

На правах рукописи

Логинова Александра Николаевна

ЭКОЛОГО-ФАУНИСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРОДУКЦИЯ
МАКРОЗООБЕНТОСА СУРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

03.00.16 – экология

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Саранск – 2005

Актуальность исследования. В настоящее время проблемы сохранения биоразнообразия наземных и водных экосистем, биологического продуцирования и чистой воды являются наиболее важными для современной экологии и гидробиологии (Алимов, 1989; Константинов, 1986). Они актуальны также и для Сурского водохранилища. Возрастающие темпы антропогенного воздействия на водоемы приводят к загрязнению последних, что является следствием структурных и функциональных перестроек в их гидробиоценозах (Арабина и др., 1988; Астапович и др., 1987; Баканов, 2000; Балущкина, 1997; Владимиров, 1986; Zarull, 2001; Zurawska, 2001). В свете сказанного, изучение структурно-фаунистической организации сообществ макрозообентоса, продуктивности их и роли в оценке качества воды является вполне перспективным направлением экологии и гидробиологии.

Донные животные и донные биоценозы, благодаря особенностям их биологии и экологии (они как бы аккумулируют меняющиеся условия среды обитания) являются хорошими показателями изменений условий их существования и надежными индикаторами при биоиндикации вод водоемов (Богатов, Богатова, 1986; Недоступ, 1988; Попченко, Резанов, 1987; Пшеницина, 1985; Berger, 1997).

С момента образования Сурского водохранилища систематических исследований по изучению качественного и количественного состава макробентофауны, ее биопродукционных возможностей, а также оценка качества вод по состоянию сообществ макрозообентоса не проводилось, что определяет важность темы диссертационной работы.

Цель и задачи исследования. В свете сказанного основной целью настоящего исследования являлось выявление структурно-фаунистических особенностей и потенциальной продуктивности сообществ макрозообентоса и макрозообентоса в целом Сурского водохранилища.

В задачи исследований входило:

1. Установить качественный состав макрозообентоса Сурского водохранилища.
2. Изучить количественное развитие макрозообентоса, его сезонную динамику в течение вегетационного периода.
3. Выявить основные типы сообществ макрозообентоса водохранилища на основе его доминантной структуры.
4. Определить продукцию донных биоценозов водоема.
5. Оценить качество вод Сурского водохранилища по состоянию донных сообществ.

Научная новизна. Впервые выявлен видовой состав макрозообентоса Сурского водохранилища. Отмечено для данного водоема 226 видов и таксонов макробентических беспозвоночных. Впервые в условиях водохранилища выделены донные биоценозы, описана их видовая структура и определена продукция на разных трофических уровнях. Проведена оценка количественного развития и сезонной динамики зообентоса. Впервые для Сурского водохранилища дана оценка качества вод по состоянию бентических сообществ и макрозообентоса в целом.

Теоретическая и практическая значимость. Впервые за период существования Сурского водохранилища проведены систематические исследования структурно-фаунистического состояния макрозообентоса, изучены количественное развитие и особенности сезонной динамики макробентофауны; проведен анализ структурных и продукционных характеристик сообществ макрозообентоса разных участков и экологических зон, различающихся морфометрически, гидрологически, воздействию абиотических, биотических и антропогенных факторов. Полученные результаты позволяют дать оценку качества вод водохранилища, определить кормовую базу бентосоядных рыб и на основе последней оценить потенциальный прирост их продукции. Материалы диссертации могут быть использованы для разработки и внедрения комплексных программ рыбохозяйственного освоения Сурского водохранилища. Кроме того, полученные данные используются в лекционных курсах («Зоология беспозвоночных», «Гидробиология»), читаемых на кафедре зоологии Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Макробентофауна Сурского водохранилища характеризуется высоким видовым разнообразием. Сообщества макрозообентоса литоральных зон по числу видов преобладают над биоценозами профундальных зон водохранилища.

2. Сообщества макробентических беспозвоночных водохранилища высокопродуктивны. В создании продукции сообществами преобладают процессы аккумуляции энергии над ее энтропией в пространство.

3. Уровень развития макрозообентоса обеспечивают немногие группы донных гидробионтов: динамику численности в сезонном аспекте определяют малощетинковые черви и хирономиды, биомассы – моллюски.

4. Водные массы Сурского водохранилища по степени загрязненности можно отнести к двум категориям: альфа-мезосапробному классу – воды профундальных зон и бета-мезосапробному – воды литоральных участков.

Связь темы диссертации с плановыми исследованиями. Работа выполнена в рамках плановых исследований кафедры зоологии Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева.

Апробация работы. Результаты исследований были представлены и обсуждены на ежегодных Огаревских чтениях (Саранск, 2004 – 2006); Всероссийских конференциях «Internet – конференции» «Проблемы экологии в современном мире» (Тамбов, 2004), «Современные аспекты экологии и экологического образования» (Казань, 2005), «Методология и методика научных исследований в области естествознания» (Самара, 2006); Международном совещании «Биоресурсы и биоразнообразие экосистем Поволжья» (Саратов, 2005); IV Республиканской научно-практической конференции «Наука и инновации в Республике Мордовия» (Саранск, 2005); IV(XXVII) Международной конференции «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов европейского Севера» (Вологда, 2005); 2-й Международной конференции молодых ученых и специалистов «Стратегия природопользования и сохранение биоразнообразия в XXI веке» (Оренбург, 2004); в межвузовских

сборниках научных трудов «Технические и естественные науки: проблемы, теория, эксперимент» (Саранск, 2005), «Естественно-технические исследования: теория, методы, практика» (Саранск, 2004, 2006). Автор принимал участие в написании очерков для Красной книги Республики Мордовия. Том 2. Животные (Саранск, 2005).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 (18) работ.

Декларация личного участия автора. Сбор материала и обработка бентосных проб (1280) выполнены автором лично. Анализ полученных результатов осуществлен автором по плану, согласованному с научным руководителем. Доля личного участия автора в совместных публикациях составляло от 50 до 85%.

Структура и объем диссертации. Работа изложена на ... страницах и состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературных источников и приложения. Работа включает 110 таблиц (в приложении – 94) и 6 рисунков. Список цитированной литературы содержит ... источников, из которых ... на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении раскрывается актуальность исследования, сформулированы его цель и задачи, отмечается научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

Глава 1. Макрозообентос крупных равнинных водохранилищ России и сопредельных территорий (обзор литературы)

В главе приведен обзор опубликованных материалов по макрозообентосу крупных водохранилищ равнинного типа, в котором показаны основные этапы и тенденция изменений макрозообентоса под влиянием как природных (биотических и абиотических), так и антропогенных факторов. Отмечается, что зарегулирование стока крупных рек приводит к нарушениям в их экосистемах, сопровождающимся коренными перестройками состава и структуры донных биоценозов. Новые условия (гидрологические, гидрохимические и др.) в водоемах водохранилищного типа сформировали своеобразный облик макробентофауны, существенно отличающийся от такового рек и озер. Показано, что к существенным перестройкам в бентических сообществах привели также и акклиматизационные мероприятия по обогащению кормовой базы промысловых рыб. В заключительной части обзора дана оценка методов биоиндикации вод крупных водохранилищ по состоянию макробентических сообществ и макрозообентоса в целом.

