

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЗНАКОВ АНТРОПОГЕННОГО ЭВТРОФИРОВАНИЯ ДИМИКТИЧЕСКИХ ОЗЕР ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ РАЗВИТИЯ ЗООПЛАНКТОНА

Проведен сравнительный анализ таксономической структуры зоопланктона пяти озер Южного Урала различной трофности в период летней термической стратификации. Полученные данные позволяют проследить особенности трансформации зоопланктонных сообществ в ходе олиготрофно-гетеротрофной сукцессии: изменения видового состава, изменения соотношения численности представителей отдельных видов, формирование видового дефицита. На их основе предпринят ряд специальных показателей состояния зоопланктона. Разработана процедура построения экологических шкал с использованием этих показателей для выявления признаков антропогенного эвтрофирования.

Ключевые слова: зоопланктон, таксономическая структура, эвтрофирование, озера Южного Урала.

Эвтрофирование озер – достаточно опасное проявление антропогенной трансформации водоемов с замедленным водообменом. Дело в том, что на ранних стадиях развития данного процесса потребительское качество воды сохраняется на приемлемом уровне, а повышение рыбопродуктивности воспринимается как исключительно положительное изменение. Проходят десятилетия прежде, чем появление биопомех водоснабжению, гибель рыбы, снижение рекреационного потенциала напоят о накоплении в экосистеме биогенов и вовлечении их в биотический круговорот.

В Челябинской области основная рекреационная инфраструктура сосредоточена вокруг немногих, наиболее крупных и глубоких озер восточных предгорий Южного Урала. Эти озера как минимум 60 лет являются одновременно и источниками водоснабжения, и объектами рекреации. Существует реальная перспектива дальнейшего развития процессов антропогенного эвтрофирования водоемов с последующей утратой их рекреационного потенциала. На сегодняшний день сохранение этих озер хотя бы в современном состоянии – одна из первоочередных региональных природоохранных задач.

Зоопланктон – важнейший компонент водного биоценоза, осуществляющий минерализацию органического вещества и трансформацию его в доступную для рыб форму. В программы экологического мониторинга традиционно включают определение показателей развития зоопланктона, но трудности, возникающие на стадии интерпретации результатов, бывают

столь существенны, что отдельные авторы считают характеристики данного сообщества непоказательными, когда речь идет об антропогенном эвтрофировании [1].

Цель настоящей работы

Рассмотреть возможности использования особенностей таксономической структуры зоопланктона для индикации трофического состояния димиктических озер.

Для исследования были выбраны 5 водоемов, расположенных в пределах района Восточных предгорий Южного Урала (схема деления на районы М.А. Андреевой) [2]. Их морфологические характеристики приведены в табл. 1. Наличие участков со значительными глубинами способствует ежегодному формированию явно выраженной термической стратификации [3,4,5]. Все озера пресные, со сходным соотношением основных ионов в воде [6].

Таблица 1. Морфологические характеристики исследованных озер по данным М.А. Андреевой [2]

Название водоема	Средняя глубина, м	Максимальная глубина, м	Площадь водного зеркала, км ²
Увильды	14	38	68
Тургояк	19	34	26
Большой Кисегач	12	33	15
Большое Миассово	11	25	11
Малый Теренкуль	9	19	1

При выборе объектов исследования исходили из того, что озера аналогичны по происхождению, имеют сходные гидрологические и гидрохимические характеристики, но явно различаются по трофическому статусу. Их трофический статус определен ранее на основании детальных гидрохимических и гидробиологических исследований.

