В.Д. Богданов, Е.Н. Богданова О.А. Госькова, П.М. Морозова П.С. Некрасова, П.Н. Степанов М.И. Ярушина

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РЕКРЕАЦИОННОЙ ЕМКОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

В.Д. Богданов, Е.Н. Богданова, О.А. Госькова, Л.М. Морозова, Л.С. Некрасова, Л.Н. Степанов, М.И. Ярушина

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РЕКРЕАЦИОННОЙ ЕМКОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ

ЕКАТЕРИНБУРГ 2007 УДК 574.5 + 597-15 + 556 ББК 28.082 + 28.693.32 + 26.22

Богданов В.Д., Богданова Е.Н., Госькова О.А., Морозова Л.М., Некрасова Л.С., Степанов Л.Н., Ярушина М.И. Оценка экологического состояния и рекреационной емкости экосистемы озера Песчаное. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. ISBN 5-7691-1882-2.

В работе изложены результаты гидрохимических, гидробиологических и ботанических исследований оз. Песчаное и его водоохранной зоны, выполненных в 2003–2004 гг.

По гидрохимическим параметрам оз. Песчаное характеризуется как водоем, в котором идут процессы закисления. Для него отмечена низкая скорость деструкционных процессов. В донных отложениях аккумулировано повышенное количество тяжелых металлов и нефтепродуктов в результате многолетних миграций поллютантов. Озеру свойственны очень низкие биомассы фитопланктона при высокой численности, что имеет место в олиготрофных, гумифицированных и зарастающих водоемов. Состояние фитопланктона свидетельствует о слабом загрязнении воды органическими веществами.

Структурная организация зоопланктонного сообщества (таксономическая, размерная, сезонная, пространственная) говорит о том, что оз. Песчаное относится к мезотрофным водоемам с чистой от органических загрязнений водой, в рыбохозяйственном отношении озеро среднекормное для планктофагов.

Количественные показатели развития донной фауны характеризуют оз. Песчаное как водоем с низким уровнем развития кормовой базы рыб-бентофагов. По состоянию макрозообентоса грунты и придонные слои воды литорали соответствовали категории чистых, участки водоема в районе лагеря УГТУ-УПИ – умеренно загрязненных.

Песчаное по природному комплексу обитающих в нем рыб можно отнести к типичным окунево-плотвичным водоемам таежной зоны горного Урала. Ихтиофауна озера обедненная вследствие закисления и зимних заморов. В экосистеме озера выявлены нарушения растительного покрова и мезофауны прибрежной полосы, связанные с повышенной рекреационной нагрузкой.

Приоритетными направлениями природоохранной деятельности на оз. Песчаное можно назвать восстановление растительности в прибрежной полосе, благоустройство рекреационной зоны, организацию стоянок для транспорта, соблюдение запрета на использование моторного маломерного флота.

Работа выполнена по заказу администрации г. Екатеринбурга при поддержке руководства УГТУ-УПИ.

Ответственный редактор академик В.Н. Большаков Рецензент к.б.н. Т.В. Силина

ВВЕДЕНИЕ

Малые озера, к которым относятся водоемы с площадью зеркала до 50 км², на территории Свердловской области встречаются повсеместно и служат для хозяйственных и рекреационных целей. Реакция больших и малых озер на одинаковую антропогенную нагрузку на территорию их водоосбора различается (Никаноров, Лапин, 1990; Прыткова, Якушенко, 1994). Оценка состояния экосистем интенсивно используемых малых озер и происходящих в них изменений относится к актуальным задачам гидробиологии.

В 2003–2004 гг. в Институте экологии растений и животных УрО РАН проведены исследования состояния экосистемы оз. Песчаное. Оно расположено на территории Учебно-опытного лесхоза УГЛТУ, входящей в пригородную рекреационную зону Екатеринбурга. Озеро является гидрологическим памятником природы областного значения, охрана которого, по решению облисполкома, возложена на учебно-опытный лесхоз УГЛТУ (Галактионов, 1990). Близость озера к городу и его доступность привлекают горожан для отдыха. В теплые летние дни количество отдыхающих становится очень большим (до 1000 машин и 2000–3000 человек в день). В связи с важностью озера в этом отношении возникала проблема определения качества воды и рекреационной емкости экосистемы.

