

РАЗРАБОТКА РЕГИОНАЛЬНОЙ классификации для оценки качества ВОДЫ ВОДОЕМОВ И ВОДОТОКОВ Калининградской области **С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ** ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗООПЛАНКТОНА

В результате комплексных исследований ряда крупнейших водоемов и водотоков Калининградской области были выявлены наиболее информативные структурные показатели зоопланктона, отражающие изменение органической и биогенной нагрузки на данные водоемы и разработана региональная классификация для водоемов Калининградской области. Согласно структурным показателям зоопланктона качество воды ухудшается, а трофический статус увеличивается в ряду: реки Шешупе и Анграпа → р. Приморская → р. Дейма → р. Неман. Для водоемов озерного типа качество воды ухудшается, а трофический статус увеличивается в ряду: оз. Виштынецкое (олиго-мезотрофное) → Вислинский залив → Правдинское водохранилище → Куршский залив (гиперэвтрофный).

Введение

Возрастающее антропогенное и техногенное воздействие на природу, особо ощутимое во многих регионах Российской Федерации, включая Калининградскую область, ставит задачу разработки концепции устойчивого развития на федеральном и региональном уровне и проведения научных исследований для обеспечения экологической безопасности.

Оценка качества воды водоемов может проводиться с использованием как физико-химических, так биологических методов. С помощью физико-химических методов можно судить о состоянии водоема в данный конкретный момент времени, тогда как при

помощи методов биоиндикации можно учесть влияние всей совокупности факторов на протяжении длительного времени. Таким образом, биологический метод оценки состояния водоема позволяет решить задачи, разрешение которых с помощью физико-химических методов невозможно.

Одним из наиболее удобных сообществ, по показателям которого можно произвести данную оценку, является зоопланктон. Индикаторная роль зоопланктона в процессах загрязнения и эвтрофирования водоемов показана в ряде работ отечественных и зарубежных ученых [1-4]; разработана система показателей этого сообщества, которые могут быть использованы при диагностике трофического статуса водоема [1].

Однако существующая классификация, прежде всего степени эвтрофирования водоемов по показателям зоопланктона, хотя и разрабатывалась на основании данных, полученных по большому числу разнотипных водоемов, не учитывает региональные особенности, важные для создания основы технологии регионального контроля окружающей среды [5]. Традиционные индексы, по которым производится оценка, не равнозначны и на них существенное влияние оказывает географическое положение водоема – например, в более северных водоемах будут встречаться холодолюбивые организмы характерные для олиготрофных вод, и наоборот. Поэтому существует необходимость в разработке классификации непо-

А.С. Семенова*,
кандидат
биологических наук,
научный сотрудник
лаборатории
гидробиологии, ФГУП
«АтлантНИРО»

* Адрес для корреспонденции: a.s.semenowa@rambler.ru

средственно для определенного региона. В настоящее время в связи с увеличением водопотребления в Калининградской области возрастает отведение сточных вод, что приводит к еще большему загрязнению поверхностных водоемов [6]. Однако существующая система мониторинга состояния поверхностных вод в Калининградской области разработана не достаточно и осуществляется во многом только по физико-химическим показателям, гидробиологические показатели практически не рассматриваются.

Целью настоящей работы была разработка региональной классификации водоемов и водотоков Калининградской области по показателям зоопланктона.

Материалы и методы исследования

Исследования зоопланктона проводили в крупнейших водоемах и водотоках Калининградской области [7-9]: реках Неман, Дейма, Анграпа, Шешупе и Приморская, оз. Виштынецкое, Правдинском водохранилище, Куршском и Вислинском заливах в 2007-2010 гг. на протяжении веге-

тационного периода (с марта по ноябрь-декабрь) (табл. 1, 2). Пробы зоопланктона в пелагиали отбирали батометром Ван-Дорна объемом 6 л, в литоральной зоне – ведром. Для концентрации зоопланктона использовали планктонную сеть с размером ячеек 64 мкм. Камеральную обработку проб проводили стандартным методом, биомассу рассчитывали по размерной структуре и численности видов [10].

Для разработки региональной классификации были использованы следующие показатели зоопланктона: показатель трофии (E/O), коэффициент трофии (E), соотношение числа видов *Brachionus* и *Trichocerca* ($Q_{B/T}$), число структурообразующих видов по численности и биомассе (n_N и n_B), отношение численности Cladocera к численности Copepoda ($N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$), биомассы Cyclopoida к биомассе Calanoida (B_{Cycl}/B_{Cal}), соотношение численности и биомассы таксономических групп ($N_{Rot:Clad:Cop}$; $B_{Rot:Clad:Cop}$), средняя численность (N) и биомасса (B), индекс Шеннона, рассчитанный по численности (H_N) и по биомассе (H_B) [1], а также индекс сапробности рассчитанный по методу Пантле и Бука в модификации Сладечека [11, 12].