Глава 2. Материалы и методы. Характеристика района исследования

Сурское водохранилище создано в 1978 г. в результате зарегулирования стока р. Суры выше г. Пензы: на 212 км от истока и 629 км от устья. Подпор вод по Суре сказывается до с. Ивановки и по р. Узе – до п.г.т. Шемышейки. Протяженность в обоих случаях 32 км. Наибольшая ширина (в отдельных местах) до 4 км, максимальные глубины (до 15 м) отмечаются в русловой зоне приплотинного района водоема. Анализ гидрохимического материала свидетельствуют о нормальной обеспеченности водных организмов кислородом на большей акватории водоема. Однако иногда и локально дефицит кислорода отмечается в придонном слое воды в подледный период в начале весны (район «Смычки»). Только иногда наблюдалось превышение ПДК азота аммонийного и БПК₅.

В водах водохранилища отмечается превышение ПДК по ряду токсических компонентов, в том числе меди, цинку, фенолу.

Материалом для настоящего исследования послужили сборы макрозообентоса, выполненные в 2004 – 2005 г. в Сурском водохранилище (рис. 1). Было определено 12 створов, на каждом из которых бралось 3 – 4 станции (табл. 1).

Таблица 1

Объем полученного и обработанного материала

Пункты отбора проб	Число станций	Число количественных проб	Число качественных проб	Всего
С. Ивановка (верх. уч.)	3	69	5	74
С. Ст. Яксарка (верх. уч.)	3	69	5	74
«Смычка» (верх. уч.)	4	92	5	97
С. Ленинка (центр. уч.)	4	92	15	107
С. Казеевка (центр. уч.)	4	92	15	107
С. Алферьевка (ниж. уч.)	4	92	20	112
С. Камайка (ниж. уч.)	4	92	10	102
Узинский залив:				
П. г. т. Шемышейка	3	69	10	79
Р. Няньга	4	92	10	102
Рыбхоз «Присурское»	4	92	15	107
Биостанция ПГПУ	4	92	15	107
С. Усть-Уза	4	92	20	112
Всего	45	1135	145	1280

Отбор и обработку проб проводили по общепринятым в гидробиологии методикам (Жадин, 1960; Методика изучения ..., 1975; Методические рекомендации ..., 1984) с использованием соответствующих определителей: В.И. Жадина (1952), С.Л. Лепневой (1964, 1966), В.Я. Панкратовой (1970, 1977, 1983), Б.Ф. Бельшева (1969), А.И. Шиловой (1976), А.А. Черновского (1949), «Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР»

(1977), «Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий», тт. 1,3,4,5 (1994, 1997, 1999, 2001). Всего собрано и обработано 1280 (1135 количественных и 145 качественных) проб (см. табл.1).

Для выявления доминантной структуры сообществ использован индекс плотности (доминирования) (Митропольский, Мордухай-Болтовской, 1975):

$$ИД = P\sqrt{B},$$

где *ИД* – индекс доминирования, *P* – встречаемость в %, *B* – средняя биомасса.

При определении общности (различия) макробентофауны исследованных районов водохранилища использован коэффициент Чекановского-Серенсена (Песенко, 1982).

Анализ структуры сообществ макрозообентоса проводили с использованием ряда экологических показателей и индексов: показатель видового разнообразия Маргалефа, индекс информационного разнообразия Шеннона, коэффициент видового сходства, индекс доминирования Симпсона и др.

Оценку качества воды водохранилища выполнили с использованием системы Вудивисса (Woodiwiss, 1964), индексов Е.В. Балушкиной (1976, 1987), Гуднайта-Уитлея (Goodnight, Whitley, 1961), Кинга и Болла (King, Ball, 1964), сапробности Пантле и Букка в модификации Сладечека (Pantle, 1955; Sladeček, 1973).

Глава 3. Эколого-фаунистический анализ макрозообентоса Сурского водохранилища

3.1. Состав и распределение макрозообентоса в водохранилище

В главе рассматривается биоразнообразие, количественное развитие (численность и биомасса) и распределение макрозообентоса в водохранилище за период исследований (2004 – 2005 гг.). В 2004 г. в водохранилище (с учетом качественных проб) зарегистрировано 201 вид и форма донных макробентонтов, а также фитофильных и дендрофильных макробеспозвоночных. В условиях водохранилища богаче в видовом отношении оказался средний участок водоема, где было отмечено 117 видов и форм макрозообентоса. В пределах рассматриваемого участка по числу видов выделяется левобережная зона (48 видов), в правобережной и русловой (профундали) зонах отмечено 45 и 35 видов соответственно. Среднесезонные показатели численности и биомассы здесь составляли.....В приплотинном районе отмечено 97 видов и форм: 37, 44, 28 соответственно в левобережной и правобережной литоралях и в профундали. Среднесезонная численность в этом районе составилаэкз./м², биомасса – ...г/м². Менее разнообразной в видовом отношении оказалась макробентофауна верхнего участка (86 видов): 47, 39 и 44 вида соответственно в литоральной зоне левого берега, профундали и в правобережье.

Наибольшим видовым разнообразием (по сравнению с рассмотренными участками) характеризовался макрозообентос Узинского залива (180 видов и

форм). При этом наибольшее видовое разнообразие наблюдалось в нижней части залива (с. Усть-Уза – рыбоводное хозяйство «Присурское») – 127, на верхнем участке (п.г.т. Шемышейка) – 111, менее богатым в видовом отношении оказался макрозообентос среднего участка залива (район впадения р. Няньга) – 89 таксонов. Показатели численности и биомассы в среднем за сезон составляли.....

По наблюдениям 2005 г. в водохранилище зафиксировано 190 видов и таксонов макробентических беспозвоночных. В бентосе верхнего участка отмечено 119 видов (левобережная литораль – 57, правобережная – 52), меньшее число видов (99) выявлено в средней зоне (47 и 49) и 90 – в приплотинном районе (39 и 42). В русловой зоне (профундали) верхнего участка отмечено 38, среднего – 34 и приплотинного – 29 видов. Среднесезонные значения численности и биомассы характеризовались.....

В Узинском заливе состав макробентофауны насчитывал 151 вид и форму макробентических животных. Высокое видовое разнообразие, отмеченное в низовье залива (113), снижалось в средней до 93 и несколько возрастало в верхней части водоема (98). Количественное развитие макрозообентоса в заливе характеризовалось среднесезонными показателями численности....

При сравнении видового состава (коэффициента Чекановского-Серенсена) макрозообентоса характеризуемых участков водохранилища высокие коэффициенты сходства наблюдались между средним и приплотинным участками, причем в оба года исследований (61 – 62%), менее сходными в этом отношении оказались приплотинный район и Узинский залив (42 – 43%).

3.2. Фаунистический обзор макрозообентоса

За период исследования макробентофауны водохранилища выявлено 226 видов и таксонов макробентических беспозвоночных (табл. 2).