Цель нашей работы заключается в оценке экологического состояния и рекреационной емкости экосистемы оз. Песчаное. Экологическое состояние предполагалось исследовать по гидрохимическим, гидробиологическим и ботаническим параметрам.

Гидрохимическая характеристика дана на основе анализа состава воды и донных отложений. Гидробиологическая характеристика включает описание состава и структуры фитопланктона, зоопланктона, бентоса и рыб. Ботанические исследования и исследования мезофауны проведены на территории водоохранной зоны. В результате данных работ стала возможной оценка экологического состояния и рекреационной нагрузки на озеро.

Работа выполнена по заказу администрации Екатеринбурга. В ней принимали участие сотрудники лаборатории экологии рыб ИЭРиЖ УрО РАН В.Д. Богданов (научный руководитель, ихтиофауна, рекреация), О.А. Госькова (гидрология, гидрохимия, ихтиофауна), М.И. Ярушина (фитопланктон), Е.Н. Богданова (зоопланктон), Л.Н. Степанов (бентос), Л.С. Некрасова (мезофауна), Л.М. Морозова (растительность, рекреация).

1. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКИ

В целях изучения экосистемы оз. Песчаное в период открытой воды и после ледостава в 2003 г. для химического анализа были взяты пробы воды на пяти станциях и пробы донных отложений на четырех (рис. 1.1).

В 2004 г. взяты пробы воды и донных отложений на пяти станциях (рис. 1.2). Вода отобрана в разные этапы гидрологического года: в мае – после распаления льда, в июле – в период стабилизации уровня, в сентябре – во время осенних дождей. Пробы донных отложений в оба года исследований собраны осенью. При отборе учитывалась роль атмосферных осадков в динамике гипрохимических показателей. В промышленном районе значительное влияние на водоем оказывают осадки не только в виде дождя, но и снега. В течение нескольких месяцев последний переносит и накапливает вещества, содержащиеся в атмосфере в виде пыли и газов. В процессе таяния они поступают в водоем с талыми водами со всей площади водосбора. Для анализа химического состава снега в марте собраны пробы на льду озера у южного и северного берегов и в центре водоема. Химический состав воды и снега изучали по 28 показателям (ионный состав и общая минерализация, содержание биогенных веществ, нефтепродукты, тяжелые металлы, фенолы). В 2004 г. воду и снег исследовали в лаборатории мониторинга природных вод Уральского управления Гидрометеослужбы (УГМС) Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Анализ проведен согласно «Федеральному перечню методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды» (1996). Исследование донных отложений на содержание тяжелых металлов (по методике РД 51.18.191-89) и нефтепродуктов (методическим указаниям – РД 52.24.505–95) в оба года осуществляли в Уральском УГМС. В 2003 г. пробы воды по отдельным показателям анализировали в лаборатории промышленной экологии Аналитического испытательного центра ГОУ УГТУ-УПИ согласно ГОСТ 3351-74, 18190-72. При транспортировке в лаборатории пробы воды для анализа на со-

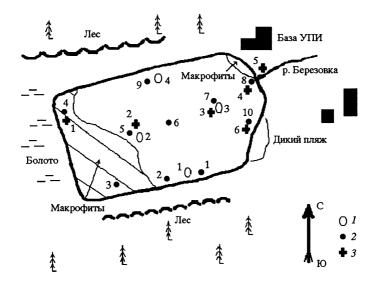


Рис. 1.1. Карта-схема оз. Песчаное с пунктами взятия проб, 2003 г.: Здесь и на рис. 1.2: I – пробы донных отложений, 2 – гидробиологические пробы, 3 – гидрохимические пробы

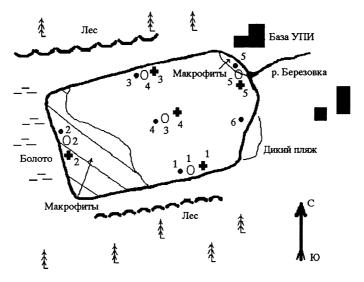


Рис. 1.2. Карта-схема оз. Песчаное с пунктами взятия проб, 2004 г.