Таблица 1

Краткая характеристика изученных рек.

Река	Характеристика реки	Длина, км	Площадь бассейна, км ²	Глубина, м	Скорость течения, м/с	Расход воды, м ³ /с
Неман	большая	937(115)	98200	1,5-4,0	0,5-1,0	678,0
Шешупе	средняя	308(62)	6120	0,4-3,5	0,2-0,7	33,2
Анграпа	малая	172(120)	3960	0,2-3,0	0,2-0,6	14,5
Дейма	малая	37	337,5	2,0-4,0	0,1-0,5	-
Приморская	самая малая	15	126	0,2-1,5	0,1-0,3	-

Примечания: «-» – нет данных

Таблица 2

Краткая характеристика изученных экосистем озерного типа

Водоем	Средняя (максимальная) глубина, м	Площадь, км ²	Объем воды, км ³	Прозрачность, м	Трофический статус
Озеро Виштынецкое	15-20 (54)	17,89 (12,39)	0,29	6-8	олиготрофное с переходом в мезотрофную стадию
Правдинское водохранилище	3-7 (13)	2,8	-	-	гиперэвтрофное
Вислинский залив	2,7 (5,2)	838 (496)	2,3 (1,5)	0,45-1,1	эвтрофный с переходом в гиперэвтрофную стадию
Куршский залив	3,8 (5,6)	1584 (1202)	6,2	0,2-0,95	гиперэвтрофный

Примечания: «-» – нет данных; в скобках указана длина (для рек), либо площадь (для водоемов озерного типа) объектов исследования, находящихся на территории Калининградской области.



Результаты и их обсуждение

Несмотря на то, что изучение зоопланктона производили на протяжении всего вегетационного периода, для сравнения и подробного анализа были использованы данные по количественному развитию зоопланктона в летний период, так как именно в это время во всех изученных водоемах зоопланктон достигал своего максимального развития, и был представлен максимальным числом видов и таксономических групп.

Реки

В изученных реках в летний период было встречено от 10 до 21 вида (табл. 3), большая их часть принадлежала к типу Rotifera. Число структурообразующих видов по численности и биомассе было минимально (4-6), что характерно для мезо-эвтрофных вод [1]. В реках Шешупе и Анграпа наблюдался сходный комплекс доминирующих видов, в который входили *Rotaria neptunia*, *Chydorus sphaericus*, младшие возрастные стадии Cyclopoida. Кроме того, в р. Шешупе массового развития достигал *Mesocyclops leuckarti*, а в р. Анграпа – *Brachionus calyciflorus*. В р. Приморская доминировали *Lecane luna*, *Trichocerca capucina*, *Chydorus sphaericus*, *Eubosmina coregoni*, *Acanthocyclops vernalis* и младшие возрастные стадии Cyclopoida. В р. Дейма в состав комплекса доминирующих видов входили *Brachionus angularis*, *B. calyciflorus*, *Keratella cochlearis tecta*, *Trichocerca capucina*, младшие возрастные стадии Cyclopoida. В р. Неман по численности доминировали *Brachionus calyciflorus*, *B. quadridentatus*, *B. urceus*, *Euchlanis dilatata*, *E. triquetra* и науплии Cyclopoida, по биомассе – *Diaphanosoma mongolianum*, *Chydorus sphaericus*, *Paracyclops fimbriatus* и молодь Cyclopoida. Ряд видов, таких как *Keratella cochlearis tecta*, виды рода *Brachionus*, *Chydorus sphaericus*, *Eubosmina coregoni*, относятся к видам-индикаторам эвтрофных условий [1]. Эти виды были наиболее представлены в зоопланктоне рек Дейма и Неман.

