

*Ольга Анатольевна АЛЁШИНА —  
доцент кафедры зоологии и ихтиологии,  
к. биол. н.*

*Светлана Владимировна ЧУКАНОВА —  
студентка 5 курса биологического  
факультета*

УДК 574.633

## **СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ ВОДОЕМОВ г. ТЮМЕНИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ МАКРОЗООБЕНТОСА**

*АННОТАЦИЯ. В работе представлены данные о макрозообентосе четырех озер в черте г. Тюмени: Кривое, Песьяное, Прорва и Утиное. Определены видовой состав и структура сообществ. Рассмотрена динамика видового разнообразия и количественного развития макрозообентоса за вегетационный сезон. Дана оценка качества воды и стабильности донных сообществ.*

*The authors present data on macrozoobenthos of the four lakes in the town limits of Tyumen: Krivoye, Pesyanoye, Prorva and Utinoye, determine the macrozoobenthos species composition and community structure, examine the dynamics of species diversity and quantitative development of macrozoobenthos during the vegetation season, and assess the water quality and stability of benthos communities.*

Малые водоемы, расположенные на территории г. Тюмени, имеют большое значение в хозяйственном, рекреационном и эстетическом отношении. К сожалению, в настоящее время многие из них являются резервуарами отходов и источниками заболеваний населения. Тем не менее водные объекты на территории города остаются практически не изученными. В связи с этим оценка современного состояния внутригородских водоемов, подверженных длительной и интенсивной антропогенной нагрузке, приобретает особую актуальность [1].

Наиболее ценную информацию о масштабах и интенсивности загрязнения можно получить при анализе состояния донных сообществ, как долгоживущего и относительно стационарного компонента гидроэкосистемы, наиболее четко отражающего степень загрязнения водоема, особенно хронического [2].

Исходя из вышесказанного, была определена цель работы: выявить современное состояние малых водоемов г. Тюмени по показателям макрозообентоса. В задачи исследований входило: 1) определить видовой состав и таксономическую структуру макрозообентоса; 2) выявить количественное развитие макрозообентоса за вегетационный сезон (численность, биомасса); 3) оценить качество воды по показателям макрозообентоса; 4) оценить устойчивость донных сообществ.

Для исследования были выбраны озера с различным уровнем антропогенной нагрузки: Кривое, Песьяное, Прорва и Утиное. Оз. Кривое было исследовано в двух частях, разделенных автодорогой. Западная часть озера обозна-



чена нами как Кривое-1, восточная (у д. Зайково) — как Кривое-2. Сбор проб зообентоса проводили ежемесячно с мая по сентябрь 2004 года. Для сбора донной фауны использовали дночерпатель Петерсена с площадью захвата 0,01 м<sup>2</sup>. В целом за исследованный период было собрано и обработано по общепринятым методикам 104 пробы зообентоса [3, 6].

В составе донного населения озер за период наблюдений было найдено 53 вида и таксона более высокого ранга 37 родов (табл.1).

Таблица 1

Видовой состав макрозообентоса исследованных озер

Видовой состав	Кривое-1	Кривое-2	Утинное	Песьяное	Прорва
Хирономиды					
<i>Chironomus cingulatus</i> Meigen	+	+	+	+	-
<i>Chironomus heterodentatus</i> Konstantinov	+	+	-	+	+
<i>Chironomus plumosus</i> (Linné)	+	+	+	+	+
<i>Chironomus sp.</i>	+	+	+	-	-
<i>Cryptochironomus defectus</i> Kieffer	+	-	-	+	-
<i>Cryptocladopelma viridula</i> (Fabricius)	+	-	-	+	-
<i>Endochironomus albipennis</i> (Meigen)	-	-	-	-	+
<i>Eleuria lacustris</i> Kieffer	-	-	-	+	-
<i>Glyptotendipes glaucus</i> (Meigen)	+	+	+	+	+
<i>Glyptotendipes paripes</i> Edwards	+	-	-	-	-
<i>Leptochironomus tener</i> (Kieffer)	-	-	-	+	-
<i>Limnochironomus tritonus</i> (Kieffer)	-	-	+	-	+
<i>Parachironomus kuzini</i> Shilova	+	+	-	-	-
<i>Polypedilum convictum</i> (Walker)	+	-	-	-	-
<i>Polypedilum scalaenum</i> (Schranck)	-	-	+	-	-
<i>Polypedilum tetracrenatum</i> Hirvenoja	+	-	-	+	-
<i>Tanytarsus sp.</i>	+	-	-	+	-
<i>Cricotopus gr. silvestris</i> Fabricius	+	-	-	-	-
<i>Anatopynia plumipes</i> (Fries)	-	-	+	+	+
<i>Procladius ferrugineus</i> Kieffer	+	+	+	+	+
<i>Tanyptus punctipennis</i> Meigen	-	+	+	-	+
<i>Tanyptus vilipennis</i> (Kieffer)	+	+	+	-	+
Хаобориды					
<i>Chaoborus crystallinus</i> (De Geer)	+	+	+	+	+
<i>Chaoborus flavicans</i> (Meigen)	+	+	+	+	+
Мокрецы					
<i>Mallochohelea inermis</i> Kieffer	+	-	-	-	-
<i>Mallochohelea munda</i> (Loew)	+	-	-	-	-
<i>Sphaeromias fasciatus</i> (Meigen)	+	-	+	-	-
<i>Sphaeromias pictus</i> (Meigen)	+	-	+	-	-
Поденки					
<i>Caenis horaria</i> (Linné)	+	-	-	-	-
Жуки					
<i>Gyrinus sp.</i> Linné	+	-	-	-	-
Двустворчатые моллюски					
<i>Sphaerium corneum</i> (Linné)	[+]	[+]	-	-	-