держание фенолов фиксировали щелочью, нефтепродуктов — четыреххлористым углеродом, разных соединений азота и фосфора — хлороформом.

Качество воды оз. Песчаное оценивали по гидрохимическим показателям с помощью сравнений с предельно допустимой концентрацией (ПДК) для вод рыбохозяйственного и санитарно-бытового назначения (табл. 1.1).

Полученные в результате наших исследований гидрохимические показатели необходимы для оценки воды оз. Песчаное согласно комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши (Оксиюк и др., 1993).

Фитопланктон, зоопланктон и бентос отбирали по определенной сетке станций (см. рис. 1.1, 1.2) 3 раза в 2003 г. начиная со 2 июля и кончая 18 сентября и в 2004 г. раз в месяц с мая по сентябрь. Во время сбора проб замеряли температуру и прозрачность воды.

Количественные пробы фитопланктона отбирали батометром Руттнера с нескольких горизонтов от поверхности до дна. После перемешивания отливали 0,5 л для определения видового состава, численности и биомассы, фиксировали формалином, концентрировали отстойным методом и просчитывали в камере Нажотта объемом 0,01 мм³ с использованием светового микроскопа «Егgaval» с разными (от ×460 до ×1600) увеличениями (Методика..., 1975). Биомассу рассчитывали, приравнивая клетки к объемам сходных геометрических фигур. При этом принимали, что 109 мкм³ равны 1 мг сырой биомассы водорослей (Гусева, 1959). Удельный вес водорослей считали за единицу. К доминирующим были отнесены виды, которые в тот или иной период составляли более 10 % общей биомассы. Идентификацию диатомовых водорослей осуществляли на постоянных препаратах после холодного сжигания в серной кислоте (Балонов, 1975).

При идентификации водорослей использовали определители серий «Определитель пресноводных водорослей СССР» (Забелина и др., 1951; Голлербах и др., 1953; Киселев, 1954; Матвиенко, 1954; Попова, 1955; Дедусенко-Щеголева и др., 1959; Дедусенко-Щеголева, Голлербах, 1962; Виноградова и др., 1980; Паламарь-Мордвинцева, 1982; Мошкова-Голлербах, 1986); «Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные)», 1988, 1992; «Определитель водорослей Украины» (Матвіенко, 1965; Кондратьева, 1968; Матвіенко, Литвиненко, 1977; Матвіенко, Догадіна, 1978). Для установления отдельных таксонов и групп

Таблица 1.1 **Критерии оценки загрязненности вод**

Ингредиенты и показатели	Значения ПДК в воде р	азного назначения (мг/дм ³)
качества воды (мг/л)	рыбохозяйственного	санитарно-бытового
Кислород растворенный	Зимой не менее 4,0 Летом не менее 6,0	Не менее 4,0
БПК₅	Не более 2,0	Не более 3,0 (хозяйственно-питьевая) Не более 6,0 (купание отдыхающих)
Азот аммонийный	0,40	2,00
Азот нитритный	0,02	1,00
Азот нитратный	9,10	10,2
Медь	0,001	1,00
Никель	0,01	0,10
Цинк	0,01	1,00
Фтор-ион	0,75	1,50
Мышьяк	0,05	0,05
СПАВ анионактивные	0,10	0,50
Кальций	180,00	_
Магний	40,00	_
Сульфат-ион	100,00	500,00
Хлорид-ион	300,00	350,00
Нефтепродукты	0,05	0,30
Фенолы	0,001	0,001
Железо общее	0,10	0,30
pН	6,5–8,5	6,5–8,5
Свинец	0,03	0,03
догт, дде, ддд	_	0,10
ГХЦГ	_	0,0004
Минерализация	1000	_
Калий и натрий	170	_
Фосфаты (по Р)	0,2	_
Хром (6+)	0,02	_
Хром (3+)	0,005	_
хпк	15,0	_
Жесткость	_	7,0