Озера Увильды и Тургояк, несмотря на интенсивное рекреационное использование, сохраняют черты олиготрофных водоемов [3,7,8]. Озеро Большой Кисегач до недавнего времени также считалось олиготрофным, но в последние десятилетия 20-го века ситуация изменилась, результаты наблюдений, начиная с 1994 года, указывают на мезотрофное состояние [4,9]. Озеро Большое Миассово расположено на территории Ильменского государственного заповедника, и его можно рассматривать как эталон озерной экосистемы с незначительной антропогенной трансформацией. Тем не менее, в силу природных причин это озеро является мезотрофным [10]. Озеро Малый Теренкуль по данным, собранным в 1920-х годах, характеризовалось как олиготрофное [11]. Однако длительное загрязнение хозяйственными стоками со стороны рекреационных объектов курортной зоны привело к катастрофическим последствиям. По современному состоянию данное озеро может быть отнесено к переходному гипер-политрофному типу [12].

При планировании наблюдений предполагалось, что структурные особенности зоопланктона разных по трофическому статусу озер наиболее отчетливо проявляются в середине лета, когда происходит разделение водной толщи на прогретый эпилимнион и холодный гиполимнион. В это время в гиполимнионе накапливается органика и продукты ее неполного окисления и возможно формирование дефицита кислорода. Так, в озере М. Теренкуль на момент проведения наблюдений глубже 5 м кислород практически отсутствовал, а в бескислородном слое, по мере приближения ко дну, отмечалось увеличение концентрации сероводорода [13].

Отлов гидробионтов производился на участках акватории с максимальными глубинами. Пробы на оз. Увильды были отобраны 9.07.2007 г и 8.07.2008 г. Работы на озерах М. Теренкуль, Тургояк и Б. Миассово выполнены 18.07.2009, 18.07.2010 и 27.07.2010 соответственно. Озеро Большой Кисегач было исследовано 27.07.2011. Для лова зоопланктона использовалась стандар-

тная количественная сеть Джеди (диаметр верхнего кольца 18 см, нижнего — 24 см, фильтрующий материал — газ-сито № 64). Облавливали весь столб воды от поверхности до дна. Пробы фиксировали 4% формалином.

Для определения видового состава представителей зоопланктона использовали соответствующую литературу [14,15,16,17].

Расчеты численности и биомассы производили в соответствии с «Методическими рекомендациями...» [18].

Сведения о численности отдельных видов, а также значения некоторых интегральных показателей, характеризующих сообщества зоопланктона в целом приведены в табл. 2.

Предварительный анализ приведенных данных действительно вызывает вопросы относительно показательности характеристик зоопланктона для индикации трофического статуса водоема. Например, если сравнить интегральные характеристики зоопланктона для олиготрофного оз. Увильды (2008) и гипертрофного оз. М. Теренкуль (2009) (табл. 3), то выясняется, что сообщества этих двух, весьма различных водоемов близки по численности и биомассе. Значения индекса Шеннона практически совпадают. Из 12 видов, отмеченных в оз. М. Теренкуль, 9 видов встречено и в Увильдах. Наиболее многочисленный представитель веслоногих ракообразных (Copepoda) — *Thermocyclops oithonoides* является доминирующим в обоих водоемах.

Тем не менее, при детальном рассмотрении таксономической структуры зоопланктона выявляются различия. Во-первых, видовой состав зоопланктона гипертрофного озера М. Теренкуль обеднен, видовой дефицит четко прослеживается по структуре кладоцерного комплекса, где обнаружено всего 4 вида кладоцер (оз. Увильды — 9 видов). Во-вторых, по мере повышения трофического статуса водоема меняется соотношение численности представителей основных таксономических групп. При этом доля кладоцер падает, а доля коловраток растет. В-третьих, трансформация сообщества зоопланктона в процессе эвтрофирования водоема связана не только с выпадением отдельных видов, но и появлением новых. Сравнивая приведенные списки видов, можно предположить, что в результате антропогенного эвтрофирования озера М. Теренкуль из состава планктонного комплекса выпали 12-17 видов, а появились всего 2 вида (*Brachionus diversicornis* и *Lecane luna*), представители которых

Таблица 2. Численность представителей отдельных видов Cladocera в составе зоопланктона исследованных озер, экз/м³