Таблица 2

Таксономическая представленность макрозообентоса
Сурского водохранилища

Таксономическая группа	Верховье	Средний участок	Нижний участок	Узинский залив	Всего
Тип Porifera	-	-	-	1	1
Coelenterata	-	-	-	2	2
Plathelminthes	-	-	-	1	1
Класс Nematoda	1	-	1	1	1
Nematomorpha	1	1	-	1	1
Oligochaeta	14	19	17	19	21
Hirudinea	7	7	6	8	11
Gastropoda	18	13	14	19	20
Bivalvia	10	3	4	14	14

Окончание таблицы 2

Crustacea	1	1	1	1	1
Отряд Aranea	-	-	-	2	2
Acari	-	-	-	2	2
Класс Insecta					
Отряд Lepidoptera	-	1	-	1	1
Odonata	6	8	6	13	17
Ephemeroptera	5	7	4	12	13
Hemiptera	6	9	6	10	10
Coleoptera	8	10	7	11	13
Trichoptera	13	14	12	24	29
Megaloptera	1	1	-	1	1
Diptera:					
Семейство:					
Ephydriidae	-	1	-	-	1
Psychodidae	-	-	-	1	1
Stratiomyiidae	2	2	1	3	3
Ptychopteridae	-	-	-	1	1
Tabanidae	1	1	1	1	1
Tipulidae	1	-	1	1	1
Chaoboridae	-	1	1	1	1
Culicidae	1	1	1	4	4
Ceratopogonidae	2	1	2	3	3
Phagionidae	-	-	1	1	1
Chironomidae	25	37	29	37	47
Всего	123	138	115	197	226

В видовом отношении более богаты сообщества макрозообентоса верхнего участка водохранилища, видовое разнообразие которых снижается от верховья к приплотинному району водоема. В Узинском заливе наблюдается тенденция, отмеченная выше для водохранилища, в биоценозах правобережья; в сообществах левобережной литорали количество видов на всех участках залива было, примерно, одинаковым в 2004 г. и несколько возросло от верховья к низовью залива в 2005 г.

В Сурском водохранилище уровень развития макрозообентоса, как правило, определяют немногие группы: динамику численности определяют олигохеты и личинки хирономид, биомассы – моллюски. Среди малощетинковых червей более разнообразны кольцецы семейства *Tubificidae* (11 видов). Доминируют среди них полисапробные пелофилы *Limnodrilus hoffmeisteri* (Clap.), *Potamothrix hammoniensis* (Mich.) и псаммо-пелофил *Tubifex newaensis* (Mich.). Превалирует среди них, причем как численности, так и по биомассе *L. hoffmeisteri* (760 – 840 экз./м² и 6,72 – 7,12 г/м²). Заметно меньше численность и биомасса у *P. hammoniensis* и *T. newaensis*: 460 – 480 экз./м²; 3,20 – 3,34 г/м² и 410 – 440 экз./м²; 3,05 – 3,12 г/м² соответственно. Из тубифицид сравнительно обычны *L. udekemianus* (Clap.) и *T. tubifex* (Müll.). Представители сем. *Naididae* и *Enchytraeidae*, отмеченные в количестве ... и ...видов, редки (7 – 13%) и малочисленны (до 64 экз./м²). Единственный представитель лумбрикулид – *Lumbriculus variegatus* (Müll.) высокой численностью не от-

личался, но, благодаря крупным размерам, часто формировал заметную биомассу (3,10 г/м² при 96 экз./м²).

Моллюски в водохранилище характеризуются значительным видовым разнообразием (34 вида), уступая в этом отношении только двукрылым (64 вида). Среди мягкотелых по числу видов преобладают гастроподы (20 видов). Из последних по числу видов выделяются семейства *Limnaeidae* (7 видов) и *Planorbidae* (5). Среди лимнеид наряду с широко распространенными и обычными по встречаемости (34 – 54 %): *L. ovata* (Drap.), *L. stagnalis* (L.), *L. palustris* (Müll.) встречаются редкие виды: *L. truncatula* (Müll.), *L. auricularia* (L.), *L. glutinosa* (Müll.). Из планорбид наиболее обычны *P. planorbis* (L.), *P. carinatus* (Müll.), *Anisus contortus* (L.). Широким распространением в водохранилище отличаются вальватида, из которых *V. piscinalis* (Müll.) один из массовых видов гастропод со средней численностью в 2004 – 2005 гг. в пределах 64 – 242 экз./м² при биомассе 1,94 – 8,74 г/м². Массовым видом из гастропод является также *B. tentaculata* (L.), средняя численность которой в годы исследований изменялась от 68 до 352 экз./м² и биомасса от 2,92 до 12,10 г/м².

Двустворчатые моллюски представлены двумя семействами, которые по числу видов оказались равноценны: *Unionidae* (7 видов) и *Pisidiidae* (7). Из двустворчатых мягкотелых широкого распространения достигают пизидииды, преобладают из которых *Sphaeriastrum rivicola* Lam. и *Sphaerium corneum* L. часто входили в группу видов-доминантов или субдоминантов биоценозов.

В составе гомотопного макрозообентоса отмечены также представители других таксономических групп: турбеллярии, нематоды, пиявки, ракообразные, паукообразные, состав которых, а также численность и биомасса довольно вариабельны.

Инсектофауна Сурского водохранилища характеризовалась высоким видовым разнообразием (148 видов и форм) по сравнению с другими группами макрозообентоса, в составе которой заметно выделяются личинки хирономид (47 видов). Среди хирономид наибольшим числом видов характеризуется подсемейство *Chironominae* (29 видов или 61,70% состава хирономид). Менее разнообразны в видовом отношении *Tanypodinae* (12 видов – 25,53%) и *Orthocladiinae* (6 – 12,77%).

В составе подсемейства *Chironominae* преобладают виды немногих родов: *Chironomus*, *Glyptotendipes*, *Polypedilum*, *Cryptochironomus*. Массовым видом в водохранилище из р. *Chironomus* является *Ch. plumosus* L., предпочитающий илистые профундальные зоны, где достигает численности 1120 экз./м² (профундаль приплотинного района). Вторым массовым видом из хирономин в водохранилище является *G. gripekoveni* (Kieff.), встречающийся чаще всего в литоральных зонах на субстратах с заилением и отложениями детрита. Его наибольшая численность (342 экз./м²) отмечена в левобережной литорали Узинского залива (2004 г.). Из рода *Polypedilum* наиболее распространены: *P. nubeculosum* (Meig.), *P. convictum* (Walk.). Численность первого вида в 2004 – 2005 гг. не превышал 382 экз./м² (грубодетритные или литоральных зон верховьев и средней части водохранилища и Узинского залива).

P. convictum чаще всего фиксировался в верховьях (правобережная литораль), в литоральных зонах обоих берегов среднего участка водохранилища, в средней части Узинского залива (кроме профундали). Наибольшая численность не превышала 240 экз./м². *C. defectus*, предпочитающий заиленные субстраты, широко отмечался в верховье (литораль левого берега), средней зоне водохранилища (правобережная литораль) и Узинском заливе численностью до 316 экз./м².

Среди *Tanypodinae* обычным видом для водохранилища является *Procladius choreus* (Meig.), предпочитающий илистые биотопы профундальных зон. Однако крупных скоплений этого вида за годы исследований не отмечено (не более 120 экз./м²). Из подсемейства *Orthoclaadiinae* более обычным видом, причем почти на всех участках, является фитофил *Cricotopus silvestris* (Fabr.) численностью в водохранилище до 80 экз./м² и в заливе – до 120 экз./м².