Увеличение количественных показателей Rotifera и Cladocera и уменьшение численности и биомассы Copepoda в пресноводных водоемах закономерно происходит с повышением уровня трофии и поэтому может служить его индикатором [1]. В реках Анграпа, Неман и Дейма по численности доминировали коловратки (Rotifera), в р. Шешупе – Cladocera, в р. Приморская доля Rotifera, Cladocera и Copepoda в численности зоопланктона была примерно равной. По биомассе в реках Анграпа и Дейма, также

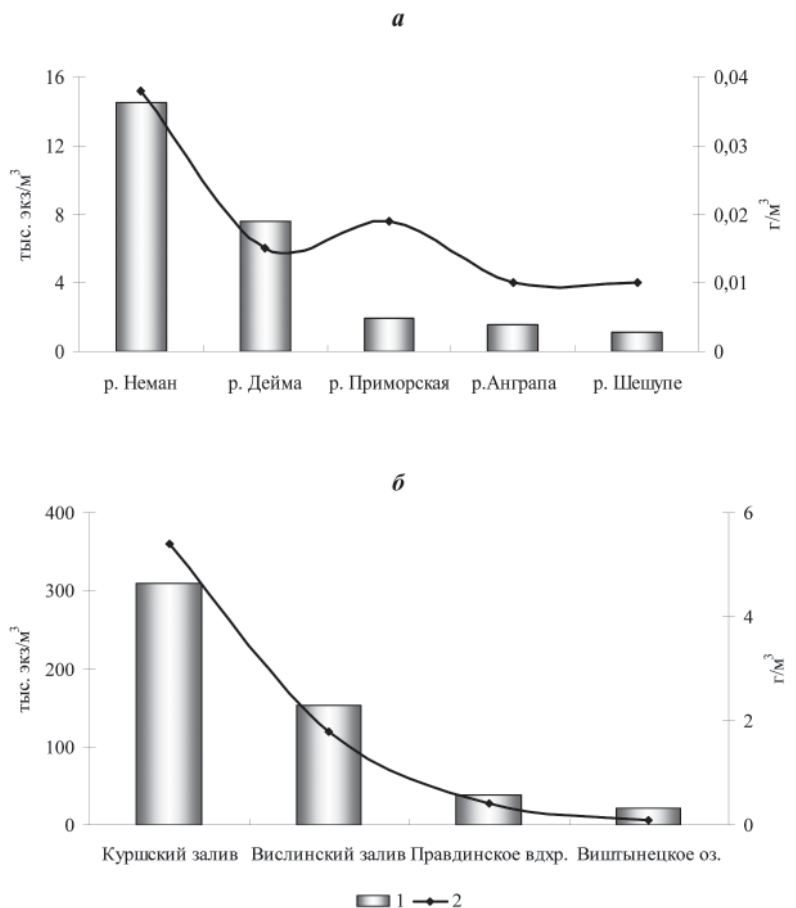


Рис. 1. Численность (1) и биомасса (2) зоопланктона в реках (а) и водоемах озерного типа (б) Калининградской области.

как и по численности, доминировали Rotifera, в р. Шешупе – Cladocera; в реках Приморская и Неман по биомассе доминировали ракообразные (Cladocera и Copepoda).

Минимальные численность и биомасса зоопланктона наблюдались в реках Шешупе и Анграпа, в реках Приморская и Дейма они были значительно выше, а максимальных значений достигали в р. Неман (рис. 1 а).

По разным структурным показателям зоопланктона воды рек Калининградской области можно отнести к разным трофическим типам (табл. 3). По показателю трофии, коэффициенту трофии и индексу Шеннона воды р. Шешупе можно охарактеризовать как эвтрофные, по индексу $Q_{B/T}$ и соотношению $N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$ – как мезотрофные, а по биомассе зоопланктона – как олиготрофные. По показателю и коэффициенту трофии воды р. Анграпа можно охарактеризовать как эвтрофные, по индексу $Q_{B/T}$ и индексу Шеннона – как мезотрофные, а по биомассе зоопланктона и соотношению $N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$ – как олиготрофные. По значениям биомассы, индексу $Q_{B/T}$ и индексу Шеннона воды р. Приморская можно отнести к олиготрофным, по соотношению $N_{Cladocera}/$

Таблица 3

Показатели зоопланктона исследованных рек Калининградской области

Показатель	Река				
	Шешупе	Анграпа	Приморская	Дейма	Неман
Число видов	12	10	13	21	18
Е/О	2 (Э)	3 (Э)	3 (Э)	8 (ГЭ)	9 (ГЭ)
Е	1,8 (Э)	1,6 (Э)	2,7 (Э)	12,9 (ГЭ)	16,7 (ГЭ)
$Q_{B/T}$	1 (М)	1 (М)	0 (О)	3 (Э)	3 (Э)
V_{Cycl}/V_{Cal}	-	-	22,73(Э)	4,47(Э)	-
$N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$	1,88 (М)	0,39 (О)	0,93 (М)	0,33 (О)	0,23 (О)
H_N , бит	1,73 (Э)	2,40 (М)	2,68 (О)	2,45 (М)	2,38 (М)
N, тыс. экз/м ³	1,11	1,55	1,90	7,60	14,50
B, г/м ³	0,006 (О)	0,008 (О)	0,019 (О)	0,015 (О)	0,038 (О)
Индекс сапробности	1,76	2,25	1,48	2,07	1,82