	Наименование видов	Тургояк, 2010 г.	Увильды, 2007 г.	Увильды, 2008 г.	Б. Миассово, 2010 г.	Б. Кисегач, 2011 г.	М. Теренкуль, 1996 г.	М. Теренкуль, 2009 г.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Олиготрофные озера			Мезотрофные озера		Гипертрофное озеро	
	Cladocera							
1	<i>Daphnia longispina</i> (O. F. Muller, 1785)	6	-	96	38	539	1510	7705
2	<i>Daphnia cucullata</i> (Sars, 1862)	4196	12254	9140	9931	4162	-	-
3	<i>Daphnia cristata</i> (Sars, 1862)	210	-	105	27	-	-	-
4	<i>Diaphanosoma brachium</i> (Levin, 1848)	714	1358	690	1379	1687	85	-
5	<i>Bosmina longirostris</i> (Muller, 1785)	3172	3634	6336	-	-	348	15
6	<i>Bosmina kessleri</i> (Uljanin, 1874)	3081	-	-	3677	3063	-	-
7	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (Muller, 1785)	2522	384	63	1	30	-	-
8	<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F.Muller, 1785)	-	156	35	6885	24	6	-
9	<i>Sida crystallina</i> (O.F.Muller, 1776)	-	+	-	-	6	-	-
10	<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	6	52	57	69	40	6	8
11	<i>Bythotrephes longimanus</i> (Schoedler, 1863)	-	1	-	88	3	3	6
12	<i>Polyphemus pediculus</i> (Linneus, 1778)	77	77	16	-	-	-	-
13	<i>Holopedium gibberum</i> (Zaddach, 1855)	42	-	-	-	-	-	-
14	<i>Alonella nana</i> (Baird, 1850)	1	-	-	-	-	-	-
	Общая численность кладоцер	14027	17916	16538	22095	9556	1958	7734
	Copepoda							
1	<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg, 1888)	4	311	48	294	1492	1162	7
2	<i>Cyclops strenuus</i> (Fischer, 1851)	-	-	-	-	1464	-	-
3	<i>Cyclops vicinus</i> (Uljanin, 1875)	131	-	205	-	-	-	-
4	<i>Cyclops insignis</i> (Claus, 1857)	5	-	-	-	-	-	-
5	<i>Cyclops sp.</i> (O.F.Muller, 1776)	1	-	-	5773	-	-	-
6	<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	-	+	-	-	-	-	-
7	<i>Megacyclus sp.</i> (Kiefer, 1927)	-	+	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863)	1323	4851	3143	3090	2917	929	4933
9	<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	-	-	-	-	3	-	-
10	<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	33	12	139	833	1177	423	67
11	Копеподиты циклопид	1451	8901	292	3777	4112	3252	1421
12	Nauplii	1362	2560	607	3585	2051	19165	2662
	Общая численность копепод	4310	16635	4434	17352	13221	24931	9090
	Rotifera							
1	<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse, 1850)	160	-	11	3	1159	-	-
2	<i>Pompholyx sulcata</i> (Hudson, 1885)	-	-	-	-	2803	-	-
3	<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	1181	+	250	110	18	-	-
4	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	18	+	5	140	12	-	6193
5	<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	-	-	373	16	2	1742	987
6	<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski et Zacharias, 1893)	-	-	-	15	5	-	-
7	<i>Conochilus unicornis</i> (Rousselet, 1892)	37	-	-	-	-	-	-
8	<i>Brachionus diversicornis</i> (Daday, 1883)	-	-	-	-	-	-	1651
9	<i>Brachionus quadridentatus</i> (Herman, 1783)	-	-	-	-	-	116	-
10	<i>Lecane luna</i> (O. F. Muller, 1776)	-	-	-	-	-	581	1059
11	<i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	-	209	-	3833	11
12	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	80	+	594	175	-	581	-
13	<i>Vipalpus hudsoni</i> (Imhof, 1891)	170	1425	279	-	-	-	-
14	<i>Polyarthra</i> sp. (Ehrenberg, 1834)	98	-	-	4	17	-	-
	Общая численность коловраток	1744	1425	1512	672	4016	6853	9901
	Интегральные показатели							
	Число видов	24	18	19	21	21	14	12
	Общая численность, экз/м ³	20081	35976	22484	40119	26793	33742	26725
	Соотношение численности Clad: Cop: Rot, %	70:21:9	50:46:4	73:20:7	55:43:2	36:49:15	6:74:20	29:34:37
	Биомасса, мг/м ³	368	500	570	1050	1194	120	658
	Индекс Шеннона	2,98	2,11	2,29	2,70	3,19	2,87	2,25