В составе инсектофауны зафиксированы также бабочки, стрекозы, поденки, клопы, жуки, ручейники, вислоккрылые, двукрылые (прочие), видовое разнообразие которых значительно варьирует, что справедливо и для динамики развития этих групп.

Высокое видовое разнообразие макрозообентоса и его сообществ наблюдается в литоральных зонах, причем как в водохранилище, так и в заливе. Макробентофауна профундальных зон в видовом отношении значительно беднее.

Глава 4. Структура и продукция сообществ макрозообентоса Сурского водохранилища

4.1. Структура сообществ макрозообентоса

В левобережной литорали (от уреза воды до 1,50 м глубины) верхнего участка водохранилища в 2005 г. сформировался и доминировал моллюско-олигохетный тип сообщества: *A. piscinalis* – *B. tentaculata* – *Limnodrilus*. На иловатом биотопе вперемежку с многочисленными камнями (глубины: 1,20 – 2,50 м) доминировали мягкотелые (биоценоз: *B. tentaculata* – *Sph. corneum*). В литорали правого берега доминировали также моллюски и олигохеты (биоценоз: *Sphaerium* – *Tubifex* – *B. tentaculata*). В профундальной зоне данного участка тип биоценоза определяли моллюски – олигохеты – хирономиды (биоценоз: *Sph. corneum* – *Limnodrilus* – *Ch. plumosus*). Наибольшей устойчивостью характеризовались макробентические сообщества литоральных зон по сравнению с биоценозом профундали, что подтверждается высокими значениями индексов видового, информационного разнообразия и индекса выравненности при невысоком индексе доминирования (табл. 3).

В правобережной литорали среднего участка в 2004 г. установилось олигохетно – моллюско – хирономидное сообщество (*T. newaensis* – *Bithynia* – *Chironomus*). В 2005 г. тип сообщества на этом биотопе оказался прежним, за исключением вида-доминанта из мягкотелых (см. табл. 3). В литоральной зоне левобережья в оба года исследований оставались: моллюско - пиявочный

Таблица 3

Структурная характеристика биоценозов макрозообентоса Сурского водохранилища

Район водохранилища	2004 г.					2005 г.				
	Тип биоценоза	<i>Д</i>	<i>Н</i>	<i>V</i>	<i>С</i>	Тип биоценоза	<i>Д</i>	<i>Н</i>	<i>V</i>	<i>С</i>
Верховье: лев. берег	-	-	-	-	-	<i>B. tentaculata</i> – <i>Sph. corneum</i>	7,86	3,98	0,69	0,11
	-	-	-	-	-	<i>A. piscinalis</i> – <i>B. tentaculata</i> – <i>Limnodrilus</i>	8,17	4,05	0,72	0,12
прав. берег	-	-	-	-	-	<i>Sphaerium</i> – <i>Tubifex</i> – <i>B. tentaculata</i>	8,28	4,20	0,74	0,18
профундаль	-	-	-	-	-	<i>Sph. corneum</i> – <i>Limnodrilus</i> – <i>Ch. plumosus</i>	5,21	2,84	0,50	0,36
Средний: лев. берег	<i>Limnaea</i> – <i>P. planorbis</i> – <i>Glossiphonia</i>	3,91	2,91	0,69	0,19	<i>L. palustris</i> – <i>P. planorbis</i> – <i>E. octoculata</i>	5,86	3,79	0,47	0,19
	<i>B. tentaculata</i> – <i>Limnodrilus</i> – <i>G. gripekoveni</i>	6,92	3,95	0,61	0,14	<i>B. tentaculata</i> – <i>Limnodrilus</i> – <i>G. gripekoveni</i>	6,86	3,82	0,63	0,21
прав. берег	<i>T. newaensis</i> – <i>Bithynia</i> – <i>Chironomus (plumosus+thummi)</i>	5,96	3,68	0,49	0,31	<i>Tubifex</i> – <i>Sph. corneum</i> – <i>Ch. plumosus</i>	6,91	4,27	0,77	0,15
профундаль	<i>L. hoffmeisteri</i> – <i>Chironomus</i> – <i>V. piscinalis</i>	4,93	3,01	0,51	0,21	<i>Limnodrilus</i> – <i>Ch. plumosus</i> – <i>B. tentaculata</i>	5,06	3,01	0,64	0,18
Прилотинный: лев. берег	<i>Planorbis</i> – <i>Limnephilus</i> – <i>Glossiphonia</i>	4,23	2,71	0,48	0,24	<i>L. palustris</i> – <i>P. planorbis</i> – <i>Limnephilus</i>	4,27	2,76	0,46	0,26
лев. берег	<i>Ch. plumosus</i> – <i>Limnodrilus</i> – <i>Limnaea</i>	4,90	3,01	0,58	0,29	<i>Limnaea</i> – <i>Limnodrilus</i> – <i>G. gripekoveni</i>	4,92	3,03	0,53	0,31
прав. берег	<i>Tubifex</i> – <i>Chironomus</i> – <i>Sphaerium</i>	5,55	3,84	0,57	0,24	<i>T. newaensis</i> – <i>Sph. corneum</i> – <i>Ch. plumosus</i>	5,47	3,79	0,52	0,20
профундаль	<i>Limnodrilus</i> – <i>Potamotheix</i> – <i>Chironomus</i>	3,80	2,69	0,51	0,24	<i>Potamotheix</i> – <i>Ch. plumosus</i> – <i>Limnodrilus</i>	3,85	2,63	0,49	0,27

Примечание: *Д* – индекс видового разнообразия, *Н* – индекс информационного разнообразия, *V* – индекс выравненности, *С* – индекс доминирования.

типы биоценоза (*Limnaea* – *P. planorbis* – *Glossiphonia* и *L. palustris* – *P. planorbis* – *E. octoculata*, соответственно в 2004 и 2005 гг.) в условиях каменистого биотопа (мелководная зона) и моллюско – олигохетно – хирономидное сообщество (*B. tentaculata* – *Limnodrilus* – *G. gripekoveni*) в оба года (глубоководная зона). Правобережное сообщество в 2005 г. характеризовалось возрастанием индексов (*D*, *H*, *V*) и снижением индекса доминирования (*C*), что указывает на повышение устойчивости и стабильности ценоза по сравнению с 2004 г. В левобережных литоральных сообществах значения индексов характеризовались иной динамикой. Так, в литофильном моллюско – пиявочном ценозе значения индекса Маргалефа и Шеннона возросли, индекс доминирования оставался одинаковым, а выравненность снизилась по сравнению с 2004 г. В аргилло-пелофильном сообществе (*B. tentaculata* – *Limnodrilus* – *G. gripekoveni*) индексы *D* и *H* немного снижались при возрастании выравненности и доминирования. В профундальной зоне в 2004 г. сформировался олигохетно – хирономидно – моллюсковое сообщество (*L. hoffmeisteri* – *Chironomus* – *V. piscinalis*), тип которого сохранился и в 2005 г. (*Limnodrilus* – *Ch. plumosus* – *B. tentaculata*). Экологические индексы (*D*, *H*, *V*, *C*) характеризовали профундальные сообщества следующим образом: показатель индекса Шеннона в 2005 г. оставался на уровне предыдущего года, значения индексов Маргалефа и выравненности возросли при уменьшении величины индекса доминирования.

