

Основным фактором, обуславливающим качественные изменения компонентного состава органического вещества низинного торфа в штабелях, является температура и продолжительность хранения. В процессе саморазогревания, при повышении температуры до определенного предела, повышается ценность торфа в качестве компонента при компостировании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кустарев В. И., Регинбогин А. Н. Комплексно использовать торфяные удобрения // Пути рационального использования торфа и торфяно-болотных почв в сельском хозяйстве: Мат. конф. работников сельского хозяйства. Тюмень, 1973.
2. Агрохимические методы исследования почв. М., 1975. С. 63–105.
3. Превращение торфа и его компонентов в процессе саморазогревания при хранении. Минск, 1972. С. 172–177.

*Ольга Анатольевна АЛЕШИНА —
доцент кафедры ихтиологии,
кандидат биологических наук;*

*Виктория Григорьевна КАТАНАЕВА —
доцент кафедры органической
и экологической химии,
кандидат химических наук;*

*Сергей Иванович ЛАРИН —
доцент кафедры экологического
мониторинга и землеведения,
кандидат географических наук*

УДК 574.633

К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ОЗЕР ВИКУЛОВСКОГО РАЙОНА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ*

АННОТАЦИЯ. В работе определен видовой состав, таксономическая структура и количественное развитие сообществ зоопланктона. Дана оценка сапробиологического состояния озер по индикаторным организмам, установлены корреляционные зависимости суммарного индекса загрязнения со структурными показателями зоопланктоценозов.

The authors define species contents, taxonomic structure and the quantitative development of zooplankton groups, offer their assessment of saprobiological conditions of lakes in accordance with indicating organisms, and state the correlating interdependence of the total pollution index and zooplanktoncenosis structural indicators.

Первые гидрохимические и гидробиологические исследования озер Викуловского района проводились в начале 60-х и 80-х гг. прошлого века с целью их рыбо-

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 04-05-65200 и по программе «Университеты России» № z3459-04.

хозяйственного использования [1, 2]. В результате были получены сведения о химическом составе воды и кормовой базе рыб (видовой состав и продукционные характеристики зоопланктона и макрозообентоса). Настоящая работа посвящена оценке экологического состояния озер Викуловского района по гидробиологическим показателям, которая на данной территории не проводилась. В качестве биологического объекта в индикационных целях при диагностике состояний озерных экосистем был использован зоопланктон как система биоценотического уровня. В задачи исследований входило: 1) определить видовой состав, таксономическую структуру, численность и биомассу зоопланктона; 2) оценить по индикаторным организмам планктонных сообществ сапробность вод; 3) определить суммарный индекс загрязнения в исследуемых озерах; 4) установить корреляционную зависимость суммарного индекса загрязнения с показателями структуры зоопланктона.

Исследования зоопланктона проводились в конце вегетационного периода (сентябрь-октябрь). Количественные пробы собирались малой сетью Джеди (газ № 68), тотальным ловом в разных участках водоема.

В составе сообществ зоопланктона шести озер было обнаружено 18 видов беспозвоночных, относящихся к трем основным систематическим группам: Rotatoria, Copepoda, Cladocera (табл. 1). Зоопланктон исследованных водоемов близок по составу и представлен 10–12 видами, характерными в основном для пелагиали. В озерах Б. Моховое и М. Чуртан, где все дно покрыто мягкой погруженной растительностью, толще воды в достаточном количестве обнаружены фитофильные виды рода *Ceriodaphnia*. Во всех экосистемах преобладали ракообразные. Роль коловраток была незначительна (0,4–8,3%), за исключением оз. Б. Чуртан, где доля коловраток от общей биомассы зоопланктона достигала 32,2%. Рассчитанный по видовому составу коэффициент общности Серенсена варьировал от 55% до 92%. Наименьшие значения индекса имели озера Среднее и М. Чуртан. Наибольшие значения отмечены для озер Среднее и Б. Моховое. Несмотря на значительное видовое сходство, планктонные сообщества водоемов отличались по таксономической структуре (табл. 2).