Примечания: О – олиготрофный, М – мезотрофный, Э – эвтрофный, ГЭ – гиперэвтрофный, «-» – нет данных

$N_{Copepoda}$ – к мезотрофным, а по показателю и коэффициенту трофии и соотношению V_{Cycl}/V_{Cal} – к эвтрофным водам. По показателю и коэффициенту трофии воды р. Дейма можно охарактеризовать как гиперэвтрофные, по индексу $Q_{B/T}$ – как эвтрофные, по индексу Шеннона – как мезотрофные, а по соотношению $N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$ и биомассе зоопланктона – как олиготрофные. По показателю и коэффициенту трофии воды р. Неман можно охарактеризовать как гиперэвтрофные, по индексу $Q_{B/T}$ и соотношению V_{Cycl}/V_{Cal} – как эвтрофные, по индексу Шеннона – как мезотрофные, а по соотношению $N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$ и биомассе зоопланктона – как олиготрофные.

По показателю сапробности воды всех изученных рек можно охарактеризовать как β-мезосапробные или умеренно загрязненные (табл. 3).

В целом для рек можно сказать, что применительно к ним существующая трофическая классификация вод не всегда адекватна и по разным структурным показателям зоопланктона качество воды рек и их трофический статус не всегда можно определить однозначно. Это, прежде всего, связано с особенностями гидрологического режима рек, в которых при высоких скоростях течения зачастую в достаточной степени могут развиваться не все группы зоопланктона. Так, в очень в небольшом количестве в реках, как правило, представлены ветвистоусые ракообразные и практически отсутствуют *Calanoida*, что делает неадекватной оценку по соотношениям $N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$ и V_{Cycl}/V_{Cal} . Также невелико и количествен-

ное развитие зоопланктона, что приводит к тому, что численность и биомасса зоопланктона в реках находится на очень низком уровне, характерном для олиготрофных водоемов. Не всегда адекватно можно оценить трофический статус и качество воды в реках и по индексу Шеннона из-за того, что в реках можно наблюдать ситуацию, когда ни один из видов не достигает высокого количественного развития, соответственно, велика выравненность в зоопланктонном сообществе, из-за чего индекс Шеннона может достигать достаточно высоких значений. Также могут быть не совсем адекватны и другие структурные показатели зоопланктона. Так, индекс сапробности не всегда выявляет различия в состоянии исследованных водотоков и иногда неадекватно отражает степень загрязнения рек. Это может быть следствием того, что этот индекс хорошо отражает сапробность водоемов, принадлежащих к самым крайним точкам шкалы – гиперэвтрофным или олиготрофным, в большинстве же водоемов обитают как виды-индикаторы эвтрофности, так и виды-индикаторы олиготрофности, так что средний индекс сапробности оказывается не слишком информативным.

Как нам представляется, в связи с такой неоднозначностью в оценке трофического состояния и качества воды в реках, нужно не только пытаться анализировать все показатели в совокупности, но и сравнивать между собой показатели по разным рекам, которые получены в один и тот же временной промежуток, для того, чтобы произвести более адекватную оценку.

Исходя из этого, качество воды ухудшается, а трофический статус увеличивается в ряду: реки Шешупе и Анграпа → р. Приморская → р. Дейма → р. Неман.

Если рассматривать реки по их величине, то очевидно, что качество воды ухудшается в более крупных реках в связи с тем, что происходит накопление загрязняющих веществ. Р. Неман протекает через территорию трех государств – Белоруссии, Литвы и Российской Федерации, на всем протяжении в реку поступают промышленные и хозяйственно-бытовые стоки, что приводит к тому, что р. Неман является наиболее загрязненной и имеет высокий трофический статус [8, 9]. В другие реки также поступают как хозяйственно-бытовые стоки, так и смывы с полей, что ведет их загрязнению и эвтрофированию [7-9, 13]. В целом все изученные реки находятся в неблагоприятном состоянии, при этом наиболее загрязнены и эвтрофированы реки Дейма и Неман, что подтверждается большинством показателей зоопланктона.