В мелководной литорали (с выходом камней) левобережья приплотинного района в 2004 г. функционировало моллюско – ручейнико – пиявочное сообщество (*Planorbis* – *Limnephilus* – *Glossiphonia*). В 2005 г. здесь возросло доминирование мягкотелых и сформировался моллюско – ручейниковый тип биоценоза (*L. palustris* – *P. planorbis* – *Limnephilus*), отличающийся несколько возросшими индексами Маргалефа, Шеннона и Симпсона при понижении выравненности. В более глубоководной части этой зоны тип сообщества определяли моллюски, олигохеты, хирономиды. Экологические индексы, характеризующие структуру последних биоценозов, следовали тенденции предшествующих сообществ левобережья. В правобережье сформировался олигохетно – моллюско – хирономидный тип биоценоза. Примечательно, что в 2005 г. весь комплекс экологических индексов (*D*, *H*, *V*, *C*) отличался небольшим понижением их значений (см. табл. 3). В профундали этого района в 2004 г. установилось олигохетно – хирономидное сообщество (*Limnodrilus* – *Potamothrix* – *Chironomus*), функционирующее практически в том же составе и в 2005 г. В 2005 г. для пелофильного сообщества (*Potamothrix* – *Ch. plumosus* – *Limnodrilus*) отмечено увеличение значений индексов Маргалефа и Симпсона при снижении величин индекса Шеннона и выравненности. Таким образом, комплекс экологических индексов указывает на снижение устойчивости бентических сообществ приплотинного района по сравнению с другими участками водохранилища.

4.2. Продукция сообществ макрозообентоса

Сообщества макрозообентоса Сурского водохранилища высоко продуктивны, причем более высокие величины фактической продукции (P_b) и других продукционных показателей они обеспечивали в 2004 г., что обусловлено более высоким уровнем развития макрозообентоса в целом в этом году (табл. 4).

Продукция бентических сообществ при оценке ее суммарно за период исследований в 2004 г. характеризуется наиболее высокими показателями в пелофильных биоценозах профундальных зон среднего (биоценоз: *L. hoffmeisteri* – *Chironomus* – *V. piscinalis*) участка ($292,45 \text{ кДж/м}^2$) и приплотинного района (биоценоз: *Limnodrilus* – *Potamothrix* – *Chironomus*) – $322,55 \text{ кДж/м}^2$ водохранилища. Наиболее низкими величинами продукции отличались литореофильные биоценозы в левобережных литоральных зонах среднего (биоценоз: *Limnaea* – *P. planorbis* – *Glossiphonia*) – $57,75 \text{ кДж/м}^2$ и приплотинного (биоценоз: *Planorbis* – *Limnephilus* – *Glossiphonia*) – $47,53 \text{ кДж/м}^2$ участков водоема. Высокие величины продукции в первом случае (профундальные сообщества) обеспечивали пелофильные макробеспозвоночные из малоцетинковых червей и личинок хирономид, доминирующие на иловатых субстратах в профундальных зонах и обладающие более высокой продукционной потенцией по сравнению с моллюсками и пиявками, преобладающими в литореофильных ценозах – во втором случае (Алимов, 1989; Каменев, 1993).

В 2005 г., за исключением пелофильного биоценоза, функционирующего в левобережной литорали верховья водохранилища, в котором продукция (P_b) оказалась немного выше аналогичной величины профундального ценоза ($104,83$ против $96,38 \text{ кДж/м}^2$) этого участка; создание продукции (P_b) макробентическими сообществами следует тенденции, отмеченной в 2004 г., но на более низком уровне (см. табл. 4).

Теоретически рассчитанная рыбопродукция бентосоядных рыб за счет естественного корма (макрозообентоса) без подрыва кормовой базы, из которой вычтена часть (10%), необходимая для воспроизводства гидробионтов (Соколова, 1980), оказалась в разных сообществах в пределах $1,45 - 9,90 \text{ г/м}^2$ ($14,5 - 99,0 \text{ кг/га}$) в 2004 г. и $0,31 - 8,08 \text{ г/м}^2$ ($3,10 - 80,80 \text{ кг/га}$) – в 2005 г.

Анализ продукционного процесса в биоценозах водохранилища показывает, что этот процесс в бентических комплексах протекает с преобладанием накопления энергии, свидетельствуя тем самым о повышении трофности экосистемы водохранилища.

Определенный интерес представляет оценка отношения продукции биоценоза к тратам на обмен животными, входящими в его состав (P_b/R_b). Этот показатель характеризует функциональное состояние биоценозов (Алимов, 1989). В биоценозах чистых вод это отношение обычно варьирует в пределах $0,16 - 0,30$. В загрязненных водоемах упрощается структура биоценозов (укорачиваются пищевые цепи вследствие выпадения из них хищных беспозвоночных, исчезают животные-фильтраторы и др.), уменьшается доля рассеиваемой энергии в них и, следовательно, возрастает величина показателя

Таблица 4

Продукция биоценозов макрозообентоса Сурского водохранилища

2004 г.					2005 г.				
Тип биоценоза	P_b	R_b	P_b/R_b	ППП	Тип биоценоза	P_b	R_b	P_b/R_b	ППП
-	-	-	-	-	<i>B. tentaculata</i> – <i>Sph. corneum</i>	10,57	222,06	0,046	0,31
-	-	-	-	-	<i>A. piscinalis</i> – <i>B. tentaculata</i> – <i>Limnodrilus</i>	104,83	415,92	0,254	3,21
-	-	-	-	-	<i>Sphaerium</i> – <i>Tubifex</i> – <i>B. tentaculata</i>	97,19	256,96	0,376	2,98
-	-	-	-	-	<i>Sph. corneum</i> – <i>Limnodrilus</i> – <i>Ch. plumosus</i>	96,38	235,78	0,414	2,95
<i>Limnaea</i> – <i>P. planorbis</i> – <i>Glossiphonia</i>	57,75	313,76	0,173	1,78	<i>L. palustris</i> – <i>P. planorbis</i> – <i>E. octoculata</i>	37,32	218,26	0,180	1,14
<i>B. tentaculata</i> – <i>Limnodrilus</i> – <i>G. gripekoveni</i>	195,82	432,58	0,460	6,01	<i>B. tentaculata</i> – <i>Limnodrilus</i> – <i>G. gripekoveni</i>	169,67	404,52	0,439	5,20
<i>T. newaensis</i> – <i>Bithynia</i> – <i>Chironomus (plumosus+thummi)</i>	155,07	465,93	0,453	6,49	<i>Tubifex</i> – <i>Sph. corneum</i> – <i>Ch. plumosus</i>	185,96	326,33	0,444	5,69
<i>L. hoffmeisteri</i> – <i>Chironomus</i> – <i>V. piscinalis</i>	292,45	605,54	0,477	8,88	<i>Limnodrilus</i> – <i>Ch. plumosus</i> – <i>B. tentaculata</i>	238,52	554,31	0,434	7,32
<i>Planorbis</i> – <i>Limnephilus</i> – <i>Glossiphonia</i>	47,53	145,66	0,336	1,45	<i>L. palustris</i> – <i>P. planorbis</i> – <i>Limnephilus</i>	31,85	102,66	0,379	1,02
<i>Ch. plumosus</i> – <i>Limnodrilus</i> – <i>Limnaea</i>	247,43	495,61	0,487	7,59	<i>Limnaea</i> – <i>Limnodrilus</i> – <i>G. gripekoveni</i>	183,46	357,04	0,512	5,63
<i>Tubifex</i> – <i>Chironomus</i> – <i>Sphaerium</i>	255,60	592,93	0,421	8,09	<i>T. newaensis</i> – <i>Sph. corneum</i> – <i>Ch. plumosus</i>	153,04	350,73	0,440	4,74
<i>Limnodrilus</i> – <i>Potamothenix</i> – <i>Chironomus</i>	322,55	597,58	0,535	9,90	<i>Potamothenix</i> – <i>Ch. plumosus</i> – <i>Limnodrilus</i>	263,62	477,16	0,552	8,08

Примечание: P_b – продукция (чистая) биоценоза, кДж/м²; R_b – траты на обмен, кДж/м²; P_b/R_b – отношение продукции биоценоза к тратам на обмен; ППП – потенциальный прирост рыбопродукции рыб-бентофагов, г/м².