Таблица 1.2 Шкала оценки качества вод по фито- и зоопланктону

Класс чистоты	Степень загрязнения вод	Индекс сапробности по Пантле и Букку	Зона сапробности
I	Очень чистые	< 1,00	Ксеносапробная
II	Чистые	1,00–1,50	Олигосапробная
III	Умеренно загрязненные	1,51–2,50	Бета-мезосапробная
IV	Загрязненные	2,51-3,50	Альфа-мезосапробная
V	Грязные	3,51-4,00	Полисапробная
VI	Очень грязные	> 4,00	Гиперсапробная

водорослей применяли также другие определители и отдельные работы (Косинская, 1960; Царенко, 1990; Starmach, 1985).

Зоопланктон собирали процеживанием 100 л воды через планктонную сетку, выполненную из мельничного капронового газа N 77. Камеральную обработку проводили по общепринятым методикам (Кутикова, 1970; Методические рекомендации..., 1982). Количество организмов по видам просчитывали под микроскопом «Оlympus» в камере Богорова в двухкратной повторности. При расчете численности мелких коловраток использовали коэффициент, равный 2 (Кутикова, 1970). Биомассу организмов зоопланктона вычисляли по уравнениям пропорционального роста (Методические рекомендации..., 1982). Пользовались отечественными определителями (Рылов, 1948; Мануйлова, 1964; Кутикова, 1970; Смирнов, 1971, 1976; Боруцкий, Степанова, Кос, 1991; Определитель пресноводных беспозвоночных..., 1995; Рогозин, 1995).

Анализ сапробности вод выполнен по методике Пантле и Букка в модификации Сладечека (Унифицированные методы..., 1977). Качество воды по фито- и зоопланктону оценивали по индексу сапробности (s). Класс чистоты вод определяли по табл. 1.2 (Руководство по методам..., 1983).

Для отбора количественных проб **зообентоса** применяли штанговый дночерпатель с площадью захвата 0,01 м² и модифицированный циркулярный скребок с площадью захвата 0,1 м² (Павлюк, 1998). Все пробы фиксировали 4 %-м раствором формальдегида. Далее материал обрабатывали в лабораторных условиях согласно общепринятым методикам (Методика изучения..., 1975; Руководство по методам..., 1983). При таксономической идентификации макрозообентоса пользовались отечественными

Таблица 1.3 Оценка качества воды по величинам относительной численности олигохет и биотического индекса (Руководство..., 1983)

Класс вод	N₀/N₅	BI
Очень чистые (I)	1–20	10–8
Чистые (II)	21–35	7–5
Умеренно загрязненные (III)	36–50	4–3
Загрязненные (IV)	51–65	2–1
Грязные (V)	66–85	1–0
Очень грязные (VI)	86–100 или макробентос отсутствует	0

определителями (Лепнева, 1964, 1966; Определитель..., 1994, 1999, 2001, 2004; Панкратова, 1970, 1977, 1983). Животных определяли, по возможности, до вида, подсчитывали и после обсущивания на фильтровальной бумаге (до исчезновения влажных пятен) взвешивали на торсионных весах типа WT-25 с точностью до 0,1 мг. Показатели численности и биомассы донных беспозвоночных животных пересчитывали на 1 м² площади дна. Доминанты установлены по показателям биомассы согласно критериям, принятым в гидробиологии (Баканов, 1987). При выделении комплекса руководящих видов применяли индекс доминирования, приводимый в работе Н.Н. Панькова (2004): $I_d = V^* \sqrt{B}$, где V — встречаемость вида (отношение числа проб с данным видом к общему количеству проб); B — доля биомассы данного вида в общей

Для оценки состояния озера использовали относительную численность олигохет $N_{\rm o}/N_{\rm f}$, где $N_{\rm o}$ – численность олигохет, $N_{\rm f}$ – общая численность бентоса (Goodnight, Whitley, 1961), и широко применяемый в биоиндикации и определении загрязнения по составу донных животных как за рубежом, так и на территории России индекс р. Трент, в отечественной литературе чаще называемый биотическим индексом Вудивисса – BI (Woodiwiss, 1964). Класс качества вод устанавливали по табл. 1.3.