Водоемы озерного типа

Виштынецкое озеро. Зоопланктон открытой части оз. Виштынецкое в летний период был представлен 32 видами, характерными для этого водоема [14]. Наибольшее число видов принадлежало к типу Rotifera и н/отр Cladocera. Массового развития достигали *Asplanchna herricki*, *Conochilus hippocrepis*, *Kellicottia longispina*, *Daphnia longispina*, *Eubosmina longispina*, *Mesocyclops leuckarti*, *Eudiaptomus graciloides*, *Heterocope appendiculata* и *Cyclops scutifer*. В прибрежной зоне

Ключевые слова:

зоопланктон,
оценка качества
воды,
Калининградская
область,
региональная
классификация

Виштынецкого озера в районе истока р. Писса в летний период по сравнению с открытой частью в составе комплекса доминирующих видов не были отмечены такие пелагические виды, как *D. longispina*, *E. longispina*, *H. appendiculata*, *C. scutifer* и в него вошли прибрежно-зарослевые виды *Eurycercus lamellatus* и *Alonella excisa*, а также *Thermocyclops oithonoides*.

По численности и биомассе доминировали веслоногие ракообразные (Copepoda), суммарная численность и биомасса зоопланктона в прибрежной и открытой зонах были близки и составляли в среднем 21 тыс. экз/м³ и 0,092 г/м³, соответственно.

По всем структурным показателям зоопланктона открытую часть Виштынецкого озера можно оценить как олиготрофную, прибрежную зону Виштынецкого озера по коэффициенту трофии и соотношению V_{Cycl}/V_{Cal} как мезотрофную, по остальным показателям – как олиготрофную. По показателю сапробности как открытую, так и прибрежную части Виштынецкого озера можно охарактеризовать как олигосапробные или чистые (табл. 4).

Вислинский залив. Зоопланктон Вислинского залива в летний период был представлен 35 видами, наибольшее число видов относилось к типу Rotifera. В открытой части по численности и биомассе доминировали *Brachionus angularis*, *B. quadridentatus*, *Filinia longiseta*, *Diaphanosoma mongolianum*, *Eurytemora affinis*, *Acartia tonsa* и науплии Copepoda. В прибрежной зоне наблюдалось доминирование одного вида *Eurytemora affinis* как по численности,

Таблица 4

Показатели зоопланктона исследованных водоемов Калининградской области

Показатель	Виштынецкое озеро		Вислинский залив		Правдинское вдхр.	Куршский залив	
	открытая часть	прибрежная зона	открытая часть	прибрежная зона		открытая часть	прибрежная зона
Е/О	0,3 (О)	0,5 (О)	5 (ГЭ)	6 (ГЭ)	9 (ГЭ)	8 (ГЭ)	12 (ГЭ)
Е	0,2 (О)	0,4 (М)	3,4 (Э)	10,0 (ГЭ)	9,1 (ГЭ)	6,3 (ГЭ)	18,4 (ГЭ)
Q _{B/T}	0 (О)	0 (О)	2 (Э)	2 (Э)	2 (Э)	1 (Э)	6 (Э)
V_{Cycl}/V_{Cal}	0,39 (О)	0,53 (М)	0,04 (О)	0,01 (О)	18,60 (Э)	2,00 (Э)	12,89 (Э)
$N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$	0,04 (О)	0,06 (О)	0,28 (О)	0,01 (О)	2,43 (Э)	0,97 (М)	1,05 (М)
H _N , бит	3,37 (О)	2,80 (О)	1,97 (Э)	1,33 (Э)	2,35 (М)	2,18 (М)	0,21 (ГЭ)
N, тыс. экз/м ³	20,8	21,47	123	24	78,7	370	160,0
B, г/м ³	0,093 (О)	0,092 (О)	1,100 (М)	0,417 (О)	0,210 (О)	3,499 (М)	1,560 (М)
n _N	14 (О)	13 (О)	6 (Э)	5 (Э)	5 (Э)	6 (Э)	4 (Э)
n _B	10 (О)	11 (О)	4 (Э)	2 (Э)	4 (Э)	5 (Э)	5 (Э)
Индекс сапробности	1,28	1,31	1,60	2,05	1,90	1,54	1,64

Примечание: обозначения те же, что и в табл. 3.

так и по биомассе. По численности и биомассе, как в прибрежной, так и в открытой части водоема доминировали веслоногие ракообразные (Copepoda). Суммарная численность и биомасса зоопланктона в прибрежной зоне составляли 24 тыс. экз/м³ и 0,417 г/м³, соответственно, а в открытой части они были в 2-5 раз выше – 123 тыс. экз/м³ и 1,10 г/м³.