Таблица 1 (продолжение)

Видовой состав	Кривое-1	Кривое-2	Утиное	Песьяное	Прорва
Брюхоногие моллюски					
<i>Anisus albus</i> (O. F. Müller)	-	-	[+]	-	-
<i>Anisus contortus</i> (Linne)	[+]	-	-	-	-
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linne)	+	[+]	+	[+]	[+]
<i>Bithynia troscheli</i> Paasch	[+]	-	-	-	-
<i>Limnaea fragilis</i> (Linne)	+	+	-	[+]	-
<i>Limnaea ovata</i> (Draparnaud)	+	-	-	-	-
<i>Limnaea peregra</i> (O. F. Müller)	[+]	[+]	-	-	-
<i>Physa fontinalis</i> (Linne)	[+]	-	-	-	-
<i>Planorbarius corneus</i> (Linne)	[+]	[+]	-	-	-
<i>Valvata piscinalis</i> (O. F. Müller)	[+]	[+]	-	-	-
<i>Valvata</i> juv.	[+]	-	[+]	[+]	[+]
<i>Viviparus contectus</i> (Millet)	+	+	-	-	-
Олигохеты					
<i>Nais communis</i> Piguët	+	+	+	+	+
<i>Ophidonais serpentina</i> (O. F. Müller)	+	-	+	-	-
<i>Aulodrilus limnobius</i> Bretscher	+	+	-	+	-
<i>Limnodrilus claparedeanus</i> Ratzel	+	+	-	+	+
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparède	+	+	+	+	+
<i>Limnodrilus udekemianus</i> Claparède	+	+	+	+	+
<i>Potamothrix hammoniensis</i> (Michaelson)	+	+	-	+	-
<i>Tubifex tubifex</i> (O. F. Müller)	+	+	+	+	+
<i>Tubificidae</i> juv.	+	+	+	+	+
Пиявки					
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linné)	+	-	+	-	-
<i>Helobdella stagnalis</i> (Linné)	+	+	+	-	-
Нематоды					
<i>Mermitidae</i> sp.	-	-	+	-	-

Примечание: [+] - мертвые организмы

Для зообентоса всех озер характерно преобладание личинок некровососущих комаров-хируномид. Наиболее богат качественный состав оз. Кривое-1, в котором было зафиксировано 44 вида. Следует отметить, что для этого водоема характерно наибольшее видовое разнообразие моллюсков, весьма требовательных к качеству вод, и только здесь обнаружены представители поденок — одной из чувствительных индикаторных групп [4]. Вероятно, это озеро в меньшей степени подвержено загрязнению, так как кроме д. Букино на юго-западном берегу, никаких строений, в том числе и промышленных предприятий, вблизи озера нет. Самое низкое видовое разнообразие (18 видов) отмечено в оз. Прорва, имеющего тесную связь с р. Тура в ее нижнем течении, где ситуацию с загрязнением усугубляют



сточные воды г. Тюмени [5]. Видовой состав в остальных озерах состоял из 24-26 видов. В связи с этим донное сообщество оз. Кривое-1 характеризуется более высоким показателем среднесезонного индекса Шеннона (3), оз. Прорва — самым низким (1,9). Динамика индекса Шеннона представлена на рис. 2.

Помимо загрязнения, на формирование видовой состава макрозообентоса оказывали влияние и другие факторы. Так, в озерах Кривое-2 и Песьяное наблюдалось обмеление, а в оз. Прорва — полное пересыхание части водоема, сопровождающиеся гибелью многих обитателей прибрежья. В оз. Песьяное проводились дноуглубительные работы, механически уничтожающие донных беспозвоночных литорали.

Согласно индексу фаунистического сходства, наибольшее совпадение по видовому составу (71%) наблюдалось между двумя частями оз. Кривое, что объясняется их прямой связью во время половодья. Наименьшее значение индекса (45%) отмечалось между озерами Кривое-1 и Прорва (табл. 2).

Таблица 2

Индексы фаунистического сходства исследованных озер (по Серенсену), %

	1	2	3	4	5
1		71	52	59	45
2			59	64	64
3				49	65
4					62
5					

Примечание: 1. Кривое-1; 2. Кривое-2; 3. Утиное; 4. Песьяное; 5. Прорва

В течение вегетационного сезона в озерах наблюдалось как увеличение, так и снижение числа видов, обусловленные в основном жизненными циклами хирономид (рис. 2).