Таблица 1

Видовой состав зоопланктона исследуемых озер

Группа и вид	Оз. Среднее	Оз. Домашнее	Оз. Варзанка	Оз. Ближнее Моховое	Оз. Большой Чуртан	Оз. Малый Чуртан
Rotatoria						
<i>Filinia passa</i> Ehrenberg	+	+	+	+	-	+
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott)	+	+	+	+	-	-
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	+	+	+	+	+	+
<i>Keratella quadrata</i> (Muller)	+	+	+	+	-	+
<i>Synchaeta stiiata</i> Gosse	+	-	-	-	-	-
<i>Conochilus unicornis</i> (Rousselet)	+	-	-	-	-	-
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg	-	-	+	-	-	-
Итого:	6	4	5	4	1	3
Copepoda						
<i>Cyclops kolensis</i> Lilljeborg	-	+	+	-	-	+
<i>Cyclops vicinus</i> (Uljanine)	-	+	-	+	+	+
<i>Mesocyclops crassus</i> (Fischer)	+	+	-	+	-	-
<i>M. leuckarti</i> (Claus)	+	-	-	-	+	+
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg)	+	+	+	+	+	+
Итого:	3	4	2	3	3	4
Cladocera						
<i>Biapertura affinis</i> Leydig	-	-	-	+	+	+
<i>Bosmina longirostris</i> (Muller)	-	+	+	+	+	+
<i>B. obtusirostris</i> Sars	+	-	-	-	-	-
<i>Ceriodaphnia affinis</i> Lilljeborg	-	-	-	+	-	+
<i>Chydorus sphaericus</i> (Muller)	+	+	+	+	+	+
<i>Daphnia longispina</i> (Muller)	+	+	+	+	-	+
Итого:	3	3	3	5	3	5
Всего:	12	11	10	12	7	12

Примечание: «+» — вид найден, «-» — вид не обнаружен.

Таблица 2

Соотношения основных систематических групп в зоопланктоне исследуемых озер (% от общей биомассы)

Озеро	Rotatoria	Copepoda	Cladocera
Среднее	0,4	23,6	76,0
Ближнее Моховое	1,41	29,3	69,2
Малый Чуртан	8,3	74,2	17,5
Большой Чуртан	32,4	55,2	12,4
Домашнее	2,4	39,5	58,0
Варзанка	6,8	4,9	43,7

Количественное развитие организмов (численность и биомасса) также различалось, что указывает на наличие специфических условий, непосредственно влияющих на формирование биоценозов в каждой отдельной экосистеме (рис. 1).