Примечание: знаком «+» в таблице отмечены виды, представители которых встречались единично и их численность не определялась

способны существовать в водах с высоким содержанием органики.

Таким образом, специфические изменения таксономической структуры зоопланктона прослеживаются вполне отчетливо и, при соответствующей формализации, могут быть использованы для индикации эвтрофирования.

Мы исходили из того, что на трофический статус водоема указывает не только наличие представителей какого-либо вида, но и их отсутствие. Например, сам факт отсутствия представителей массовых видов *Daphnia cucullata* и *Ceriodaphnia quadrangula* в пресном озере может свидетельствовать о высоком трофическом статусе. Поэтому для формализации сведений, характеризующих видовой дефицит, предлагается рассчитать специальный показатель, который далее мы будем называть индексом видового дефицита и обозначать аббревиатурой SDI (Species Deficiency Index).

Степень приуроченности особей данного вида к водоемам с определенным трофическим статусом отражает балльная оценка. Она присваивается каждому виду в соответствии с правилами, приведенными в табл. 3, исходя из данных табл. 2, собранных в период с 2007 года по 2011 год. Пример расчета SDI для представителей *Cladocera* показан в табл. 4, а результа-

ты расчетов полностью в табл. 5. Из табл. 5 следует, что наилучшим образом исследуемые озера различаются не по значениям индекса, рассчитанного для всех трех основных компонентов зоопланктона, а в том случае, когда учитываются лишь кладоцеры и коловратки.

Примечательно, что численное различие индексов между мезотрофными озерами (Б. Миссова, Б. Кисегач) и гипертрофным озером М. Теренкуль достаточно велико, и это вполне согласуется с общей практикой выделения отдельного класса эвтрофных озер. Существенное расхождение значений индекса видового дефицита, рассчитанных для зоопланктона озера М. Теренкуль по данным 1996 и 2009 годов, вполне могут интерпретироваться как результат прогрессирующего эвтрофирования.

Наряду с замещением одних видов другими, а также уменьшением их общего числа, характерным признаком антропогенной трансформации является увеличение неравномерности распределения численности между видами, что проявляется в наличии явно выраженных доминантов. Мы пытались использовать это обстоятельство для увеличения чувствительности рассчитываемых показателей в отношении процесса эвтрофирования озер. В табл. 6 заданы коэффициенты, характеризующие относительное оби-

Таблица 3. Балльная оценка, характеризующая степень приуроченности вида к водоемам с определенным трофическим статусом