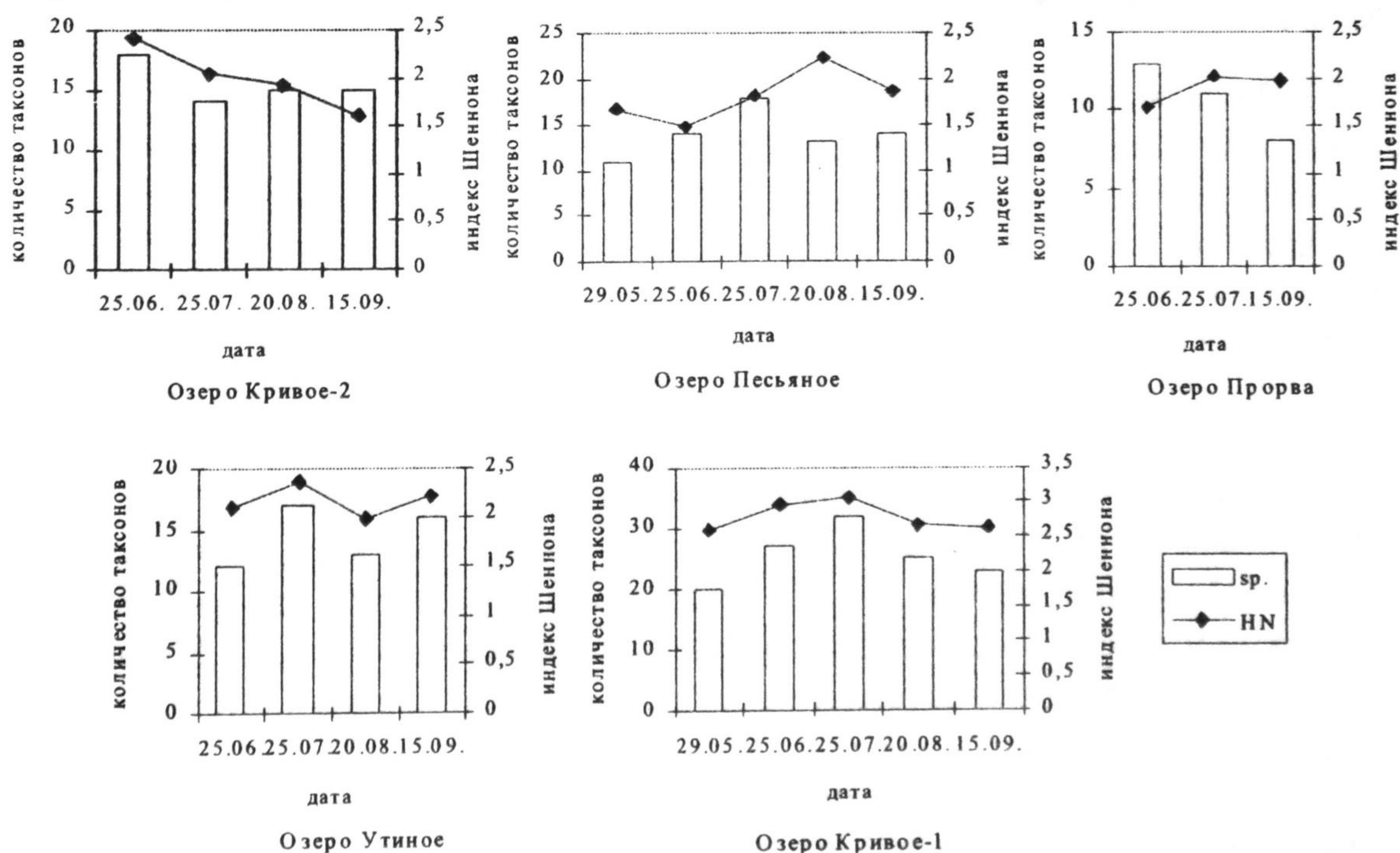


Рис. 2. Динамика видовой состава макрозообентоса и индекса Шеннона в озерах



Исключение составляет оз. Прорва, в котором в течение всего периода исследования видовой состав гидробионтов уменьшался. Это связано, в первую очередь, с неблагоприятным гидрологическим режимом водоема.

Исследованные озера отличались не только по видовому составу, но и по количественному развитию бентофауны (рис. 3). Наибольшие средние показатели численности макрозообентоса отмечены в озерах Песьяное (9,4 тыс. экз./м<sup>2</sup>) и Кривое-2 (4,2 тыс. экз./м<sup>2</sup>), в основном за счет развития двух групп беспозвоночных: хирономид и олигохет. В оз. Песьяное соотношение этих групп составило 53,9% и 45,8%, оз. Кривое-2 - 66,1% и 30,5% соответственно. Вероятно, это можно объяснить благоприятным термическим режимом водоемов, так как они мелководны и хорошо прогреваемы. Известно, что с повышением температуры укорачиваются жизненные циклы беспозвоночных, возрастает число поколений у отдельных форм [6, 8]. Средняя биомасса макрозообентоса в оз. Песьяное составила 18,2 г/м<sup>2</sup>. Она слагалась из представителей «мягкого» бентоса — хирономид (54%) и олигохет (45,4%). Средняя биомасса в оз. Кривое-2 была выше и достигала 25,2 г/м<sup>2</sup>. Ее основу составили хирономиды (44,4%) и имеющие более высокую индивидуальную массу моллюски (40,3%).