(P_b/R_b). Показатели (P_b/R_b) в исследованных биоценозах Сурского водохранилища характеризовались высокими значениями (исключение: литореофильные ценозы) (0,421 – 0,535 – в 2004 г. и 0,376 – 0,552 – в 2005 г.), причем выше они в сообществах профундальных зон, что свидетельствует о функционировании их в условиях антропогенного пресса – загрязнения.

Глава 5. Сезонная динамика макрозообентоса Сурского водохранилища

Сезонная динамика количественного развития (численность и биомасса) макробентофауны Сурского водохранилища в значительной степени обусловлена биологическими особенностями (жизненными циклами) развития макробентических беспозвоночных.

В 2005 г. в верхней части водохранилища (с. Ивановка – п. «Смычка») среднесезонные показатели численности изменялись в пределах 700 – 1021 экз./м², биомасса 12,81 – 21,26 г/м². В динамике численности макрозообентоса верховьев зафиксированы два ее подъема: в июле (1168 экз./м² – створ у с. Ивановка, 842 – с. Ст. Яксарка, 794 экз./м² – «Смычка») и сентябре (996 экз./м² – с. Ивановка, 787 – с. Ст. Яксарка, 771 экз./м² – «Смычка»). Динамику численности зообентоса определяли представители родов *Limnodrilus* и *Tubifex* (олигохеты), родов *Chironomus* и *Cryptochironomus* (хирономиды). Динамика биомассы определялась мягкотелыми из родов *Sphaerium* и *Sphaeriastrium* и видами из семейства *Valvatidae*.

Макрозообентос среднего участка водохранилища в 2004 г. характеризовался высокими среднесезонными показателями как численности, так и биомассы: 1548 экз./м² и 32,38 г/м² – на створе у с. Ленинка и 1657 экз./м² и 32,17 г/м² – у с. Казеевка. Показатели численности и биомассы макрозообентоса в течение сезона изменялись на створе у с. Ленинка в пределах: 1096 – 1985 экз./м² и 25,68 – 36,73 г/м². При этом в динамике как численности, так и биомассы зафиксированы две вспышки: в июле (1985 экз./м² и 36,73 г/м²) и в сентябре (1797 экз./м² и 35,50 г/м²). Основной вклад в обеспечении динамики численности вносили виды родов *Limnodrilus*, *Potamothrix* из олигохет и родов *Chironomus*, *Polypedilum* – из хирономид, динамику биомассы определяли представители сем. *Limnaeidae*, *Bithynidae*. На створе у с. Казеевка этого участка сезонная динамика макрозообентоса характеризовалась также двумя пиками, причем весьма близкими: 2072 экз./м² и 36,93 г/м² – в июле и 2085 экз./м² и 36,87 г/м² – сентябре. Динамику численности определяли олигохеты и личинки хирономид, биомассы – моллюски, с заметным вкладом в динамику последнего показателя олигохет (20,45%) и хирономид (13,75%).

В 2005 г. динамика численности бентоса характеризовалась двумя подъемами (в июне и августе – сентябре и определялась олигохетами (преимущественно тубифицидного комплекса) и личинками хирономид. Ход динамики биомассы характеризовался постепенным возрастанием ее от весны (май) к середине лета (июль) и понижением в августе – сентябре. Последнюю определяли преимущественно моллюски (р.р. *Sphaerium*, *Valvata*, *Bithynia*), но с

заметным вкладом олигохет и личинок хирономид. В динамике численности бентоса на створе у с. Казеевка отмечено два пика: в июле (1564 экз./м²) и сентябре (1530 экз./м²), которые обеспечивали олигохеты и личинки хирономид с удельным весом каждой группы 43,30; 20,0% и 49,50; 28,0% соответственно в июле и сентябре. Наибольшая биомасса отмечена в июле (33,23 г/м²).

Численность и биомасса бентоса в приплотинном районе водохранилища в 2004 г. колебались в пределах 1168 – 1715 экз./м² и 20,24 – 31,10 г/м² на створе у с. Алферьевка и от 1076 до 1768 экз./м² и от 14,08 до 24,90 г/м² – у с. Камайка. Динамика численности макрозообентоса на обоих створах низовья водоема характеризовалась двумя подъемами, причем как у с. Алферьевка, так и у с. Камайка в июле и сентябре: 1685 и 1715 экз./м² – с. Алферьевка; 1768 и 1600 экз./м² – с. Камайка. При этом в обоих случаях динамику численности обеспечивали олигохеты (*p. Limnodrilus*, *p. Potamothrix*) и личинки хирономид (*p. Chironomus*, *p. Glyptotendipes*, *p. Pentapedilum*). Динамику биомассы определяли олигохеты (40,0%), моллюски (29,60%) и хирономиды (28,30%).

В 2005 г. динамика численности макрозообентоса в приплотинном районе на обоих створах характеризовалась двухвершинной кривой, пики которой отмечены в июне и августе – сентябре. Оба пика численности обусловлены олигохетами и личинками хирономид. Динамика биомассы бентоса на данном участке водоема отличалась одним подъемом: у с. Алферьевка – в июле (31,10 г/м²) и у с. Камайка – в августе (24,89 г/м²). Динамика биомассы определялась олигохетами (*p. Limnodrilus*, *p. Potamothrix*), моллюсками (*p. Sphaerium*), хирономидами (*p. Chironomus*, *p. Procladius*).

Глава 6. Оценка качества воды Сурского водохранилища по состоянию макрозообентоса

Оценку качества воды Сурского водохранилища выполнили с использованием ряда биоиндексов, рекомендованных и широко применяемых для биоиндикации водоемов и водотоков европейской части России (Алимов, 1989; Балушкина, 1976, 1987; Винберг и др., 1977; Афанасьев, 2001; Щербак, 2001; Каменев, 2002; Pantle, Buck, 1955; Sladeček, 1973). Таковыми для биологического анализа вод представляются биотический индекс Вудивисса, олигохетный индекс Гуднайта – Уитлея, хирономидный индекс сапробности.

В условиях водохранилища в годы исследования установлено снижение значений индекса Вудивисса от верховья водоема к его приплотинному району, причем как в литоральных зонах, так и в профундали. Наиболее низкие его показатели зафиксированы в профундальных зонах исследованных участков водохранилища, соответствуя «загрязненным» и «умеренно загрязненным», переходному состоянию воды от «загрязненной» к «грязной» и «грязной» соответственно в верхнем, среднем и нижнем участках водоема (табл. 5).