№	Группы видов	Присутствие	Отсутствие	Представители групп видов
1	Встречены только в олиготрофных	4	-4	<i>P. pediculus</i> , <i>H. gibberum</i> , <i>B. hudsoni</i>
2	Встречены в олиго- и мезотрофных	3	-3	<i>D. cucullata</i> , <i>D. cristata</i> , <i>D. brachiurum</i> , <i>B. kessleri</i> , <i>C. quadrangula</i> , <i>Ch. sphaericus</i> , <i>S. crystallina</i> , <i>A. priodonta</i> , <i>K. longispina</i> , <i>F. longiseta</i> , Представители рода <i>Cyclops</i> .
3	Встречены только в мезотрофных	2	-2	<i>P. sulcata</i> , <i>T. capucina</i>
4	Встречены во всех, в массе в олиго-	2	-2	<i>B. longirostris</i> ,
5	Встречены во всех водоемах	1	-1	<i>L. kindtii</i> , <i>B. longimanus</i> , <i>E. graciloides</i> , <i>Th. oithonoides</i> , <i>M. leuckarti</i>
6	Встречены в мезо- и гипертрофных	-1	1	<i>E. dilatata</i>
7	Встречены во всех, в массе в гипер-	-2	2	<i>D. longispina</i> , <i>K. cochlearis</i> , <i>K. quadrata</i>
8	Встречены только в гипертрофных	-4	4	<i>L. luna</i> , представители рода <i>Brachionus</i>
9	Встречены единичные особи	0	0	<i>A. nana</i> , <i>M. albidus</i> , <i>Megacyclops</i> sp., <i>E. serrulatus</i>

Примечание: присутствие представителей рода *Polyarthra*, видовую принадлежность которых не удалось надежно установить на фиксированном материале, в расчетах специальных показателей в внимание не принималось

лие отдельных видов. Эти коэффициенты использовали для расчета еще одного специального показателя, который далее будем называть комбинированный индекс и обозначать – $C_{(SDI)}$. Для этого определили долю численности каждого вида по отношению к общему числу гидробионтов за минусом личиночных стадий копепод и коловраток рода *Polyarthra* (см. примечание к табл. 3). Так, общая численность гидробионтов для оз. Тургояк – 20081 экз/м³ (табл. 2).

За минусом численности науплиусов, копепод, коловраток рода *Polyarthra* она составляет 17170 экз/м³. На долю представителей *D. cucullata* численностью 4196 экз/м³ прихо-

дится 24,4%, что соответствует субдоминирующему виду с коэффициентом «5» (табл. 6).

При расчете комбинированного индекса значение балльной оценки, характеризующей степень приуроченности каждого вида к водоемам с определенным трофическим статусом из табл. 3, умножается на соответствующий коэффициент, характеризующий его относительное обилие из табл. 6. В случае с *D. cucullata* балльная оценка «3» умножается на коэффициент «5». Произведения, полученные аналогичным способом для всех видов, суммируются. Результаты вычислений приведены в табл. 5.

Таблица 4. Пример расчета индекса видового дефицита на основе сведений о присутствии отдельных видов *Cladocera* исследованных озерах

	Наименование видов	Тургояк, 2010 г.	Увильды, 2007 г.	Увильды, 2008 г.	Б. Миассово, 2010 г.	Б. Кисегач, 2011 г.	М. Теренкуль, 1996 г.	М. Теренкуль, 2009 г.
		Олиготрофные озера			Мезотрофные озера		Гипертрофное озеро	
1	<i>Daphnia longispina</i>	-2	2	-2	-2	-2	-2	-2
2	<i>Daphnia cucullata</i>	3	3	3	3	3	-3	-3
3	<i>Daphnia cristata</i>	3	-3	3	3	-3	-3	-3
4	<i>Diaphanosoma brachiurum</i>	3	3	3	3	3	3	-3
5	<i>Bosmina longirostris</i>	2	2	2	-2	-2	2	2
6	<i>Bosmina kessleri</i>	3	-3	-3	3	3	-3	-3
7	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	3	3	3	3	3	-3	-3
8	<i>Chydorus sphaericus</i>	-3	3	3	3	3	3	-3
9	<i>Sida crystallina</i>	-3	3	-3	-3	3	-3	-3
10	<i>Leptodora kindtii</i>	1	1	1	1	1	1	1
11	<i>Bythotrephes longimanus</i>	-1	1	-1	1	1	1	1
12	<i>Polyphemus pediculus</i>	4	4	4	-4	-4	-4	-4
13	<i>Holopedium gibberum</i>	4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
	Сумма баллов	17	15	9	5	5	-15	-27

Таблица 5. Значения индекса видового дефицита и комбинированного индекса для различных компонентов зоопланктона