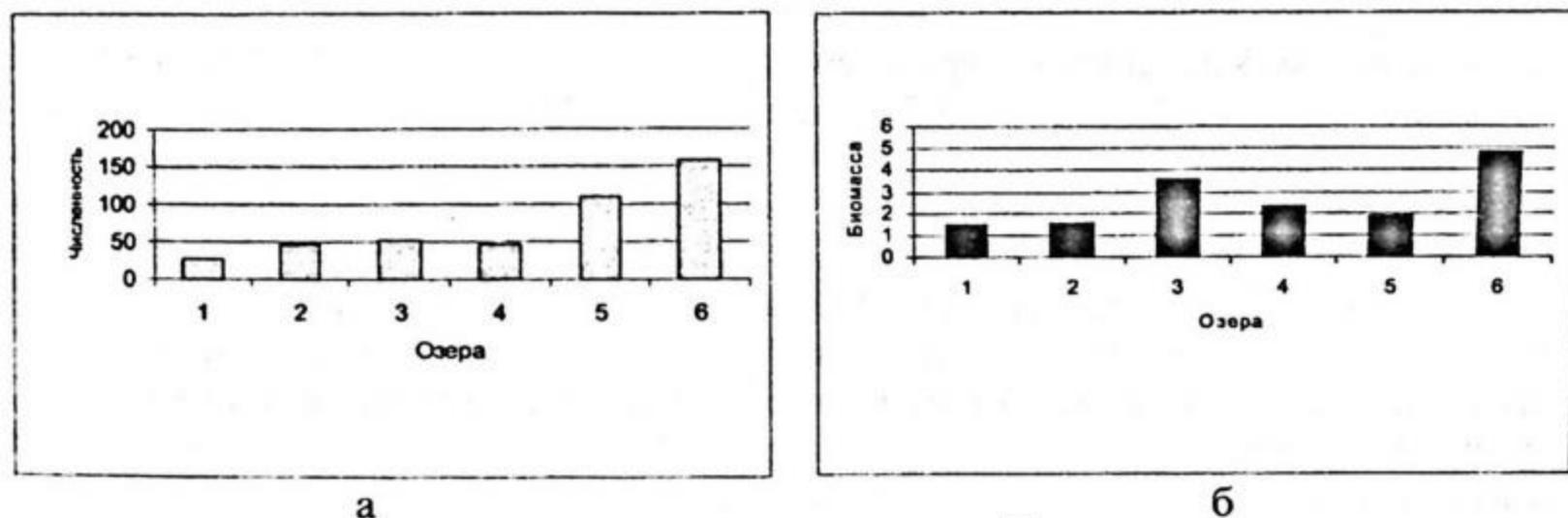


Рис. 1. Средняя численность зоопланктона (\bar{N} , тыс. экз./м³) (а) и средняя биомасса зоопланктона (\bar{B} , г/м³) (б) в озерах Викуловского района. Озера: 1 — Среднее, 2 — Ближнее Моховое, 3 — Малый Чуртан, 4 — Большой Чуртан, 5 — Домашнее, 6 — Варзанка

В пробах зоопланктона, собранных на оз. Среднее, было обнаружено 12 видов, включающих 6 видов коловраток, 3 вида копепод и 4 вида кладоцер. Общая численность гидробионтов достигала 26,3 тыс. экз./м³, а биомасса — 1,46 г/м³. Структурообразующим видом планктоценоза являлся ветвистоусый рачок — *Daphnia longispina*, доля которого в общей биомассе составила 75%. Удельный вес веслоногого рачка *Eudiarthomus graciloides* не превышал 22%. Роль коловраток незначительна — 0,4%. Согласно спискам индикаторов сапробности [3], все обнаруженные виды относились к индикаторам олигосапробной, α - β_m и β -мезосапробной зоны. В видовом отношении преобладали α - β -мезосапробы, а по количественному развитию — β -мезосапробы. Их доля от общей численности гидробионтов достигала 60%.

Зоопланктон оз. Домашнее был представлен 11 таксонами и включал 4 вида коловраток, 4 вида копепод и 3 вида кладоцер. Суммарная численность организмов составила 109,2 тыс. экз./м³, а биомасса — 1,8 г/м³. Руководящий комплекс представлен мирными формами: *D. longispina* + *E. graciloides* + *Bosmina longirostris*. Доля их в общей биомассе достигала соответственно 40, 23 и 22%. Появление *B. longirostris* в массовом количестве указывает на процесс эвтрофирования в водоеме [4]. Более грубые фильтраторы (дафнии) вытесняются более тонкими (босмины), что вызвано уменьшением размеров пищевых частиц в озере. Доля коловраток возросла до 2,4%, что указывает на увеличение в водоеме органического вещества биогенного происхождения. Основу биомассы ротаторий составлял хищный вид *Asplanchna priodonta*, имеющий резко выраженный «эвтрофный» характер. Все обнаруженные виды принадлежали к индикаторам α - β_m , β_m и β - α -мезосапробных вод. Как по видовому разнообразию, так и по количественному развитию преобладали β -мезосапробы. Удельный вес каждой группы (в % от общей численности) соответственно составил 15, 78 и 7%.

В зоопланктонном сообществе оз. Варзанка зафиксировано 10 видов (коловратки — 5, копеподы — 2, клadoцеры — 3 вида). Суммарная численность гидробионтов достигала 157,6 тыс. экз./м³, биомасса — 4,8 г/м³. Руководящими видами ценоза являлись *E. graciloides* + *D. longispina*, доля которых в общей биомассе зоопланктона составляла соответственно 43% и 40%. По отношению к рачковому планктону возросла доля коловраток. По биомассе она достигла 6,8%, а по численности — 36%. Факт увеличения численности коловраток под воздействием антропогенной эвтрофикации известен [5, 6]. Доминировала в этой группе *Keratella quadrata*, плотность популяции которой достигала 50%. Обильное развитие этого вида свидетельствует о значительном эвтрофировании данного водоема. Кроме керателлы, характерным видом сообщества была аспляхна, известная как эвтрофный индикатор. Обнаруженные виды зоопланктеров относились к индикаторам α - β_m , β_m и β - α -мезосапробных вод. Руководящее значение имели β -мезосапробные организмы. Удельный вес групп составил соответственно 2,5, 85 и 13,5 %.