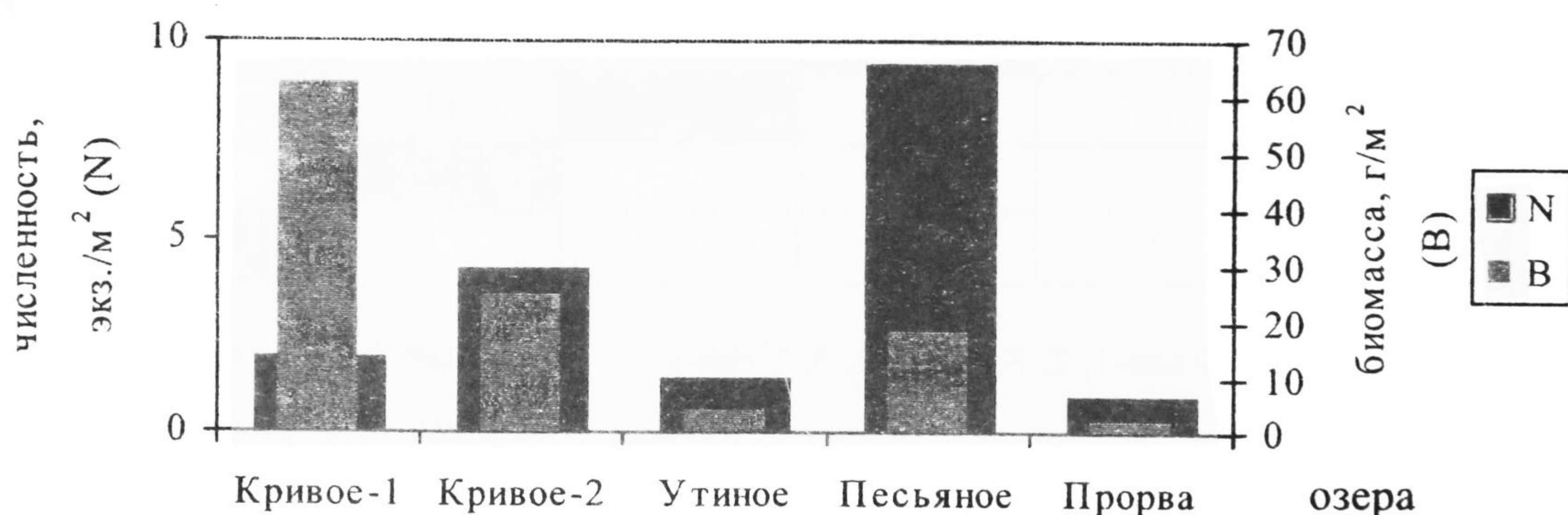


Рис. 3. Средние показатели численности и биомассы макрозообентоса исследованных озер

Наибольшая среднесезонная биомасса (62,5 г/м<sup>2</sup>) отмечена в оз. Кривое-1, основной вклад в которую вносили моллюски (87,5%). Средняя численность донных беспозвоночных в этом водоеме была меньше, чем в предыдущих озерах (2,0 тыс. экз./м<sup>2</sup>) и слагалась из представителей разных групп: олигохет (29,7%), мокрецов (24,7%), хирономид (19,8%) и хаоборид (17,5%), ни одна из которых не играла ведущей роли в биоценозе, что, возможно, связано с более благоприятными условиями среды обитания для гидробионтов.

Невысокие показатели среднесезонной численности (1,4 тыс. экз./м<sup>2</sup>) и биомассы (4,1 г/м<sup>2</sup>) макрозообентоса отмечались в оз. Утиное, которое расположено в центре города и испытывает большую антропогенную нагрузку. По численности здесь доминировали хирономиды (43,5%) и олигохеты (30,2%), по образуемой биомассе — хирономиды (28,6%) и моллюски (27,1%).

Самые низкие показатели количественного развития макрозообентоса (0,9 тыс. экз./м<sup>2</sup> и 2,2 г/м<sup>2</sup>) наблюдались в оз. Прорва, причем основной вклад в численность и биомассу вносили олигохеты (74,7% и 76,7% соответственно). Невысокие количественные характеристики донного сообще-



ства связаны с неустойчивым гидрологическим режимом озера, а также еще раз свидетельствуют о наибольшем его загрязнении.

Сезонная динамика количественного развития бентофауны озер имеет свои особенности (рис. 4). Так, в оз. Прорва отмечалось снижение численности и биомассы к концу вегетационного сезона. В остальных водоемах количественные показатели к осени нарастали.