Компоненты	Тургояк, 2010 г.	Увильды, 2007 г.	Увильды, 2008 г.	Б.Миассово, 2010 г.	Б.Кисегач, 2011 г.	М.Теренкуль, 1996 г.	М.Теренкуль, 2009 г.
	Олиготрофные озера			Мезотрофные озера		Гипертрофное озеро	
Значения индекса видового дефицита (SDI)							
<i>Cladocera</i>	17	15	9	5	5	-15	-27
<i>Scolecopoda</i>	6	0	6	6	6	-2	0
<i>Rotifera</i>	18	12	14	8	8	-20	-30
Суммарное значение	41	27	29	19	19	-37	-57
<i>Cladocera</i> + <i>Rotifera</i>	35	27	23	13	13	-35	-57
Значения комбинированного индекса $C_{(SDI)}$							
<i>Cladocera</i>	72	63	50	50	42	-9	-31
<i>Scolecopoda</i>	14	6	14	21	24	2	6
<i>Rotifera</i>	36	29	32	12	25	-41	-65
Суммарное значение	122	98	96	83	91	-47	-90
<i>Cladocera</i> + <i>Rotifera</i>	108	92	82	62	67	-50	-96

Из табл. 5 следует, что диапазон значений комбинированного индекса значительно шире, чем индекса видового дефицита. При этом, за счет высокой относительной численности представителей рода *Synslops* в мезотрофных озерах, разрыв значений между олиготрофными и мезотрофными озерами сокращается, а между мезотрофными и гипертрофным возрастает. Если, как в предыдущем случае, исключить из расчетов копепод, то относительные различия между озерами различных трофических классов сохраняются. Поэтому, есть основание полагать, что комбинированный индекс позволяет проследить более тонкие изменения таксономической структуры зоопланктона, чем индекс видового дефицита.

По сравнению с общепринятыми показателями предложенные индексы имеют определенные преимущества для выявления признаков эвтрофирования. Во-первых, они учитывают не только факт присутствия в пробе представителей определенного вида, но и факт их отсутствия. Во-вторых, в основу вычисления предлагаемых индексов положены балльные оценки, непосредственно характеризующие приуроченность отдельных видов гидробионтов к водоемам с определенным трофическим статусом, в то время как, традиционно используемые показатели связаны с трофностью косвенно. Соответственно, предложенные индексы позволяют отчетливо различать по структуре зоопланктона, озера близкие по трофическому статусу.

Таблица 6. Коэффициенты, характеризующие относительное обилие отдельных видов

Категория	Доля в общей численности	Коэффициент
Доминирующие	Более 40%	6
Субдоминирующие	20–40%	5
Многочисленные	5–20%	4
Малочисленные	1–5%	3
Редкие	Менее 1%	2
Отсутствующие	0%	1

Приведенные расчеты, по сути, представляют собой калибровку экологической шкалы для пресных димиктических озер Южного Урала. В ходе этой процедуры, особенности таксономической структуры зоопланктона были соотнесены с трофностью. При проведении дальнейших исследований аналогичных озер использование этой шкалы позволяет по фрагментарным данным численно характеризовать состояние водоема, а при наличии серии наблюдений, выявить тенденцию его изменения.

Таким образом, несмотря на отсутствие универсальной методики, позволяющей выявлять признаки антропогенного эвтрофирования озер по состоянию зоопланктона, определенные успехи могут быть достигнуты на локальном уровне за счет использования новых характеристик данного сообщества и разработки специальных процедур сравнения.

