кочеткова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Нижегородский госуниверситет им. Н.И.Лобачевского, г. Нижний Новгород, Россия

<sup>2</sup>Федеральное государственное учреждение «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Приволжскому федеральному округу», г. Нижний Новгород,  
e-mail: shurganova@sandy.ru; Kochmarina@inbox.ru

На основании результатов собственных гидрохимических и гидробиологических исследований дается оценка качества вод и представление о видовой структуре основных зоопланктоценозов, а также характере сложившейся экологической ситуации в Горьковском и Чебоксарском водохранилищах в летнюю межень 2002 г.

## Введение

В связи с тем, что экосистемы Волжских водохранилищ, в том числе Горьковского и Чебоксарского, испытывают значительную антропогенную нагрузку, актуальной является оценка качества вод и состояния населяющих их гидробиоценозов. Для составления полного представления об экологической ситуации водохранилищ важно проводить эту оценку как с помощью физико-химических, так и биологических методов анализа. При этом результаты разных методов контроля качества вод не всегда совпадают. Если химический анализ исследует свойства воды, то биологический анализ характеризует водоем в целом, дает интегрированную оценку влияния всей совокупности загрязняющих веществ на состояние гидробиоценозов. При этом на структуру и функционирование водных сообществ влияют не только химические параметры, но и физико-географические особенности водоема, а также особенности его гидрологического режима. Известно, что зоопланктон играет существенную роль в трансформации энергии и биогенном круговороте веществ водоемов. Кроме того, сообщества зоопланктона являются хорошими индикаторами изменений условий их существования.

Целью настоящей работы была оценка экологической ситуации в водохранилищах Средней Волги – Горьковском и Чебоксарском на основе характеристик комплекса гидрохимических ингредиентов и видовой структуры сообществ зоопланктона.

## Материалы и методы исследования

Материалом для работы послужили результаты гидрохимических анализов и пробы зоопланктона, отобранные на постоянных створах озерной части Горьковского и всей акватории Чебоксарского водохранилищ в летнюю межень 2002 г. (табл. 1).

Гидрохимические анализы проводили стандартными методами (Руководство..., 1977), сбор и обработку зоопланктона – общепринятым в практике гидробиологических исследований методом (Методические рекомендации..., 1984). Расчет средних значений показателей видовой структуры зоопланктона проводился в пределах выделенных планктонных сообществ (Черепенников, Шурганова, Артельный, 2003).

Индекс загрязнения и класс качества воды по гидрохимическим показателям рассчитывали в соответствии с Методическими рекомендациями..., 1988. Расчет ИЗВ (индекса загрязнения воды) производился по 6 компонентам: БПК, O<sub>2</sub>, Fe, Cu, Ni, PO<sub>4</sub>. Класс качества воды по гидробиологическим показателям (зоопланктону) определяли по «Правилам контроля качества воды в водоемах и водотоках» (ГОСТ 17.1.3.17-82). Степень загрязненности воды по зоопланктону оценивалась с учетом индекса сапробности по Пантле и Букку в модификации Сладечека (Sladecsek, 1973) с применением списков индикаторных организмов (Wegl, 1983). Кроме этого, рассчитывался индекс видового разнообразия Шеннона, который может также служить показателем качества вод (Яковлев, 1988; Свирская, 1992).