В Узинском заливе отмечена иная картина: возрастание величин индекса в литоральных зонах от верховья к низовью залива. Низкие значения индекса

Таблица 5

Оценка качества воды Сурского водохранилища по макрозообентосу

Район наблюдения	Индексы							
	<i>J</i> , %		<i>K</i>		<i>БИВ</i>		<i>S</i>	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Верховье водохранилища (с. Ивановка - Смычка):								
1. литораль левого берега	–	39	–	6,46	–	5	–	2,46
2. профундаль	–	43	–	Ort.-	–	4-5	–	2,47
3. литораль правого берега	–	40	–	6,39	–	5	–	2,28
Средний участок (с. Ленинка – с. Казеевка):								
1. литораль левого берега	42	46	6,50	6,73	5	4-5	2,22	2,31
2. профундаль	43	48	Ort.-	Ort.-	3-4	3-4	2,73	2,69
3. литораль правого берега	46	42	6,62	6,57	5-6	5-6	2,13	2,30
Приплотинный район (с. Алферьевка – с. Камайка):								
1. литораль левого берега	41	47	6,59	6,67	5-4	4-5	2,59	2,57
2. профундаль	69	65	Ort.-	Ort.-	3	3	2,89	2,81
3. литораль правого берега	44	58	6,71	6,59	5	5	2,29	2,36
Узинский залив Верховье (п. Шемышейка):								
1. литораль левого берега	23	32	6,47	6,42	5-6	5-6	2,43	2,39
2. профундаль	55	47	Ort.-	Ort.-	4	4	2,54	2,61
3. литораль правого берега	34	55	6,57	6,61	4-5	5	2,52	2,55
Средний участок (район р. Няньга):								
1. литораль левого берега								
а) ил + растительные остатки (р. о.)	29	38	7,12	7,34	5	5	2,37	2,30
б) заиленная почва + р. о.	36	35	6,32	6,07	5	5	2,34	2,29
2. профундаль	34	37	Ort.-	Ort.-	4-5	4-5	2,50	2,47
3. литораль правого берега	29	35	5,45	5,39	6	6	2,42	2,39
Нижний участок (рыбхоз “Присурское”- с. Усть-Уза)								
1. литораль левого берега								
а) заиленная почва + р. о.	22	34	6,52	6,47	5-6	5-6	2,35	2,33
б) ил + р.о.	31	40	Ort.-	Ort.-	5-6	5-6	2,44	2,31
в) заиленный песок + р. о.	30	38	5,97	5,88	5-6	5	2,29	2,28
2. профундаль	52	57	Ort.-	Ort.-	4	4	2,70	2,63
3. литораль правого берега	–	–	3,16	3,24	6-7	6-7	1,37	1,35

Примечание: *J* – олигохетный индекс Гуднайта – Уитлея, *K* – хирономидный индекс Е.В. Балускиной, *БИВ* – биотический индекс Вудивисса, *S* – индекс сапробности.

Вудивисса (4) отмечены также в профундальных зонах, но только в верховьях и в нижней части залива, позволяя отнести воды этих зон к категории «загрязненных» вод.

Хирономидный индекс Е.В. Балускиной позволяет оценить воды Сурского водохранилища как «умеренно загрязненные» и «загрязненные». Более

загрязненные воды фиксировались в профундальных зонах водохранилища и залива. Об этом свидетельствуют также выпадение из профундальных сообществ менее толерантных видов хирономид – ортокладиин, для функционирования которых необходимо высокое качество воды и присутствия в профундали большого количества полисапробных пелофильных хирономид из подсемейств *Tanypodinae* и *Chironominae* (род *Chironomus*).

Олигохетный индекс Гуднайта – Уитлея характеризует воды водохранилища и залива как «умеренно загрязненные» и «загрязненные». Последним качеством оцениваются преимущественно воды профундальных зон (см. табл. 5). Это вполне согласуется с оценками качества по индексам Вудивисса и Балускиной.

Показатели индекса сапробности при оценке состояния вод исследованного водоема позволили выявить ухудшение качества последних в профундальных зонах, причем, как в водохранилище, так и в заливе. Качество вод в этих зонах, за исключением верховья водохранилища и среднего участка залива, в которых воды по качеству приближаются к категории «грязные», соответствует α – мезосапробному классу («грязная» вода). Воды литоральных зон от верховья до плотины водохранилища и от верхнего участка до низовья залива характеризуются в целом β – мезосапробным классом («умеренно загрязненная» вода). Олигосапробная зона («чистая» вода) отмечена только в одном случае: каменистая правобережная литораль в районе биологической станции ПГПУ Узинского залива. Динамика показателей индексов биоиндикации позволяет судить о биоценотическом разнообразии, а также о структурных перестройках в сообществах.

Таким образом, система Вудивисса в комплексе с индексами: сапробности, олигохетным Гуднайта – Уитлея, хирономидным Е.В. Балускиной и др. позволяет достаточно строго и объективно по состоянию макрозообентоса оценить качественное состояние вод Сурского водохранилища.

Выводы

1. За период исследования макробентофауны Сурского водохранилища выявлено 226 видов и таксонов макробентических беспозвоночных, относящихся к 7 типам, 11 классам, 27 отрядам и 72 семействам. Наиболее выраженное видовое сходство макрозообентоса по индексу Чекановского-Серенсена отмечено между средним участком и приплотинным районом водохранилища, меньшее – между Узинским заливом и приплотинным районом водоема.

2. Среднесезонные показатели численности и биомассы макрозообентоса наиболее высокими значениями характеризовались в 2004 г. При этом наибольшая среднесезонная численность и биомасса отмечены в средней части водохранилища (с. Ленинка – с. Казеевка): 1548 – 1657 экз./м² и 32,17 – 32,38 г/м², наименьшие – в верховье (с. Ивановка – с. Ст. Яксарка) водоема: 700 – 1021 экз./м² и 12,81 – 21,26 г/м². В приплотинном районе водохранилища и в

Узинском заливе развитие макробентофауны характеризуется промежуточными значениями среднесезонной численности и биомассы.

3. Тип и структуру донных биоценозов водохранилища формируют, как правило, немногие группы макробентических животных: олигохеты, моллюски, хирономиды. Среди олигохет в бентических сообществах доминировали *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Tubifex newaensis*, *Potamothrix hammoniensis*, таковыми из хирономид являлись: *Chironomus plumosus*, *Ch. thummi* (чаще в ценозах профундали), *Glyptotendipes gripekoveni* (в литоральных сообществах) содоминантами иногда выступали *Cryptochironomus defectus*, *Polypedilum nubeculosum*, в профундальных – *Procladius choreus*. Из мягкотелых преобладали лимнеиды, планорбиды, *p. Bithynia* (в биоценозах литорали), вальватиды, *Sphaerium corneum* (в сообществах профундали). Высокие коэффициенты видового сходства зафиксированы между сообществами литоральных зон и биоценозами профундали водохранилища.