В 2003 г. летом и осенью в период открытой воды и в конце октября во время ледостава проводили пробный лов рыб на разных участках акватории озера при помощи разноячейных (24—40 мм) сетей (рис. 1.3) и малькового невода. Кроме того, опрашивали рыбаков-любителей.

биомассе зообентоса. %.

Рис. 1.3. Схема сетного лова (станции 1-6) на оз. Песчаное, 2003 г.



Материал по мезофауне собирали в мае 2004 г. Для сбора почвенных беспозвоночных были выбраны три участка в 50, 500 и 1000 м от спортлагеря «Буревестник» УГТУ-УПИ в сосновом лесу у подножья горы Пшеничная. При сборе использовали метод почвенных раскопок с последующей ручной разборкой (Количественные методы..., 1987). Пробы размером 25×25×30 см брали в семи повторностях на каждом участке. Животных выбирали из земли, корешков, листвы и хвои, фиксировали их в спирте. Перед фиксацией дождевых червей выдерживали в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге, чтобы очистить их кишечник от частиц почвы. Взвешивали беспозвоночных в лаборатории: мелких — на торсионных весах (WT до 50 мг), а дождевых червей — на технических.

Кровососущих комаров собирали в мае-августе 2004 г. в сосновом лесу у подножья горы Пшеничной, а также на южном берегу озера. Личинок комаров ловили во временных водоемах, которые возникают весной при таянии снега и затоплении водами оз. Песчаное прибрежных и заболоченных участков. Для отлова личинок использовали водный сачок площадью 137.5 см². Это позволило рассчитать плотность личиночных поселений на 1 м² водной поверхности. Температуру воды в водоемах, где обитали личинки комаров, измеряли на глубине 10-30 см. Взрослых комаров, нападающих на человека и докучающих отдыхающим у озера горожанам, отлавливали пробирками на предплечье. Стандартные двадцатиминутные учеты имаго дали возможность сравнить активность нападения насекомых на протяжении летнего сезона. Для идентификации видового состава кровососущих комаров пользовались определителями А.В. Гуцевича с соавт. (1970); В.М. Глуховой и Э.П. Нарчук (1999); Р.М. Горностаевой и А.В. Данилова (1999).

2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ

Озеро Песчаное - водоем эрозионно-тектонического происхождения относится к бассейну р. Исети (фото 1). Абсолютная отметка уровня воды в нем – 311,0 м, площадь водной поверхности – 360 га. Заросшая макрофитами часть озера у западного берега имеет площадь около 5 га, площадь прибрежных мелководий – 12 га. Основное питание осуществляется за счет поверхностных и подземных вод местного стока (Черняева и др., 1977). Протяженность береговой линии – 3 км, берега слабо изрезаны, с выходами гранитов. В прежние годы в озеро впадал ручей Темный (из болота на западном берегу), теперь его устье заросло водной растительностью. Средняя глубина озера составляла 1 м, максимальная - около 3 м (Архипова, 1981). В настоящее время в центральной части она не превышает 2,4 м, дно покрыто толстым слоем торфяно-илистых отложений. Из озера вытекает речка Березовка (фото 2), или Песчаный Исток, которая в прошлом впадала в оз. Исетское, а затем потеряла с ним связь, затерявшись в окружающем его болоте (Архипова, 1967). Вскрытие ото льда обычно наблюдается в конце апреля – начале мая, ледостав – в октябре.

Оз. Песчаное, расположенное в 25 км от Екатеринбурга, в течение нескольких десятилетий используется как место отдыха горожан (рис. 2.1; фото 3). Оно является памятником природы областного значения (Галактионов, 1990).