Зоопланктон оз. Б. Моховое был представлен 12 таксонами, из которых коловраток — 4, копепод — 3, клadoцер — 5 видов. Средняя численность гидробионтов не превышала 45,5 тыс. экз./м³, а биомасса — 1,55 г/м³. В руководящий комплекс входили: *E. graciloides* + *Mesocyclops leuckarti*. Их значимость по биомассе достигала 45 и 22% соответственно. Характерными видами зоопланктоценоза являлись фитофильные виды — *Chydorus sphaericus* и *B. longirostris*, развитие которых связано с сильным зарастанием озера (телорез и мхи р. *Scorpidium*). Обнаруженные виды относились к индикаторам α - β_m , β_m и β - α -мезосапробной зоны. Доля их в количественном отношении составила соответственно 50, 47,5 и 2,3%.

В зоопланктоне оз. Б. Чуртан встречены 7 таксонов, включающих 1 вид коловраток, 3 вида веслоногих и 3 вида ветвистоусых рачков. Средняя численность сообщества составила 46,4 тыс. экз./м³, а биомасса — 2,3 г/м³. В руководящий комплекс входили *E. graciloides* + *A. priodonta*, доля которых в общей биомассе составляла соответственно 35 и 32%. Такое массовое развитие хищной коловратки связано со вспышкой в развитии мелких рачков, таких как босмины и хидорусы [7, 8]. Доля этих рачков в оз. Б. Чуртан достигала в совокупности 35% от общей численности планктонтов. Обнаруженные виды относились к индикаторам α - β_m и β -мезосапробной зоны.

В составе сообществ зоопланктона оз. М. Чуртан отмечены представители трех основных систематических групп: коловратки — 3 вида, копепода — 4 вида, клadoцера — 5 видов. В пелагиали озера зафиксированы виды *C. affinis* и *B. affinis*, что связано с большой зарастаемостью водоема мягкой погруженной и воздушно-водной растительностью. Средняя численность зоопланктеров достигала 50 тыс. экз./м³, а биомасса — 3,57 г/м³. Структурообразующим видом сообществ являлся рачок *E. graciloides*, удельный вес которого по биомассе составил 72,2%, а по численности — 22%. Более многочисленными были мелкие формы *B. longirostris* и *Ch. sphaericus*. Доля коловраток в зоопланктоне достигала 8,3%. Наибольшую значимость в этой группе имела *A. priodonta*. Обнаруженные виды относились к индикаторам α - β_m , β_m и β - α -мезосапробных вод. По численности преобладали β -мезосапробные организмы (75%).

Согласно спискам индикаторов трофности [4, 5, 6], зоопланктон исследуемых озер характеризуется в основном как комплекс мезо- и эвтрофных вод. Присутствие в оз. Среднее в подавляющем количестве такого вида, как *D. longispina*, подчеркивает олиго-мезотрофный характер этого водоема.

Руководствуясь списками индикаторов сапробности, встреченные в планктонных сообществах виды можно отнести к α - β -мезосапробной, β -мезосапробной и β - α -мезосапробной зоне. Видов-индикаторов сильного загрязнения не обнаружено. Индекс сапробности, рассчитанный по Пантле-Букку, в исследованных озерах варьировал от 2,4 до 1,8, что позволяет отнести их к водоемам β -мезосапробного

типа. Озера Варзанка и М. Чуртан имели самые высокие значения индекса, граничащие с α -мезосапробной зоной.

При экотоксикологическом подходе оценки степени загрязнения водоемов используется суммарный индекс загрязнения вод ($X_{\text{сум}}$), учитывающий трансформацию физико-химических условий, эвтрофирование вод и загрязнение их токсичными веществами [9]. Вместе с тем на живые организмы действует результирующая всей совокупности факторов, сила действия которой отражается в изменении структуры зоопланктона. В результате расчетов было установлено наличие достоверной корреляции между $X_{\text{сум}}$ и долей (в % от общей биомассы зоопланктона) основных таксономических групп: Rotatoria, Copepoda, Cladocera (рис. 2). Для веслоногих ракообразных зависимость описывается логарифмической кривой, показывающей, что при возрастании степени загрязнения водоемов увеличивается роль копепод в зоопланктонном сообществе.