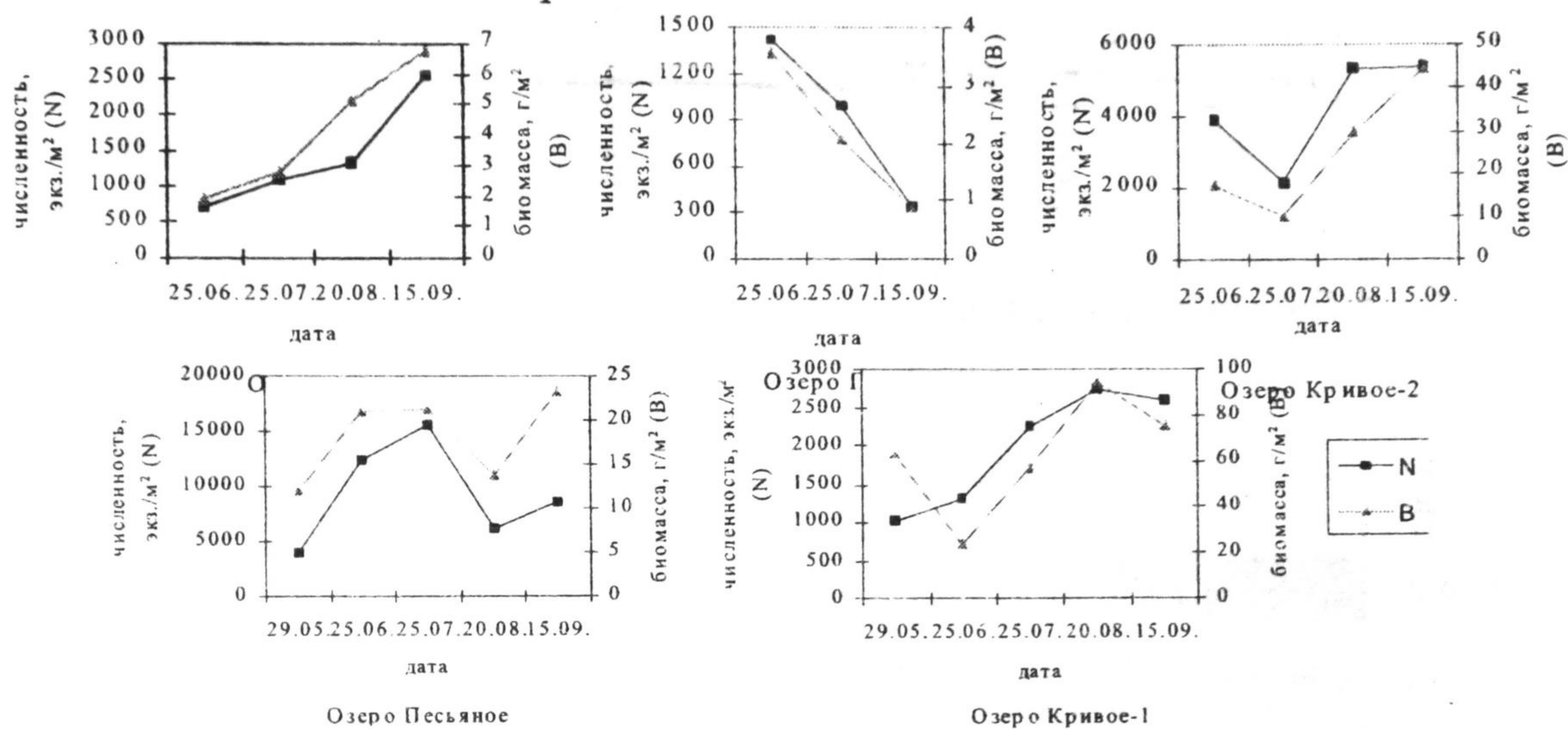


Рис. 4. Динамика количественного развития макрозообентоса озер

В озерах Кривое-2 и Песьяное, где доля хирономид в донных сообществах наиболее высока, сезонная динамика бентофауны определялась спецификой их развития. «Провалы» численности и биомассы связаны с вылетом насекомых в воздушную среду, максимумы — с накоплением биомассы отродившимися личинками новых генераций. В озерах Кривое-1 и Утиное массовые вылеты хирономид были полностью скомпенсированы развитием других групп беспозвоночных, поэтому здесь резких колебаний численности и биомассы в течение вегетационного сезона не наблюдалось.

На основе изучения структурных характеристик сообществ макрозообентоса озер была установлена следующая закономерность. В озерах Кривое-2, Утиное и Песьяное зообентос слагался в основном из хирономид и олигохет, устойчивых к загрязнению (рис. 5). В оз. Прорва ведущая роль в донной фауне принадлежала более выносливым к загрязнению олигохетам. В оз. Кривое-1 доля олигохет и хирономид снижалась, но возрастала доля моллюсков и мокрецов, характерных для более чистых водоемов. Аналогичная закономерность распределения данных групп макрозообентоса в водоемах с разной степенью загрязнения освещена в литературе [2, 4, 6].

В связи с различным уровнем загрязнения, доминирующими видами в макрозообентосе озер являлись представители разных групп (рис. 6). Так, в оз. Кривое-1 руководящим видом стал представитель брюхоногих моллюсков *Viviparus contectus*, среднесезонный индекс доминирования которого составил 37,7 (рис. 6). В озерах Кривое-2 и Песьяное доминировали хирономиды: в первом — *Chironomus plumosus* (27,8), во втором — *Ch. plumosus* (17,3) и *Fleuria lacustris* (20,6). В оз. Утиное лидировали *Ch. plumosus* (6,1) и *Limnodrilus hoffmeisteri* (7,3) из олигохет. В оз. Прорва в качестве доминантов выступали только олигохеты из семейства тубифицид *L. hoffmeisteri* (7,8) и *Tubifex tubifex* (6,8).