4. Сообщества макрозообентоса Сурского водохранилища высоко продуктивны, причем более высокие величины фактической продукции (P_b) и других продукционных показателей они обеспечивали в 2004 г., что обусловлено более высоким уровнем развития макрозообентоса в целом в этом году. Показатели (P_b/R_b) в исследованных биоценозах Сурского водохранилища характеризовались высокими значениями (исключение: литореофильные ценозы) (0,421 – 0,535 – в 2004 г. и 0,376 – 0,552 – в 2005 г.), причем выше они в сообществах профундальных зон, что свидетельствует о функционировании их в условиях антропогенного пресса – загрязнения.

Анализ продукционного процесса в биоценозах водохранилища показывает, что этот процесс в бентических комплексах протекает с преобладанием накопления энергии, свидетельствуя тем самым о повышении трофности экосистемы водохранилища.

5. Сезонные колебания общей численности и биомассы макрозообентоса в водохранилище характеризуются, как правило, двухвершинной кривой и коррелятивно связаны с биологическими особенностями (жизненными циклами) массовых макробентических беспозвоночных из олигохет, хирономид, моллюсков. Динамика общей численности макробентофауны определяются, главным образом, динамикой численности личинок хирономид и олигохет, а общая биомасса – динамикой биомассы мягкотелых.

6. Комплексная оценка качества воды Сурского водохранилища по состоянию макробентических сообществ и макрозообентоса в целом позволила выявить следующее: воды литоральных зон левобережья и правого берега водохранилища характеризуются β – мезосапробным классом, в профундальных зонах среднего участка и приплотинного района водоема качество вод снижается до α – мезосапробного класса. Последним классом качества α – мезосапробным оцениваются воды профундальной зоны и правобережной литорали верховья (п.г.т. Шемышейка) и профундали низовья (с. Усть-Уза) залива. Воды других исследованных участков залива относятся к β – мезосапробному классу.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Каменев А.Г. Биоразнообразие и биопродуктивность макрозообентоса Сурского водохранилища (левобережная зона) / А.Г. Каменев, А.Н. Вельмьяйкина // Естественно-технические исследования: теория, методы, практика (Межвуз. сб. научн. тр.). – Саранск, 2004 г. – С. 96 – 99.
2. Каменев А.Г. Биоиндикация вод левобережной зоны Сурского водохранилища / А.Г. Каменев, А.Н. Вельмьяйкина // Проблемы экологии в современном мире: материалы Всерос. Internet – конференции. – Тамбов, 2004 г. – С. 132 – 135.
3. Каменев А.Г. Биоразнообразие и продукция макрозообентоса Узинского залива Сурского водохранилища и биоиндикация его вод / А.Г. Каменев, А.Н. Вельмьяйкина, Л.В. Люгзаева // Стратегия природопользования и сохранение биоразнообразия в XXI веке: материалы 2-й междунар. конф. молодых ученых и специалистов. – Оренбург, 2004. – С. 43 – 45.
4. Каменев А.Г. Биопродуктивность макрозообентоса средней зоны Сурского водохранилища / А.Г. Каменев, А.Н. Вельмьяйкина, А.В. Сураева // Технические и естественные науки: проблемы, теория, эксперимент (Межвуз. сб. научн. тр.). – Саранск, 2005. – С. 98 – 101.
5. Вельмьяйкина А.Н. Макрозообентос средней зоны Сурского водохранилища (динамика развития) / А.Н. Вельмьяйкина, А.Г. Каменев, Л.В. Люгзаева // Технические и естественные науки: проблемы, теория, эксперимент (Межвуз. сб. научн. тр.). – Саранск, 2005. – С. 112 – 115.
6. Каменев А.Г. Биоразнообразие и продукция макрозообентоса нижнего участка Узинского залива Сурского водохранилища / А.Г. Каменев, А.Н. Вельмьяйкина, А.В. Сураева // Биоресурсы и биоразнообразие экосистем Поволжья: прошлое, настоящее, будущее. – Саратов, 2005. – С. 226 – 227, С. 253 – 254.
7. Вельмьяйкина А.Н. К изучению макрозообентоса Узинского залива Сурского водохранилища / А.Н. Вельмьяйкина, А.Г. Каменев // XXXIII Огаревские чтения. – Саранск, 2005. – С. 43 – 44.
8. Каменев А.Г. Макрозообентос как компонент кормовой базы рыб-бентофагов верхнего участка Узинского залива Сурского водохранилища / А.Г. Каменев, А.Н. Вельмьяйкина, Л.В. Люгзаева, А.В. Сураева // Наука и инновации в Республике Мордовия: матер. IV Республ. научн.-практ. конф. – Саранск, 2005. – С. 629 – 632.
9. Каменев А.Г. Биопродуктивность макрозообентоса приплотинной зоны Сурского водохранилища / А.Г. Каменев, А.Н. Вельмьяйкина, Л.В. Люгзаева // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского севера: материалы IV (XXVII) Междунар. научн. конф. – Ч.1. – Вологда, 2005. – С. 166 – 168.
10. Каменев А.Г. Продукция сообществ макрозообентоса и биоиндикация вод нижнего участка Узинского залива Сурского водохранилища / А.Г. Каменев, А.Н. Вельмьяйкина, А.В. Сураева // Современные аспекты экологии и эколо-

гического образования: материалы Всерос. научн. конф. – Казань, 2005. – С. 224 – 226.

11. Каменев А.Г. Сообщества макрозообентоса и их продукция верхнего участка Узинского залива / А.Г. Каменев, А.Н. Вельмьяйкина, Л.В. Люгзаева, А.В. Сураева // Современные аспекты экологии и экологического образования: материалы Всерос. научн. конф. – Казань, 2005. – С. 226 – 228.

12. Люгзаева Л.В. Кормовая база и потенциальная рыбопродуктивность на верхнем и нижнем участках Узинского залива Сурского водохранилища / Л.В. Люгзаева, А.Г. Каменев, А.Н. Вельмьяйкина // Студенты – науки XXI века: сб. научн. работ студентов биологического факультета. – Саранск, 2006. – С. 42 – 45.

13. Вельмьяйкина А.Н. Структура и продукция сообществ макрозообентоса среднего участка Сурского водохранилища / А.Н. Вельмьяйкина, А.Г. Каменев // Естественно-технические исследования: теория, методы, практика (Межвуз. сб. научн. тр.). – Вып. 4.– Саранск, 2006 г. – С. 52 – 57.

14. Вельмьяйкина А.Н. Продукция макрозообентоса приплотинной зоны Сурского водохранилища / Вельмьяйкина А.Н., Каменев А.Г., Шеянов В.Н. // XXXIV Огаревские чтения. – Саранск, 2006. – С. 72 – 74.

15. Вельмьяйкина А.Н. Биоразнообразие макрозообентоса среднего и нижнего участков Сурского водохранилища / А.Н. Вельмьяйкина, А.Г. Каменев; Мордов. ун-т. – Саранск, 2006. – 16 с. – Деп. в ВИНТИ 16.08.06, № 1073-В06.

16. Каменев А.Г. Биоразнообразие макрозообентоса Узинского залива Сурского водохранилища / А.Г. Каменев, А.Н. Вельмьяйкина, Л.В. Люгзаева; Мордов. ун-т. – Саранск, 2006. – 17 с. – Деп. в ВИНТИ 16.08.06, № 1072-В06.