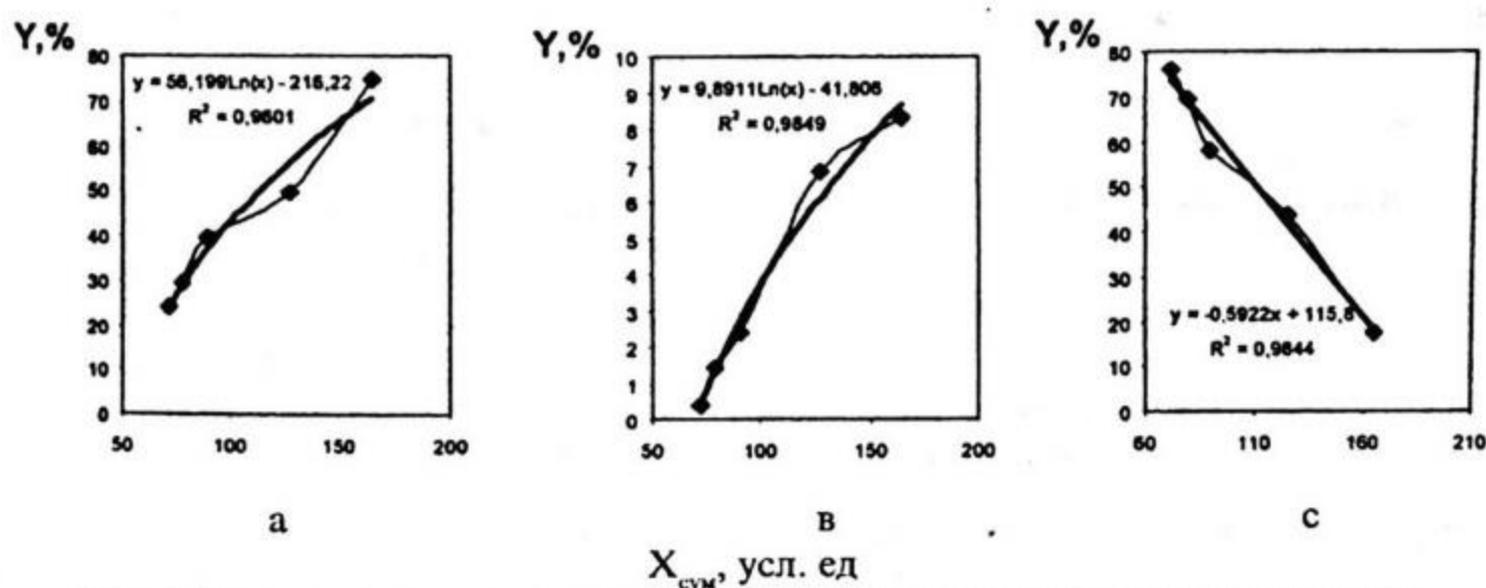


Рис. 2. Зависимость процентного соотношения основных таксономических групп зоопланктона (Y, %) от суммарного показателя качества вод (усл. ед.)
а — Copepoda; б — Rotatoria; в — Cladocera

Факт увеличения доли веслоногих ракообразных, в частности, циклопов, под действием эвтрофирования известен [5, 8]. Согласно полученной корреляции, наиболее загрязненными из обследованных озер являются оз. Варзанка и М. Чуртан. В оз. Варзанка увеличилась доля *E. graciloides* и в массе появились циклопы — *M. leuckarti*, *C. kolensis* и *C. vicinus*. В оз. М. Чуртан доминировали *E. graciloides* и *C. kolensis*. Кроме того, копеподы устойчивы к токсичным загрязнениям, благодаря более плотному, чем у кладоцер, хитиновому покрову [10]. К более чистым водоемам следует отнести оз. Среднее.