По показателю и коэффициенту трофии Вислинский залив можно оценить как гиперэвтрофный, по индексу $Q_{B/T}$ и индексу Шеннона – как эвтрофный, по соотношениям V_{Cycl}/V_{Cal} и $N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$ – как олиготрофный. По биомассе зоопланктона прибрежную зону можно оценить как олиготрофную, а открытую часть – как мезотрофную. По показателю сапробности воды Вислинского залива можно охарактеризовать как β-мезосапробные или умеренно загрязненные (табл. 4).

Правдинское водохранилище. Зоопланктон Правдинского водохранилища в районе Правдинской ГЭС-3 был представлен 25 видами, характерными для этого водоема [15, 16], доминировали коловратки (Rotifera). По численности преобладали *Asplanchna priodonta*, *Brachionus angularis*, *Brachionus calyciflorus*, *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Mesocyclops leuckarti* и науплии Cyclopoida, по биомассе – *Bosmina longirostris*, *Daphnia cucullata* и *Diaphanosoma brachyurum*. По численности наблюдалось доминирование веслоногих ракообразных (Copepoda) и коловраток (Rotifera), по биомассе – ветвистоусых ракообразных (Cladocera). Суммарная численность и биомасса зоопланктона составляли 78,7 тыс. экз/м³ и 0,210 г/м³, соответственно.

По показателю и коэффициенту трофии Правдинское водохранилище можно оценить как гиперэвтрофное, по индексу $Q_{B/T}$ и соотношениям V_{Cycl}/V_{Cal} и $N_{Cladocera}/$

$N_{Copepoda}$ – как эвтрофное, по индексу Шеннона – как мезотрофное, а по биомассе зоопланктона – как олиготрофное. По показателю сапробности воды Правдинского водохранилища можно охарактеризовать как β-мезосапробные или умеренно загрязненные.

Куршский залив. Зоопланктон Куршского залива был представлен 40 видами, наибольшее число видов принадлежало к типу Rotifera. Комплекс доминирующих видов был сходен в прибрежной и открытой частях водоема, по численности и биомассе доминировали *Keratella cochlearis tecta*, *Pompholyx sulcata*, *Diaphanosoma mongolianum*, *Chydorus sphaericus*, *Eubosmina coregoni*, *Mesocyclops leuckarti* и науплии Copepoda. По численности доминировали ракообразные (Cladocera и Copepoda), по биомассе ветвистоусые ракообразные (Cladocera). Суммарная численность и биомасса зоопланктона в прибрежной зоне составляли 160 тыс. экз/м³ и 1,56 г/м³, соответственно, а в открытой части они были более чем в 2 раза выше – 370 тыс. экз/м³ и 3,50 г/м³. Видовой состав, соотношение таксономических групп и количественные показатели зоопланктона были характерны для этого водоема [17].

По показателю и коэффициенту трофии Куршский залив можно оценить как гиперэвтрофный, по индексу $Q_{B/T}$ и соотношению V_{Cycl}/V_{Cal} – как эвтрофный, по индексу Шеннона, соотношению $N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$ и биомассе зоопланктона – как мезотрофный. По показателю сапробности воды Куршского залива можно охарактеризовать как β-мезосапробные или умеренно загрязненные. При этом структурные показатели зоопланктона, по которым производится оценка трофического статуса водоема, принимали более высокие значения в прибрежной зоне залива, где индекс Шеннона был



характерен для водоемов с экстремальными экологическими условиями (табл. 4).

Таким образом, существующая трофическая классификация достаточно хорошо отражает состояние озерных экосистем, водохранилищ, пресноводных лиманов и до некоторой степени солоноватоводных лиманов. Глубоководное олиготрофное оз. Виштынецкое является таковым по всем структурным показателям зоопланктона. Трофический статус Вислинского залива, по-видимому, переходный между эвтрофным и гиперэвтрофным, для этого водоема в связи с его солоноватоводностью ряд структурных показателей зоопланктона, таких как V_{Cycl}/V_{Cal} и $N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$, не отражают его трофического состояния. Это происходит из-за того, что в этом водоеме велика доля веслоногих ракообразных, что сказывается на значениях этих индексов. Также не вполне адекватной является и оценка по показателю биомассы. Правдинское водохранилище по структурным показателям зоопланктона является гиперэвтрофным водоемом, то, что по биомассе зоопланктона этот водоем можно по существующей трофической классификации отнести к олиготрофным водам связано с массовым развитием коловраток, имеющих малые размеры и низкую биомассу, что является характерным для гиперэвтрофных водоемов [1]. Однако стоит отметить, что происходит возрастание численности и биомассы зоопланктона от оз. Виштынецкое до Куршского залива, что в целом согласуется с трофической классификацией (рис. 1 б). Куршский залив также является гиперэвтрофным водоемом, однако по сравнению с Правдинским водохранилищем трофический статус его более высок, так как значения показателя и коэффициента трофии и индекса $Q_{В/Т}$ принимают в этом водоеме максимальные значения по сравне-