Таблица 1

**Некоторые гидрохимические показатели качества воды Горьковского и Чебоксарского водохранилищ в летнюю межень 2002 г.**

Участок водоема	Место отбора проб	O <sub>2</sub> Мг O <sub>2</sub> /л	БПК <sub>5</sub> мгO <sub>2</sub> /л	ХПК мгO <sub>2</sub> /л	Минерализация	Взвесь мг/л	Р (PO <sub>4</sub> ) мг/л	N(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) мг/л	N(NO <sub>2</sub> ) мг/л	N(NO <sub>3</sub> ) мг/л
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПДК		6	3	15	1000	30±3%	0,2	0,39	0,02	9,1
Горьковское водохранилище										
Озерный	Юрьево, пр. б.	9,87	5,01	45,92	110	38,6	0,026	0,132	0,022	0,16
	л. б.	7,98	3,51	24,43	110	11,6	0,026	0,140	0,021	0,11
	Чкаловск, пр. б.	8,18	2,79	38,78	105	9,8	0,026	0,132	0,01	0,14
	л. б.	7,82	2,00	19,39	90	12,8	0,021	0,217	0,007	0,17
Горьковская ГЭС, пр. б.	л. б.	8,86	2,68	25,51	100	10,4	0,028	0,147	0,006	0,18
	л. б.	8,75	3,17	28,57	115	9,8	0,021	0,155	0,011	0,07
Чебоксарское водохранилище										
Верхний речной	Городец, пр. б.	8,03	3,57	45,92	115	10,2	0,065	0,155	0,005	0,1
	л. б.	7,41	2,03	25,51	110	10	0,028	0,147	0,006	0,13
	Балахна, пр. б.	7,96	1,93	34,02	130	10,8	0,05	0,155	0,03	0,20
	л. б.	7,68	2,04	34,02	112	11,4	0,03	0,14	0,01	0,17
Сорм.промузел, пр. б.	л. б.	7,34	1,91	26,8	120	13,4	0,036	0,186	0,004	0,2
	л. б.	7,26	1,44	29,89	120	9,2	0,029	0,163	0,003	0,12
Средний речной	Станция аэрации, пр. б.	6,03	1,19	28,87	250	13,6	0,092	0,202	0,021	0,382
	л. б.	6,93	2,36	39,18	200	8,2	0,043	0,07	0,014	0,068
Кстово, пр. б.	л. б.	6,53	1,99	39,18	220	8,6	0,086	0,14	0,003	0,135
	л. б.	8,43	3,85	28,87	150	9,2	0,058	0,078	0,013	0,056
Переходный	Васильсурск, пр. б.	12,47	5,72	35,64	180	12,2	0,051	0,124	0,008	0,068
	л. б.	10,32	5,23	33,66	180	9,8	0,042	0,039	0,006	0,079
Озерный	Козьмодемьянск, пр. б.	7,34	2,7	47,52	190	12,4	0,039	0,128	0,005	0,068
	л. б.	10,92	4,56	57,42	190	9,6	0,082	0,12	0,006	0,068
	Ильинка, пр. б.	11,56	4,67	35,64	177	13,4	0,08	0,237	0,005	0,056
	л. б.	10,76	3,76	39,66	185	16,2	0,024	0,144	0,005	0,056
Чебоксары, пр. б.	л. б.	8,48	2,19	31,68	185	4,4	0,026	0,116	0,006	0,068
	л. б.	9,52	2,93	29,7	177	8,2	0,031	0,175	0,006	0,079
Керженецкий отрог		12,43	8,55	32,99	150	10	0,022	0,132	0,006	0,09
Ветлужский отрог		12,63	10,75	51,48	120	18,8	0,012	2,4	0,006	0,09
Сурской отрог		8,2	4,07	33,66	300	48	0,106	0,21	0,008	0,09
р. Ока, устье	пр. б.	7,22	3,97	25,81	235	2,4	0,057	0,065	0,026	0,206
	л. б.	6,03	3,95	24,19	251	3,6	0,06	0,804	0,033	0,235

### Результаты и обсуждение

Верхний речной участок Чебоксарского водохранилища по составу и содержанию солей близок к озерной части Горьковского водохранилища. Содержание суммы ионов, нитритов, нитратов, общего фосфора здесь в целом соответствует их концентрациям в озерной части Горьковского водохранилища. Так же как в Горьковском водохранилище здесь повышено содержание органических веществ (ОВ), оцениваемое по ХПК (табл. 1). Загрязненная вода р. Оки существенно увеличивает биогенную, преимущественно, азотную нагрузку на средний речной участок водохранилища. Ниже впадения р. Оки на правобережных станциях, содержание нитратного азота в 2,4–5,6 раз выше, чем на соответствующих левобережных. Максимальная минерализация вод отмечена у правого берега ниже станции аэрации г. Н. Новгород и г. Кстово. Общая минерализация воды озерной части Чебоксарского водохранилища существенно выше, чем Горьковского (табл. 1). При относительно равномерном распределении по акватории Чебоксарского водохранилища органического вещества наблюдается превышение его концентрации в волжском (левобережном) потоке среднего речного участка водохранилища по сравнению с правобережным окским. Судя по ХПК и БПК, содержание органического вещества в озерных частях Горьковского и Чебоксарского водохранилищ сопоставимы (табл. 1).