Качество природных вод во многом зависит от их химического состава (Алекин, Семенов, Скопинцев, 1973; Оксиюк и др., 1993; Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2005). Последний в определенной степени обусловлен природным содержанием тех или иных элементов в горных породах и почвах водосборной территории, параметрами гидрологического режима (Гелашвили и др., 2005). Сезонная динамика химического состава воды не только отражает физико-химические процессы в водоеме, но и оказывает огромное влияние на состав и численность гидробионтов и соответственно на функционирование всей водной экосистемы.



Фото 1. Западный берег оз. Песчаное



Фото 2. Речка Березовка

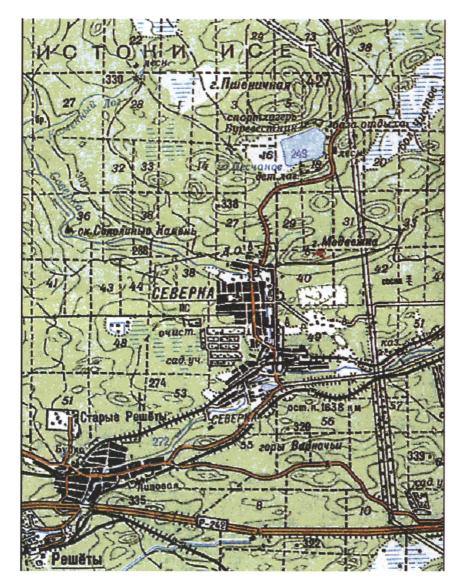


Рис. 2.1. Карта окрестностей оз. Песчаного



Фото 3. Пляж на оз. Песчаном

Примером может служить содержание в воде биогенных элементов, которое определяет интенсивность фотосинтеза в водоеме (Одум, 1975). Изучение химического состава воды очень важно в практических целях, поскольку выявляет пригодность водоема для рыборазведения, рекреации населения, водоснабжения.

Изменения в химическом составе воды выявляют воздействие на водоем природных (осадков, периодических колебаний климата и объема стока) и антропогенных (промышленных и бытовых выбросов и стоков, тепловоего загрязнения, зарегулирования, загрязнения площади водосбора, вырубки леса, строительства коммуникаций и др.) факторов. Последствия комплексного воздействия факторов обнаруживаются прежде всего на небольших и относительно замкнутых озерах, где проточность очень слабая или отсутствует. В отличие от рек в озерах преобладают процессы накопления над транзитом химических элементов и их соединений. В крупных озерах большой объем водной массы снижает эффект теплового и химического загрязнения вследствие разбавления и перемешивания. По сравнению с крупными озерами буферная система малых водоемов, таких

как оз. Песчаное, обладает небольшим «запасом прочности». Гидрохимический режим озера нарушается даже при воздействиях экологических факторов слабой интенсивности или в течение короткого периода. Свойства водных экосистем малых озер обусловливают важность изучения их гидрохимических характеристик, а также состава донных отложений, депонирующих ряд микроэлементов и других веществ на протяжении многих лет.

Литературные данные по гидрохимии оз. Песчаное представлены краткой характеристикой воды озера как маломинерализованной, относящейся к гидрокарбонатно-сульфатному классу кальциево-магниевой группы второго типа (Черняева, Черняев, Еремеева, 1977). Проведенные нами в 2003–2004 гг. исследования оз. Песчаное впервые дали возможность не только выявить ионный состав, минерализацию, содержание биогенных элементов, органического вещества, тяжелых металлов, нефтепродуктов и фенолов в воде, но также изучить сезонную динамику ряда гидрохимических показателей.

Результаты исследований выявили низкую общую минерализацию воды: сумма основных ионов за период наблюдений была в пределах от 54,0 до 115,9 мг/дм³. По сезонам в истоке ручья величина показателя почти не изменялась: 68,2 – в мае, 67,7 – июле, 70,2 мг/дм³ – сентябре. В среднем по пяти станциям на акватории озера сумма ионов увеличивалась в 1,7 раза от весны к осени, что объясняется малой минерализацией паводковых вод, питающих водоем весной, и повышением доли подземного стока в питании озера осенью (Коротков, Павлов, 1972). Минерализация воды, как и жесткость, во многом обусловлена содержанием гидрокарбонатов и ионов кальция и магния. Концентрации гидрокарбонатов в снеге в 2–3 раза ниже, чем в воде, поэтому для паводковых вод на водосборной территории оз. Песчаное характерны низкие минерализация и жесткость (табл. 2.1–2.4).