нию со всеми наблюдавшимися в других водоемах Калининградской области. Но и для Куршского залива ряд структурных показателей зоопланктона не дают адекватной оценки его трофического статуса, это такие показатели как соотношение $N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$, индекс Шеннона и биомасса зоопланктона. Некоторые несоответствия показателей зоопланктона с трофическим статусом Куршского залива могут быть связаны с тем, что в период массового развития токсичных синезеленых водорослей ряд видов и таксономических групп зоопланктона погибают [18, 19], что приводит к нехарактерному изменению структурных показателей зоопланктона.

Индекс сапробности также адекватен не для всех изученных водоемов, он применим для олиго-мезотрофного оз. Виштынецкое, однако не отражает состояние гиперэвтрофного Куршского залива.

При сравнении показателей зоопланктона в прибрежной и открытой зонах изученных водоемов можно сказать, что трофический статус литоральной зоны был выше (табл. 4), что свидетельствует о возрастании биогенной и органической нагрузки при движении от центральной к литоральной зоне.

Согласно структурным показателям зоопланктона для водоемов озерного типа качество воды ухудшается, а трофический статус увеличивается в ряду: оз. Виштынецкое → Вислинский залив → Правдинское водохранилище → Куршский залив.

Полученные данные по состоянию водоемов озерного типа хорошо согласуются с аналогичными данными, полученными другими авторами по гидрохимическим и гидробиологическим показателям [7-9, 16, 20, 21], согласно которым оз. Виштынецкое можно оценить как водоем, имеющий наименьший трофический статус – переходный от олиготрофного





к мезотрофному, а Куршский залив, наоборот, как гиперэвтрофный водоем (табл. 2), что подтверждается и большинством структурных показателей зоопланктона.

Заключение

В 2007-2010 гг. были проведены комплексные исследования ряда крупнейших водоемов и водотоков Калининградской области, был изучен зоопланктон рек Неман, Дейма, Анграпа, Шешупе и Приморская, оз. Виштынецкое, Правдинского водохранилища, Куршского и Вислинского заливов. В результате по показателям зоопланктона был определен трофический статус этих водоемов, а также выявлены наиболее информативные структурные показатели зоопланктона, отражающие изменение органической и биогенной нагрузки на данные водоемы, разработана региональная классификация для водоемов Калининградской области.

Отдельно оценивались реки и водоемы озерного типа вследствие существенных различий в их гидрологическом и гидрохимическом режиме, отражающихся на структуре зоопланктонного сообщества. Согласно структурным показателям зоопланктона качество воды ухудшается, а трофический статус увеличивается в ряду: реки Шешупе и Анграпа → р. Приморская → р. Дейма → р. Неман. Для водоемов озерного типа качество воды ухудшается, а трофический статус увеличивается в ряду: оз. Виштынецкое (олиго-мезотрофное) → Вислинский залив → Правдинское водохранилище → Куршский залив (гиперэвтрофный).

К наиболее информативным показателям, отражающим трофический статус и качество воды исследованных водоемов, относятся

показатель и коэффициент трофии, менее информативны такие показатели, как отношение числа видов р. *Brachionus* к числу видов р. *Trichocerca* ($Q_{B/T}$), отношение биомассы Cyclopoida к биомассе Calanoida (B_{Cycl}/B_{Cal}), число структурообразующих видов по численности и биомассе, численность зоопланктона, биомасса зоопланктона за летний период. Еще менее информативны и зачастую неоднозначны такие показатели, как отношение численности Cladocera к численности Copepoda ($N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$) и индекс Шеннона по численности и биомассе. Однако они хорошо отражают различия между отдельными участками в пределах одного водоема и увеличение биогенной и органической нагрузки при движении от центральной части к литорали. Поэтому при экологическом мониторинге лучше использовать все вышеназванные показатели для наиболее полной и научно обоснованной оценки состояния исследуемых водоемов.