28.08.2013

Список литературы:

1. Семин В.А. Основы рационального водопользования и охраны водной среды. М.: Высшая школа. – 2001. 320 с.
2. Андреева М.А. Озера Среднего и Южного Урала. Челябинск: Южно-Уральское кн. изд-во. – 1973. 269 с.
3. Экология озера Тургойск // Под ред. В. А. Ткачева, А. Г. Рогозина. – Миасс: Ильменский государственный заповедник УрО РАН. – 1998. 154 с.
4. Захаров С.Г. Озеро Большой Кисегач. Челябинск: Челябинский Дом печати. – 2002. 48 с.
5. Речкалов В.В., Голубок О.В. Вертикальное распределение зоопланктона термически стратифицированных озер Челябинской области // Вестник Челябинского государственного университета. – 2011. – №5 (220). – Экология. Природопользование. – Вып. 5. – С. 110–124.
6. Черняева Л.Е., Черняев А.М., Еремеева М.Н. Гидрохимия озер (Урал и Приуралье). Ленинград: Гидрометеоиздат. – 1977. 633 с.
7. Рогозин А.Г. Зоопланктон озера Увильды (Южный Урал) // Известия Челябинского научного центра. – 2009. – Вып.1(43). – С. 62–67.
8. Снитко Л. В. Экология и сукцессии фитопланктона озер Южного Урала. Миасс: НИСО УрО РАН. – 2009. 376 с.
9. Захаров С.Г. Антропогенная эвтрофикация и пути восстановления озер Кисегачской курортной местности // Сборник трудов международной научно-практической конференции. Санкт – Петербург 15–18 октября 2007. – 2007. – С. 127–134.
10. Экология озера Большое Миассово // Под ред. А. Г. Рогозина, В. А. Ткачева. – Миасс: Ильменский государственный заповедник УрО РАН. – 2000. 286 с.
11. Подлесный А.В., Троицкая В.И. Ильменские озера и их рыбохозяйственная оценка // Тр. Уральск отд. ВНИИОРХ. – 1941. – Т. 3. – С. 121–174.
12. Рогозин А.Г. Зоопланктон озера Малый Теренкуль (Южный Урал) // Известия Челябинского научного центра. – 2009. – Вып.3(45). – С. 29–33.
13. Речкалов В.В., Голубок О.В. Состав и особенности вертикального распределения зоопланктона озера Малый Теренкуль (Челябинская область) // Актуальные проблемы изучения биоты Южного Урала и сопредельных территорий: материалы Всероссийской научно-практической конференции (15 ноября 2010 г.). Орск: Издательство ОГТИ. – 2010. – С. 57–64.
14. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Ленинград: Наука. – 1970. 744 с.

15. Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки Фауны СССР. Определители по фауне СССР, издаваемые Зоологическим институтом АН СССР. Москва – Ленинград: Изд-во АН СССР. – 1964. 327 с.
16. Рылов В.М. Сулороида пресных вод. Фауна СССР. Ракообразные. Москва – Ленинград: Изд-во АН СССР. – 1948. 318 с.
17. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон // Под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолыхина. – М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2010. 495 с.
18. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция // Под ред. Г.Г. Винберга. – Ленинград: ГосНИОРХ. – 1983. – 34 с.

Сведения об авторе:

Речкалов Валерий Витальевич, гидробиолог 2-й категории Аналитического центра ЗАО «РОСА», кандидат биологических наук

119297, г. Москва, ул. Родниковая д. 7, строение 35, тел. (495) 4351822, e-mail: v_rechkalov@mail.ru

Голубок Оксана Васильевна, аспирант кафедры общей экологии, факультета экологии Челябинского государственного университета

454001, г. Челябинск, ул. Василевского, д. 75, тел. (351) 2533879, e-mail: pridymala@mail.ru

UDC 574.51

Golubok O.V., Rechkalov V.V.

IDENTIFYING SIGNS OF ANTHROPOGENIC EUTROPHICATION OF DIMICTIC LAKES BY INDICATORS OF THE STATE OF ZOOPLANKTON

The results of the comparative analysis of zooplankton taxonomic structure of five South Ural lakes with different trophic status during summer stratification are presented. The simplification of taxonomic structure of zooplankton communities in conditional series of oligotrophic-gipertrophic lakes succession is fixed. On the basis of these phenomena suggested a number of specific indexes of the zooplankton state. Using these indexes, the procedure for the construction of ecological scales to identifying anthropogenic eutrophication signs of deep lakes is developed.