Исследование содержания металлов в Горьковском и Чебоксарском водохранилищах показало превышение ПДК на всем исследуемом участке по меди, марганцу, железу. Максимальные кон-

центрации меди отмечены ниже г. Чкаловск (правый берег) (19 ПДК), марганцу – г. Юрьевец (левый берег) (12 ПДК), железу – г. Балахна (правый берег) (3,6 ПДК). Максимальное превышение содержания железа было зафиксировано в Керженецком отроге – 5,8–5,9 ПДК, устье р. Оки (левый берег) – 5,2 ПДК. В устье р. Оки зафиксировано также превышение содержание кадмия – в 4,8–20 раз. В Сурском отроге содержание цинка превышало предельно допустимую концентрацию в 3,9 раз. В Ветлужском отроге было зафиксировано превышение ПДК по железу в 5,8 раз. Превышения ПДК для водоемов, имеющих рыбохозяйственное значение по содержанию нефтепродуктов, СПАВ анионов, фенолов, хлоридов и сульфатов, не были отмечены ни в Горьковском, ни в Чебоксарском водохранилище.

Таким образом, Чебоксарское водохранилище является на 36 % более минерализованным по сравнению с озерной частью Горьковского, оно содержит в 2 раза больше фосфора. На отдельных станциях отбора проб обоих водохранилищ зарегистрировано существенное превышение ПДК по содержанию тяжелых металлов.

Акваторию озерной части Горьковского водохранилища занимало планктонное сообщество, доминирующими видами которого являлись *Chydorus sphaericus*, *Daphnia galeata*, *Euchlanis dilatata*. Индексы сапробности, рассчитанные по численности и биомассе индикаторных видов по акватории озерной части Горьковского водохранилища не различались. При этом наблюдалось достоверное снижение индекса видового разнообразия Шеннона в правобережье водохранилища ниже городов Юрьевец и Чкаловск.

Левобережный речной зоопланктоценоз Чебоксарского водохранилища сохранял лимнофильные черты и представлял собой трансформированный и существенно обедненный количественно зоопланктоценоз озерной части Горьковского водохранилища. Значения индексов видового разнообразия Шеннона этого зоопланктоценоза были выше, чем соответствующие значения индекса, характерные для Горьковского водохранилища.

Правобережный речной зоопланктоценоз, находящийся под формирующим влиянием вод р. Оки, характеризовался преобладанием реофильных коловраток рода *Brachionus* с доминирующим по численности видом *B. calyciflogus*. Этот зоопланктоценоз характеризовался низкими значениями индекса видового разнообразия, но достаточно высокими значениями индекса сапробности, рассчитанного по численности индикаторных видов (табл. 2).

Таблица 2

**Индекс загрязнения воды (ИЗВ), индексы сапробности и видового разнообразия Шеннона, рассчитанные по численности ( $S_n$ ,  $H_n$ ) и биомассе ( $S_6$ ,  $H_6$ ) индикаторных видов зоопланктона и класс качества воды Горьковского и Чебоксарского водохранилищ в летнюю межень 2002 г.**

Участок водоема	ИЗВ	$S_n / S_6$	$H_n / H_6$	Класс качества воды по гидрохимическим показателям	Класс качества воды по гидробиологическим показателям
<b>Горьковское водохранилище</b>					
Озерный	1,59–4,00	1,77/1,91	1,82/1,32	III – IV, умер. загрязненная, загрязненная	III, умер. загрязненная
<b>Чебоксарское водохранилище</b>					
Левобережный речной	1,15–3,82	1,89/1,71	2,98/2,77	III–IV, умер. загрязненная, загрязненная	III, умер. загрязненная
Правобережный речной	1,20–2,61	2,45/2,00	2,20/2,18	III–IV, умер. загрязненная, загрязненная	III, умер. загрязненная
Переходный	1,16–1,53	2,03/1,86	3,18/2,27	III, умер. загрязненная	III, умер. загрязненная
Озерный	1,00–1,44	1,78/1,94	2,36/1,36	III, умер. загрязненная	III, умер. загрязненная
Ока, устье	2,42–2,61	2,34/2,25	2,00/1,87	III–IV, умер. загрязненная, загрязненная	III, умер. загрязненная
Керженецкий отрог	2,53	1,60/1,65	2,56/3,16	IV, загрязненная	III, умер. загрязненная
Сурской отрог	1,16	1,69/1,83	3,02/2,85	III, умер. загрязненная	III, умер. загрязненная
Ветлужский отрог	2,67	1,65/1,59	3,03/2,39	IV, загрязненная	III, умер. загрязненная