Подобная закономерность наблюдалась между $X_{\text{сум}}$ и долей коловраток в зоопланктоценозах. Такое явление часто связывают с эвтрофикацией водоемов, когда возрастает доля более мелких форм зоопланктона в результате увеличения продукции мелких пищевых частиц — детрита и бактерий. Согласно полученной зависимости, наиболее высокий индекс загрязнения имеет оз. М. Чуртан. Обилие в этом озере *K. quadrata* свидетельствует о его значительном эвтрофировании. Именно этот вид присутствует в хорошо прогреваемых мелких прудах. Нами не выявлена такая зависимость для оз. Б. Чуртан, в котором отмечалась высокая доля коловраток (32,4%) за счет массового развития *A. piodonta*. В литературе описаны случаи, когда в отдельные периоды аспляхна может составлять 90% от общей биомассы зоопланктона.

Рис. 2с иллюстрирует обратно пропорциональную зависимость между $X_{\text{сум}}$ и долей ветвистоусых ракообразных в биоценозе. Согласно полученной корреляции, при повышении степени загрязнения исследованных водоемов стремительно уменьшалась доля кладоцер в них. Известно, что при биогенном загрязнении и токсическом воздействии первыми принимают на себя «удар» крупные организмы-фильтраторы, и в первую очередь — дафнии [5, 10].

Таким образом, полученные корреляционные зависимости между суммарным индексом загрязнения и долей таксономических групп позволяют сделать вывод, что наиболее загрязнены озера Варзанка и М. Чуртан с показателями $X_{\text{сум}}$ соответственно 127 и 165. К более чистым водам с показателем $X_{\text{сум}}$ 71,6 и 78,6 относятся озера Среднее и Б. Моховое. Озеро Домашнее занимает промежуточное положение. Для оз. Б. Чуртан суммарный индекс загрязнения не определен. Возможно, это связано с недостатком имеющегося материала.

Кроме таксономической структуры, просматривается определенная зависимость суммарного индекса загрязнения с количественным развитием зоопланктона (рис. 3).

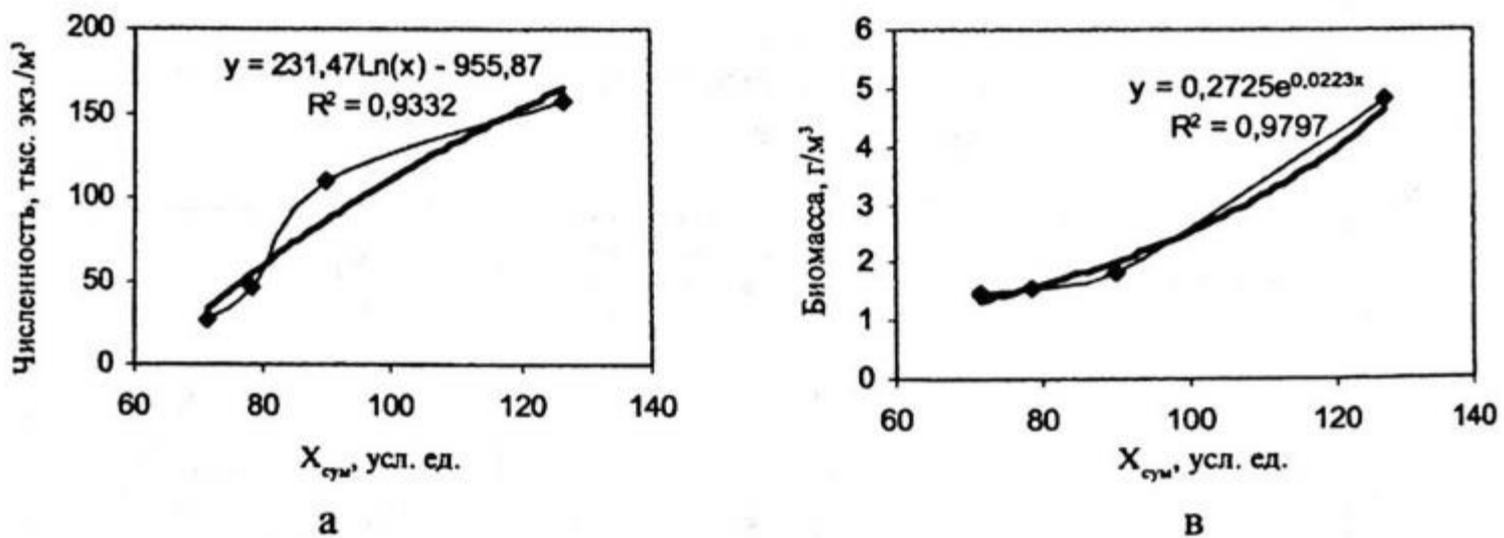


Рис. 3. Зависимость численности (а) и биомассы (б) зоопланктона от суммарного показателя качества вод