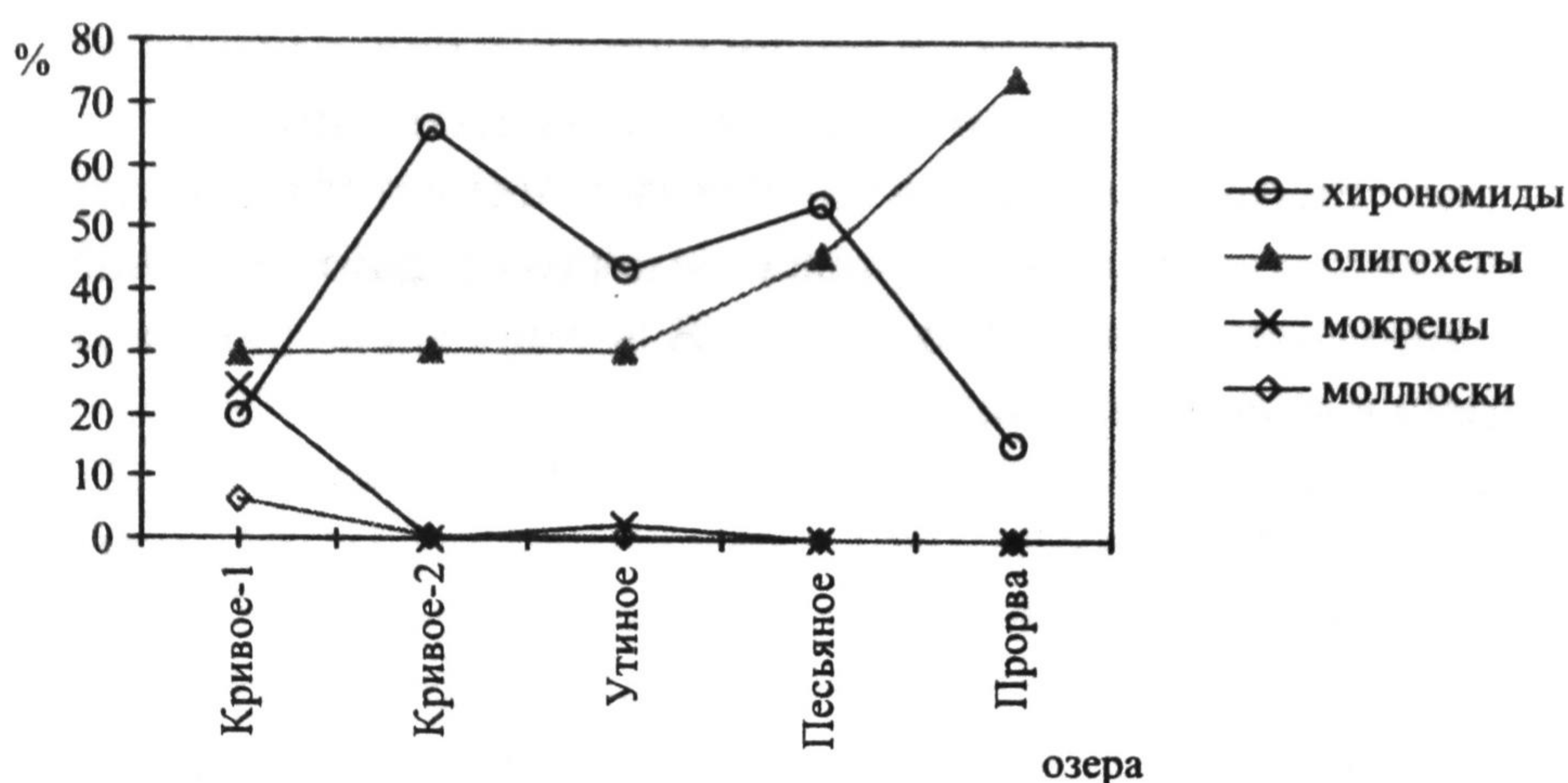


Рис. 5. Доля (в % от общей численности) основных таксономических групп макрозообентоса озер