Зоопланктоценоз переходного участка водохранилища, занимающий акваторию между левыми и правобережными речными и озерным зоопланктоценозами (Лысково – Васильсурск) имел как

лимнофильные, так и реофильные черты. Преобладающими видами зоопланктона являлись *Chydorus sphaericus* и *Daphnia galeata*, лимнофильные (*Euchlanis dilatata*) и реофильные (*Brachionus calyciflorus*) коловратки. Значение индекса видового разнообразия этого ценоза, рассчитанного по численности зоопланктона было выше, чем правобережного речного (табл. 2), что можно объяснить смешением двух разнородных водных потоков и увеличением разнообразия за счет возрастания видового богатства. Значения индексов сапробности переходного зоопланктоценоза занимали промежуточное положение между соответствующими значениями лево- и правобережного речных и не выходили за границы  $\beta$ -мезосапробной зоны.

Зоопланктоценоз озерного участка Чебоксарского водохранилища, занимающий акваторию от впадения р. Ветлуги до плотины Чебоксарской ГЭС, являлся типично лимнофильным. Он отличался существенным преобладанием ракообразных, преимущественно, *Cladocera*, при доминировании *Daphnia galeata*. Озерный зоопланктоценоз характеризовался снижением индекса видового разнообразия по сравнению с переходным. Индексы сапробности характеризовали воду озерного участка водохранилища как  $\beta$ -мезосапробную.

Керженецкий, Сурской и Ветлужский отроги Чебоксарского водохранилища несмотря на существенные различия видовой структуры и доминирующих видов, характеризовались небольшими изменениями индексов сапробности (табл. 2), что свидетельствует о принадлежности их к  $\beta$ -мезосапробной зоне. Для всех отрогов водохранилища были характерны достаточно высокие значения индексов видового разнообразия, обусловленные как значительным видовым богатством, так и выровненностью.

Таким образом, наибольшее сходство видовой структуры обнаруживалось в озерных частях двух обследованных водохранилищ. Индексы сапробности, рассчитанные по численности и биомассе индикаторных видов зоопланктона позволяет отнести все обследованные акватории к  $\beta$ -мезосапробной зоне, вода оценена III классом качества, умеренно загрязненная. Минимальные значения индекса видового разнообразия Шеннона зарегистрированы в планктонных сообществах устьевого участка р. Оки, характеризующегося III–IV классом качества воды по гидрохимическим показателям (вода умеренно-загрязненная – загрязненная), а также в озерных частях исследуемых водохранилищ. Попытка сравнения качества вод Горьковского и Чебоксарского водохранилищ по гидрохимическим показателям и видовой структуре зоопланктона позволила установить, что в отдельных случаях результаты этих оценок совпадают, в других по гидрохимическим параметрам класс качества воды оказывается выше (вода более загрязненная), чем по биологическим. В целом экологическое состояние двух исследуемых водохранилищ Средней Волги может быть оценено как «относительно-удовлетворительное» – «удовлетворительное».

#### Литература

- ГОСТ 17.1.3.07-82. 1982. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды в водоемах и водотоках. М.: Гос. ком. СССР по стандартам.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. 1984. Зоопланктон и его продукция. Л. 33 с.
- Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. 1988. М.: Гидрометиздат. 7 с.
- Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. / Ред. А. Д. Семенова. 1977. Ленинград: Гидрометиздат. 542с.
- Свирская Н. Л. 1992. Мониторинг зоопланктона // Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат. С. 105–130.
- Черепеников В. В., Шурганова Г. В., Артельный Е. В. 2003. Использование многомерного векторного анализа для оценки пространственного размещения зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища // Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 3: Тез. докл. Междунар. Конф. Тольятти. С. 303.
- Яковлев В. А. 1988. Оценка качества поверхностных вод Кольского Севера по гидробиологическим показателям и данным биотестирования (практические рекомендации). Апатиты. 27 с.
- Sladeczek V. 1973. System of water quality from biological point of view. Ergebnisse Limnologie. // Arch. Hydrobiol., Bd 7. №7. 218 p.
- Weigl R. 1983. Index für die Limnosaprobität. // Wasser und Abwasser. T. 26. 179 p.