В период открытой воды содержание гидрокарбонатов и ионов кальция на разных станциях изменяется незначительно. В воде и снеге концентрации магния, калия и натрия, а также сульфатов возрастают от весны к осени, соответственно минимальные значения общей жесткости отмечены для снега, а жесткость воды повышается к осени. Содержание сульфатов в снеге и воде сразу после распаления льда практически не различается, по сезонам менее всего изменяется у истока ручья, а на других станциях увеличивается от весны к осени в 2–3 раза. Расположение озера в горной котловине способствует нерав-

Таблица 2.1 Химические показатели снега на берегах и льду оз. Песчаное, 30.03.2004 г.

Параметр	Ед. измерения	Южный берег	Центр	Северный берег
ХПК (О2)	Мг О/дм³	9,3	20,6*	13,4
Перманганатная			·	
окисляемость	Мг О/дм³	4,7	7,8	4,7
Na+ + K+	Мг/дм ³	12,3	8,5	7,3
Ca ²⁺	Мг/дм³	2,6	2,6	3,40
Mg ²⁺	Мг/дм ³	0,00	0,00	1,00
HCO₃	Мг/дм³	7,0	5,2	6,1
Жесткость	Мг экв/дм³	0,13	0,13	0,25
Cl-	Мг/дм³	4,3	3,3	3,3
SO ₄ -	Мг/дм³	18,5	14,5	16,9
Азот NH₄+	Мг/дм³	0,32	0,29	0,75
Азот NO₂	Мг/дм³	0,000	0,000	0,002
Азот NO ₃	Мг/дм³	0,236	0,258	0,608
N общий	Мг/дм³	0,580	0,550	1,56
N органический	Мг/дм³	0,024	0,002	0,20
PO ₄ 3-	Мг/дм³	0,002	0,005	0,018
Р общий	Мг/дм³	0,030	0,034	0,118
F-	Мг/дм³	0,00	0,00	0,00
Fe общее	Мг/дм³	0,114	0,107	0,147
Si	Мг/дм³	0,15	0,17	0,19
Ni	Мг/дм³	0,003	0,007	0,002
Zn	Мг/дм³	0,060	0,081	0,082
Сг общий	Мг/дм³	0,000	0,000	0,000
Hg	Мг/дм³	0,0006	0,0005	0,0019
E ***	Mг/дм ³	44,7	34,1	38,00

^{*} Здесь и в табл. 2.2–2.4 превышение ПДК $_{
m p6x}$ выделено жирным шрифтом. ** Сумма ионов.

номерному и слабому перемешиванию воды, поэтому концентрации сульфатов на разных станциях могут заметно различаться, особенно после выпадения осадков (в июле в пробах во время дождя) (рис. 2.2).

Общепризнано, что увеличение концентрации сульфатов в воде может стать одной из причин закисления природных водоемов (Оценка состояния..., 1992). На территории России наибольшие выпадения кислотных компонентов из атмосферы характерны для Южного и Среднего Урала, юга Западной Сибири

Таблица 2.2 Гидрохимические показатели на разных станциях оз. Песчаное, 19.05.2004 г.