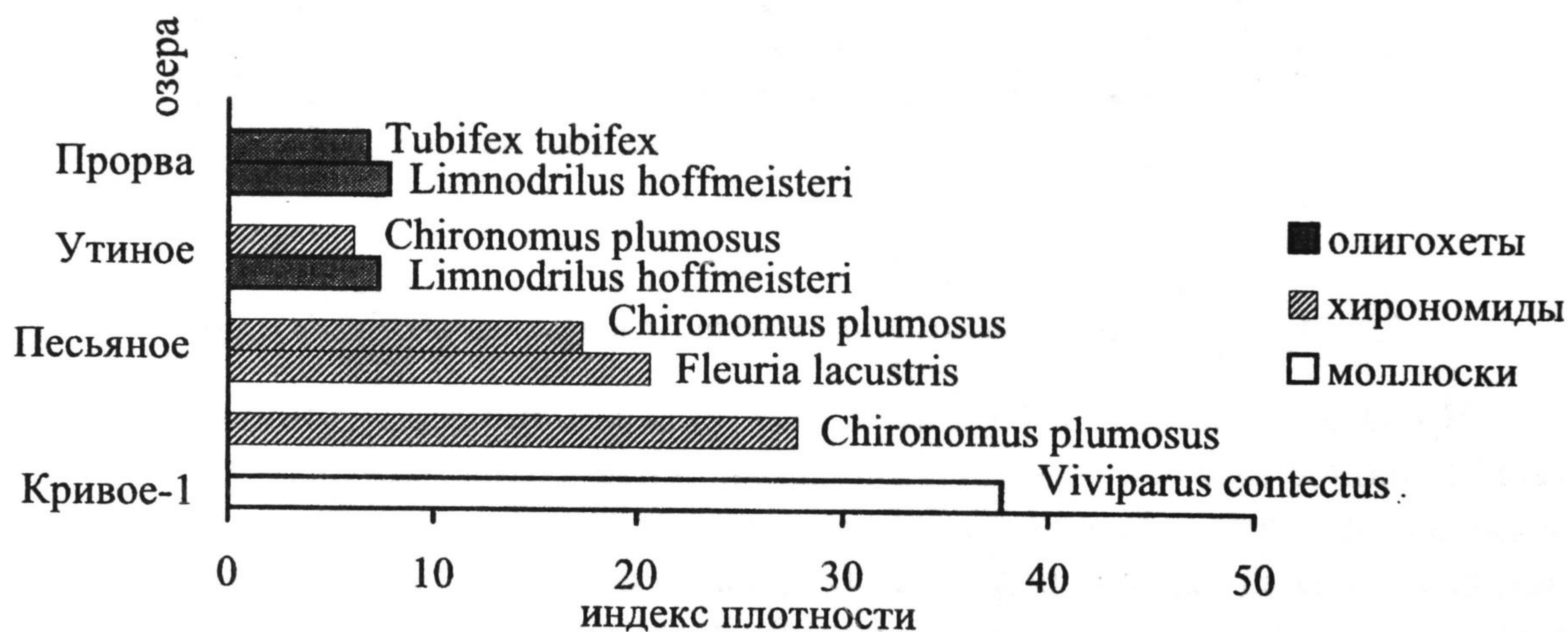


Рис. 6. Доминирующие виды макрозообентоса исследованных озер

Для оценки качества воды были рассчитаны общепринятые в гидробиологии индексы Вудивисса, Гуднайта-Уитлея, Пареле и Балушкиной [3, 6, 9] (табл. 3).

Таблица 3

Оценка качества воды по показателям макрозообентоса

Индексы и оценка качества воды	Озера				
	Кривое-1	Кривое-2	Утинное	Песьяное	Прорва
индекс Гуднайта-Уитлея, %	29,81	30,54	30,25	45,82	74,40
оценка состояния	хорошее	хорошее	хорошее	хорошее	сомнительное
индекс Вудивисса	6	2	2	2	2
оценка качества воды	чистое	загрязненное	загрязненное	загрязненное	загрязненное
индекс Балушкиной	6,36	6,95	7,05	6,65	8,55
оценка качества воды	умеренно загрязненное	загрязненное	загрязненное	загрязненное	загрязненное
индекс Пареле	0,78	0,88	0,95	0,81	0,96
оценка качества воды	загрязненное	сильно загрязненное	сильно загрязненное	сильно загрязненное	сильно загрязненное



Как видно из таблицы, примененные индексы, учитывающие отдельные характеристики зообентоса, дают значительный разброс результатов, что отмечается и в научной литературе [9]. По большинству гидробиологических индексов озера Кривое-2, Утинное, Песьяное и Прорва относятся к категории «загрязненных», в оз. Кривое-1 качество воды соответствует «чистым» — «умеренно загрязненным» водам.

Для выяснения уровня загрязнения водоемов был использован видоизмененный индекс отклонения от фонового состояния [2]. За фоновый принят водоем, в котором отмечен минимальный уровень загрязнения и максимальное разнообразие сообщества зообентоса — оз. Кривое-1. Согласно полученным результатам индекс отклонения от фона, как по численности, так и по биомассе, является невысоким для озер Кривое-2 и Песьяное и находится в пределах 12-18% (рис. 7).