Так, между $X_{\text{сум}}$ и суммарной численностью гидробионтов получена логарифмическая, а между $X_{\text{сум}}$ и биомассой зоопланктона — экспоненциальная зависимость. В первом и во втором случае наблюдается увеличение количественных показателей в зависимости от степени загрязнения водоемов. Наиболее загрязненными оказались озера Варзанка и Домашнее. Для оз. М. Чуртан зависимость не выявлена.

При экологической оценке состояния водоема учитывается его трофность. Установлена корреляционная зависимость между концентрацией основных биогенных элементов — азота и фосфора, влияющих на процесс эвтрофикации водоемов, и количественным развитием зоопланктона (рис. 4). Согласно корреляции, более высокую трофность имеют озера М. Чуртан и Варзанка.

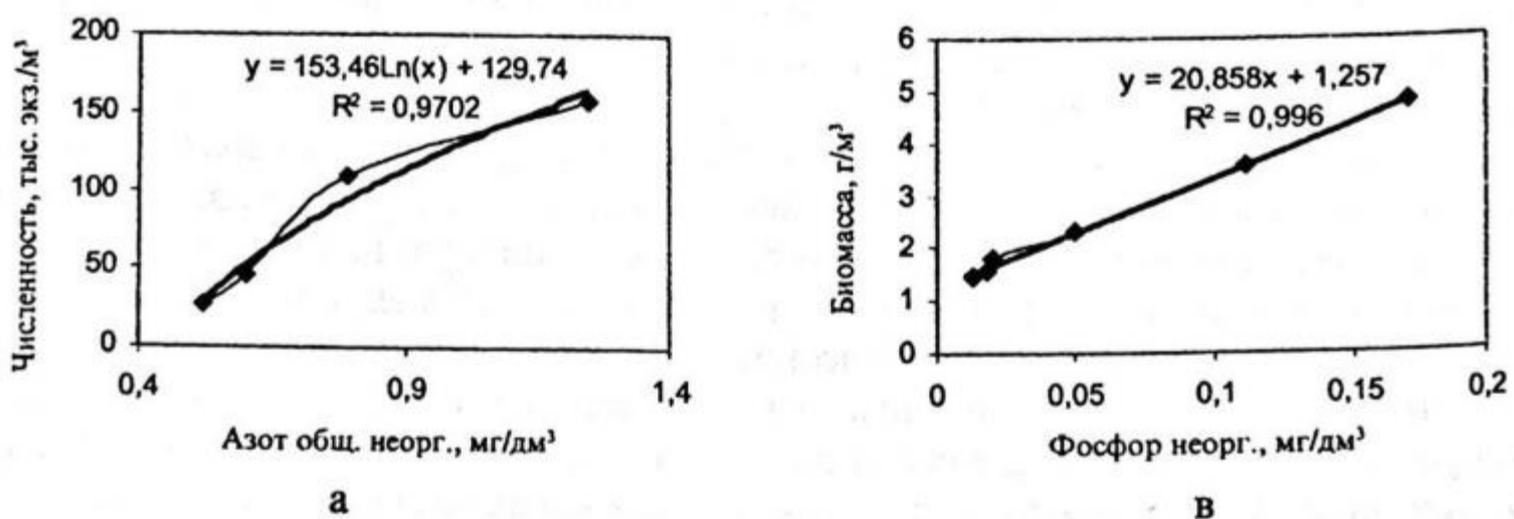


Рис. 4. Зависимость численности и биомассы зоопланктона от общего азота (а) и неорганического фосфора (б)

В связи с тем, что вода в озерах содержит высокие концентрации железа и марганца, актуальным является установление зависимости между соотношением этих металлов (Fe/Mn) и структурными показателями зоопланктонного сообщества. Известно, что соотношение Fe/Mn характеризует степень токсичности марганца. Чем меньше это соотношение, тем более токсичен марганец [11]. Зависимость меж-

ду указанным соотношением и суммарной численностью планктонов обратно пропорциональная (рис. 5).