Key words: zooplankton, taxonomic structure, eutrophication, South Urals lakes.

Bibliography:

1. Semin V.A. Basis for the rational use and protection of the aquatic environment. Moscow: Vysshchay shkola. – 2001. 320 pp.
2. Andreeva M.A. Middle and South Urals lakes. Chelyabinsk: South Ural book. publ. – 1973. 269 pp.
3. Ecology of Turgojak Lake // Ed. V.A. Tkachev, A.G. Rogozin, Miass: Ilmensky State Reserve of the Ural Branch of the Academy of Sciences. – 1998. 154 pp.
4. Zakharov S.G. Bolshoy Kisegach Lake. Chelyabinsk: Chelyabinskiy Dom pechaty. – 2002. 48 pp.
5. Rechkalov V.V., Golubok O.V. Vertical distribution of zooplankton thermally stratified lakes in Chelyabinsk region // Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2011. – № 5 (220). – Ecology. Natural resources. – Issue. 5. – P. 110–124.
6. Chernyaeva L.E., Chernyaev A.M., Eremeeva M.N. Hydrochemistry Lakes (Ural and Ural's foothill). Leningrad: Gidrometeoizdat. – 1977. 633 pp.
7. Rogozin A.G. Zooplankton of Uvidy Lake (South Urals) // Izvestiya Chelyabinskogo nauchnogo centra. – 2009. – Issue 1 (43). – P. 62–67.
8. Snit'ko L.V. Ecology and succession of phytoplankton Lakes South Urals. Miass: Scientific Research Council of the Ural Branch of the Academy of Sciences. – 2009. 376 pp.
9. Zakharov S.G. Anthropogenic eutrophication of lakes and the road to recovery Kisegachskoy resort area // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Saint – Petersburg 15-18 October 2007. – 2007. – P. 127–134.
10. Ecology of Bol'shoe Miassovo Lake // Ed. A.G. Rogozin, V.A. Tkachev, Miass: Ilmensky State Reserve of the Ural Branch of the Academy of Sciences. – 2000. 286 pp.
11. Podlesniy AV, Troitskaya V.I. Ilmenskye lakes and their fisheries assessment // Trudy Ural'skogo otdeleniya VNIORH. – 1941. – Т. 3. – P. 121–174.
12. Rogozin A.G. Zooplankton of Malyiy Terenkul Lake (South Urals) // Izvestiya Chelyabinskogo nauchnogo centra. – 2009. – Issue 3(45). – P. 29–33.
13. Rechkalov V.V., Golubok O.V. The composition and characteristics of the vertical distribution of zooplankton of Malyiy Terenkul Lake (Chelyabinsk region) // Actual problems of studying the biota of the Southern Urals and adjacent areas: Materials of All-Russian scientific-practical conference (15 November 2010). Orsk. Publisher OGTI. – 2010. – P. 57–64.
14. Kutikova L.A. Rotifers of the USSR fauna (Rotatoria). Leningrad: Nauka. – 1970. 744 pp.
15. Manuylova E.F. Cladocerans of the USSR fauna. Keys to the fauna of the USSR published by the Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences. Moscow – Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. – 1964. 327 pp.
16. Rilov V.M. Cyclopoida freshwater. Fauna of the USSR. Crustaceans. Moscow – Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. – 1948. 318 pp.
17. The determinant of zooplankton and benthos of freshwater European Russia. Т. 1. Zooplankton // Ed. V.R. Alexeev, S.Y. Tsalolikhin. – Moscow: Tovarischestvo nauchnykh izdaniy KMK. – 2010. 495 pp.
18. Guidelines for the collection and processing of materials for hydrobiological studies on freshwater ponds. Zooplankton and its products // Ed. G.G. Winberg. – Leningrad: GosNIORH. –1983. 34 pp.