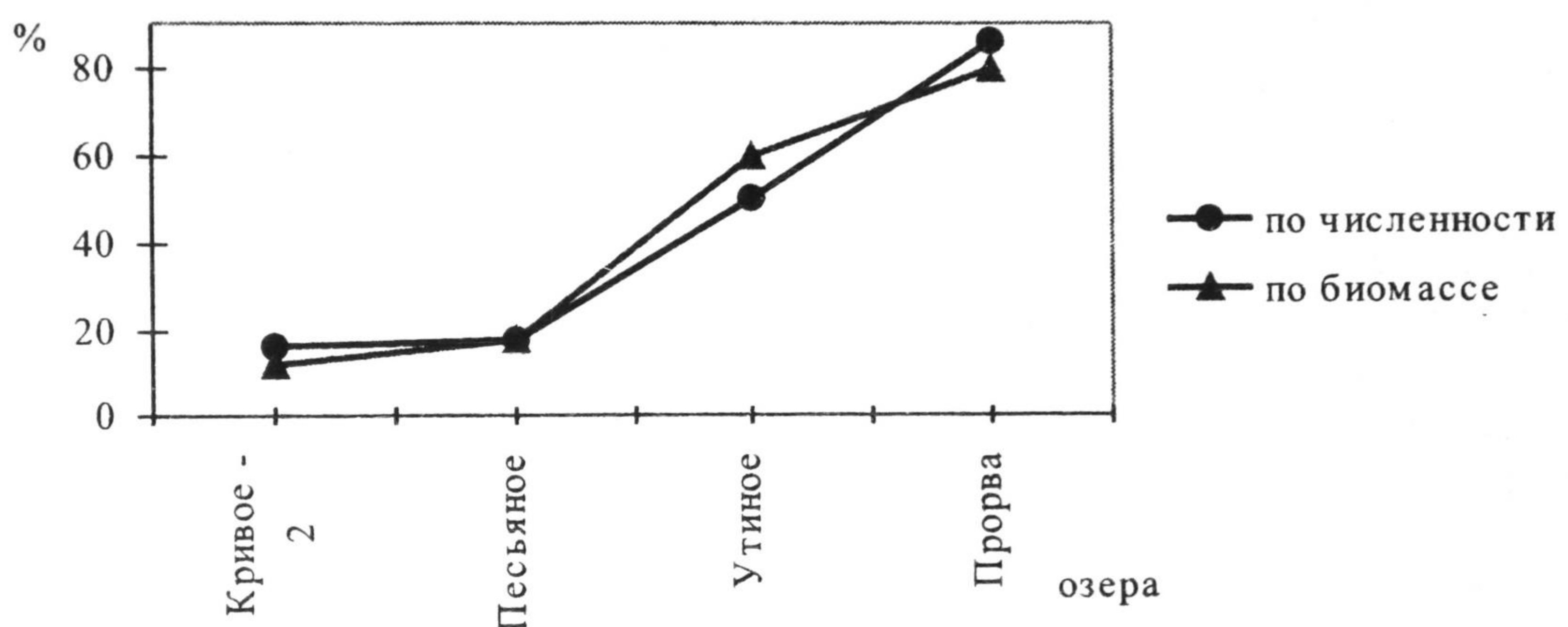


Рис. 7. Индекс отклонения от фонового состояния бентоценозов исследованных озер

Для находящегося в центре города оз. Утинное индекс отклонения возрастает до 50-60%, а для оз. Прорва — до 80-86%, что указывает на большую степень их загрязнения.

Для определения стабильности донных сообществ озер, подверженных антропогенному воздействию, была использована количественная мера — коэффициент компенсации ( $Z$ ), предложенный Л. Н. Ермаковым и Б. Я. Рябко [7]. Величина коэффициента характеризует эффективность механизмов стабилизации в биоценозе. Стабильность максимальна, когда  $Z$  равна 1 и минимальна, когда  $Z$  равна 0. Рассчитанные величины  $Z$  показали, что наиболее стабильно донное сообщество оз. Кривое-1 ( $Z=0,8$ ), наименее — оз. Прорва ( $Z=0,37$ ). Устойчивость бентоценозов озер Кривое-2, Песьяное и Утинное оценивается величинами  $Z$ , равными 0,71; 0,62 и 0,67 соответственно.

### Выводы

1. Видовой состав макрозообентоса озер представлен 53 видами и таксонами более высокого ранга 37 родов. Наиболее богат качественный состав оз. Кривое-1 (44 вида), наименее — оз. Прорва (18 видов). Индекс фаунистического сходства составлял 45-71%.

2. Среднесезонная численность макрозообентоса в разных водоемах варьировала в пределах: 0,9-9,4 тыс. экз./м<sup>2</sup>, биомасса — 2,2-62,5 г/м<sup>2</sup>. Наибольшие показатели численности зафиксированы в оз. Песьяное, а биомассы — в оз. Кривое-1; наименьшее количественное развитие отмечено в оз. Прорва.



3. Доминирующими группами по численности в озерах являлись хирономиды и олигохеты, кроме оз. Кривое-1, где ни одна из групп макрозообентоса не вошла в категорию доминантов. Основной вклад в биомассу макрозообентоса озер вносили моллюски, хирономиды и олигохеты. В оз. Прорва по обоим показателям лидировали олигохеты.

4. С увеличением уровня загрязнения водоемов происходит обеднение видового состава, изменение характера доминирования, исчезновение чувствительных видов.

5. По гидробиологическим индексам озера Кривое-2, Утинное, Песьяное и Прорва относятся к категории «загрязненных», оз. Кривое-1 — «чистых» — «умеренно загрязненных». Наибольшее отклонение от фона имели озера Утинное и Прорва.

6. Коэффициент компенсации макрозообентоса озер варьировал в пределах 0,37-0,8. Наиболее стабильно донное сообщество оз. Кривое-1, наименее — оз. Прорва.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мусиенко А. И. Тюмень. Градостроительная экология. Анализ состояния, проблемы, пути решения: Монография. Челябинск: АБРИС, 2001. 256 с.

2. Исаченко-Боме Е. А. Оценка современного состояния водных экосистем бассейна реки Туры по структуре макрозообентоса в условиях хронического антропогенного воздействия. Автореф. дис. ... канд. б. наук. Ин-т биол. внутр. вод им. И. Д. Папанина. Борок, 2004. 24 с.

3. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 204 с.

4. Метелев В. В. Водная токсикология: монография / В. В. Метелев, А. И. Канаев, Н. Г. Дзасохова. М.: Колос, 1971. 248 с.

5. Исаченко-Боме Е. А. Бентические сообщества реки Туры в пределах Тюменской области / Е. А. Исаченко-Боме, Л. В. Михайлова // Вестник ТГУ. 2001. № 3. Тюмень, 2001. С. 56-65.

6. Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям / под ред. В. А. Абакумова. М.: Гидрометеиздат, 1981. 280 с.

7. Ермаков Л. Н. Количественная мера эффективности механизмов стабилизации сообщества / Л. Н. Ермаков, Б. Я. Рябко // Журн. общей биол. 1981. № 4. С. 512-518.

8. Балущкина Е. В. Функциональное значение личинок хирономид в континентальных водоемах: Монография. Л.: Наука, 1987. 185 с.

9. Силаева А. А. Зообентос водоема — охладителя Хмельницкой АЭС и оценка качества воды по донным беспозвоночным / А. А. Силаева, А. А. Протасов // Гидробиол. ж. 2002. № 6. С. 46-59.