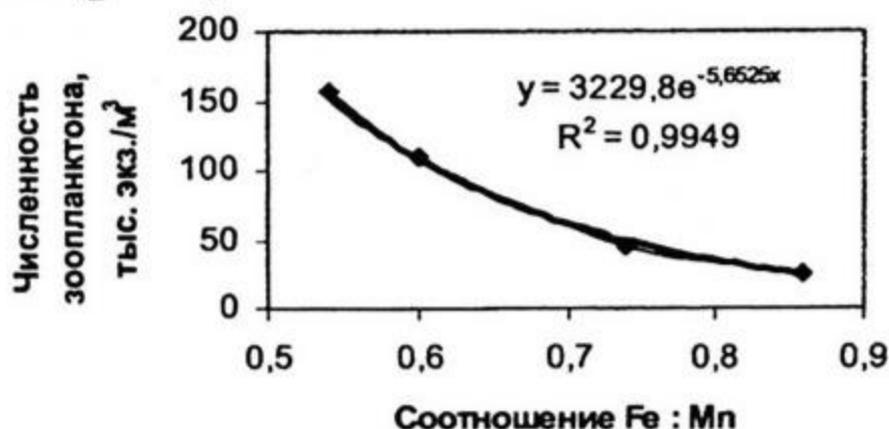


Рис. 5. Зависимость численности зоопланктона от соотношения железа : марганец

Наиболее токсичен Mn в озерах Домашнее и Варзанка. Сообщество зоопланктона реагировало на воздействие Mn возрастанием численности гидробионтов. В литературе известны данные [10], когда повышенные дозы токсикантов (в определенных пределах) играют стимулирующую роль в развитии планктонных сообществ.

Выводы

1. Выявлен видовой состав, таксономическая структура и количественное развитие зоопланктоценозов. Определено сапробиологическое состояние вод на данный период.
2. Определен суммарный индекс загрязнения для каждого водоема, позволяющий оценить вклад каждого вида загрязнения и выявить приоритетность происходящих в водоеме процессов.
3. Установлены корреляционные зависимости суммарного индекса загрязнения с показателями структуры зоопланктона, которые могут быть использованы в индикационных целях оценки качества воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мероприятия по развитию озерного и прудового хозяйства в южной части Тюменской области. Характеристика озерного фонда // Фонды ВСНХ. Институт «Гидрорыбпроект», объект № 608. М., 1962. 140 с.
2. Отчет № 18-85 о научно-исследовательской работе «Внедрение прогрессивных технологий рыбоводства на водоемах Викуловского рыбхоза». СибрыбНИИпроект. Тюмень, 1986.
3. Маркушин А. В. Биологический анализ качества вод. Л., 1974. 60 с.
4. Макарецва Е. С., Трифонова И. С. Особенности сезонного функционирования сообществ фито- и зоопланктона в озерах различной трофии // Антропогенные изменения экосистем малых озер. СПб., 1991. С. 300–313.
5. Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем. СПб., 1996. 189 с.
6. Балущкина Е. В., Голубков С. М., Иванова М. Б., Никулина В. М., Умнов А. А. Опыт прогнозирования последствий эвтрофирования Локшимозера на основе закономерностей функционирования экосистем // Реакция озерных экосистем на изменение биотических и абиотических условий. СПб., 1997. С. 228–266.
7. Гиляров А. М. Динамика численности пресноводных планктонных ракообразных. М., 1987. 188 с.
8. Крючкова Н. М. Структура сообщества зоопланктона в водоемах разного типа // Продукционно-гидробиологические исследования водных экосистем. Тр. АН СССР ЗИН. Т. 165. 1988. С. 181–199.
9. Моисеенко Т. И. Экоотоксикологический подход к нормированию антропогенных нагрузок на водоемы Севера // Экология. 1998. № 6. С. 452–461.
10. Брагинский Л. П., Величко И. М., Щербань Э. П. Пресноводный планктон в токсической среде. Киев, 1988. 180 с.
11. Накшина Е. П. Микроэлементы водохранилища Днепра. Киев, 1983. 160 с.