Литература

1. Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996. 189 с.
2. Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек. М.: Наука, 2005. 263 с.
3. Haberman J. On characteristics reflecting the trophic state of large and shallow Estonian lakes (L. Peipsi, L. Võrtsjärv) / J. Haberman, R. Laugaste // Hydrobiologia. 2003. V. 506-509. №. 1-3. P. 737-744.
4. Paturej E. The relationship between the zooplankton structure of some coastal lakes and their trophic states // The Bulletin of the Sea Fisheries Institute. 2005. V. 166. №. 3. P. 79-93.
5. Левич А.П. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга / А.П. Левич, Н.Г. Булгаков, В.Н. Максимов. М.: НИИ-Природа, 2004. 273 с.
6. Саускан В.И. Состояние и тенденции изменения экологической ситуации в Калининградской области // Известия КГТУ. Калининград, 2008. № 14. С. 15-22.
7. Водоемы Калининградской области. Оценка экологического состояния / Проект TACIS ENVRUS 9803 Экологический мониторинг и управление водными ресурсами Калининградской области. Калининград, 2002. 66 с.
8. Географический атлас Калининградской области / под ред. В.В. Орленок. Калининград: Изд-во КГУ; ЦНИТ, 2002. 276 с.
9. Рыбохозяйственный кадастр трансграничных водоемов России (Калининградская

область) и Литвы. Калининград: Изд-во «ИП Мишуткина», 2008. 200 с.

10. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. / Под ред. Г.Г. Винберга Л.: ГосНИОРХ, ЗИН АН СССР. 1984. 33 с.

11. Pantle R. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas- und Wasserbach / R. Pantle, H. Buck. 1955. 96(18). 604 p.

12. Sladeček V. System of water quality from the biological point of view // Arch. Hydrobiol. 1973. V. 7. 218 p.

13. Берникова Т. А. Экологическая оценка рек Нельмы и Приморской / Т.А. Берникова В.А. Шкицкий, М.Н. Шibaева, В.Е. Рябой // Материалы Международной науч.-техн. конф., посвященная 70-летию основания КГТУ, Ч. 1. Калининград: КГТУ, 2000. С.167-168.

14. Мордухай-Болтовская Э.Д. Зоопланктон и зообентос озера Виштынецкого / Э.Д. Мордухай-Болтовская, П.И. Иванов, И.П. Машинец // Труды КТИ, 1971. Вып. 26. С. 38-53.

15. Цыбалева Г.А. Зоопланктон и зообентос Правдинского водохранилища (по данным 1979 г.) // Состояние кормовой базы и пита-

ние рыб во внутренних водоемах. Сб. научн. Тр. КТИ. Вып. 173. 1981. С. 56-63.

16. Чечко В.А. Обследование состояния вод и рекомендации по пространственной сети мониторинга реки Лавы (Калининградская область) / В.А. Чечко, А.Ф. Кулешов, Н.Г. Кудрявцев // Ученые записки РГО. Калининград: КГУ, 2003. С. 1A1-1A16.

17. Семенова А.С. Изменения зоопланктона Куршского залива в период «гиперцветения» воды // Поволжский экологический журнал. 2010. № 1. С. 86-93.

18. Семенова А.С. Доля мертвых особей в зоопланктоне Куршского залива как показатель качества воды // Вода: химия и экология. 2010. № 6. С.2-7.

19. Семенова А.С. Изменение показателей зоопланктона Куршского залива в период «гиперцветения» синезеленых водорослей// Вода: химия и экология. 2009. № 9. С.2-6.

20. Орленок В.В. Виштынецкое озеро: природа, история, экология / В.В. Орленок, Г.М. Барина, П.П. Кучерявый, Г.Л. Ульяшев. Калининград: Изд-во КГУ, 2001. 212 с.

21. Александров С.В. Первичная продукция планктона в лагунах Балтийского моря (Вислинский и Куршский заливы. Калининград: АтлантНИРО, 2010. 228 с.



A.S. Semenova

WATER QUALITY ASSESSMENT OF PONDS AND STREAMS OF KALININGRAD REGION BY ZOOPLANKTON INDICATORS

A complex research of the largest reservoirs and streams of the Kaliningrad region has been carried out. The most informative structural indices of zooplankton, reflecting changes in the organic and nutrient loading of water bodies have been developed as well as regional classification has been created.

According to the structural parameters of zooplankton water quality is deteriorating, and trophic status increases in the line rivers Sheshupe and Angrapa → river Primorskaya → river Deyma → river Neman. The same situation is observed for lake-type reservoirs: lake Vyshtynetsкое (oligo-

mesotrophic) → Vislinskiy lagoon → Pravdinskoe reservoir → Kurshskiy lagoon (hypereutrophic).

Key words: zooplankton, water-quality assessment, Kaliningrad region, regional classification