Параметр	Ед. измерения	Южный берег	Центр	Северный берег	Болото	Исток ручья
ХПК (О ₂)	Мг О/дм ³	39,7	35,9	36,8	39,7	29,1
Перманганатная					•	,
окисляемость	Мг О/дм ³	11,5	5,8	13,0	11,5	11,5
БПК₅	[1,25	-	0,62	-	_
Na+ + K+	Мг/дм³	7,8	6,0	7,0	-	13,0
Ca ²⁺	Мг/дм ³	7,8	9,6	6,8	-	7,8
Mg ²⁺	Мг/дм ³	0,7	0,7	1,3	_	0,4
HCO ₃	Мг/дм ³	13,7	19,8	15,5	13,4	15,2
Жесткость	Мг экв/дм ³	0,45	0,54	0,45	-	0,42
Cl-	Мг/дм ³	6,0	5,4	6,0	_	4,8
Азот NH ₄	Мг/дм ³	0,23	0,27	0,22	0,28	0,20
Азот NO ₂	Мг/дм³	0,002	0,002	0,000	0,003	0,000
Азот NO ₃	Мг/дм³	0,010	0,008	0,011	0,001	0,007
N общий	Мг/дм³	0,47	0,51	0,48	0,57	0,55
N органический	Мг/дм³	0,23	0,23	0,25	0,29	0,34
PO ₄ ³ -	Мг/дм ³	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Р общий	Мг/дм ³	0,016	0,032	0,012	0,018	0,018
Fe общее	Мг/дм ³	0,768	0,568	0,598	0,613	0,734
Si	Мг/дм ³	1,9	2,0	1,9	1,9	1,9
Cu	Мг/дм³	0,010	0,012	0,014	0,015	0,012
Zn	Мг/дм ³	0,027	0,017	0,017	0,016	0,018
Pb	Мг/дм ³	0,009	0,008	0,004	0,003	0,007
Cd	Мг/дм³	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
Фенолы	Мг/дм ³	0,000	_	_	0,000	0,000
Нефтепродукты	Мг/дм³	0,11	0,23	0,22	0,07	0,20
Сухой остаток	Мг/дм ³	122	82	94	88	90
E _n	Мг/дм ³	54,0	57,3	54,6	_	68,2

и Приморского края (до 1,3 кэкв/га/год). Среди кислотных компонентов атмосферных осадков в промышленном районе Среднего Урала преобладают окислы серы (Черняева, Черняев, Могиленских, 1978). Известно, что не только дождь, но и снег являются источниками поступления сульфатов в водоемы. Снег — наиболее информативный, интегральный показатель поступления вещества из атмосферы на территорию водосбора, поскольку накапливает их в течение нескольких месяцев. Почти 40 лет

Таблица 2.3 Гидрохимические показатели на разных станциях оз. Песчаное, 15.07.2004 г.

Параметр	Ед. измерения	Южный берег	Центр	Северный берег	Болото	Исток ручья
ΧΠΚ (O ₂)	Мг О/дм³	20,5	27,7	22,3	27,7	31,2
Перманганатная		,	, ´	'	,	,-
окисляемость	Мг О/дм³ │	13,8	10,8	12,3	12,3	16,9
БПК₅		2,36	2,99	1,73	2,38	2,2
Na+ + K+	Мг/дм ³	24,0	12,5	16,3	7,8	11,8
Ca ²⁺	Мг/дм ³	7,4	9,6	7,6	8,4	8,0
Mg ²⁺	Мг/дм ³	2,1	0,6	2,1	0,6	1,2
HCO ₃	Мг/дм ³	13,4	13,1	13,1	12,5	10,6
Жесткость	Мг экв/дм³	0,54	0,53	0,55	0,47	0,50
Cl-	Мг/дм³	2,5	2,5	4,6	2,5	9,2
Азот NH ₄	Мг/дм ³	0,11	0,24	0,14	0,15	0,25
Азот NO ₂	Мг/дм ³	0,011	0,003	0,001	0,002	0,009
Азот NO₃	Мг/дм³	0,071	0,037	0,048	0,045	0,049
N общий	Мг/дм ³	0,45	0,40	0,69	0,84	0,91
N органический	Мг/дм³	0,26	0,12	0,50	0,64	0,60
PO ₄ ³ -	Мг/дм³	0,004	0,006	0,004	0,004	0,005
Р общий	Мг/дм³	0,040	0,030	0,054	0,024	0,030
Fe общее	Мг/дм³	0,450	0,573	0,554	0,272	0,530
Si	Мг/дм ³	0,78	0,78	0,83	0,77	0,76
Cu	Мг/дм ³	0,028	0,023	0,021	0,020	0,020
Zn	Мг/дм ³	0,022	0,023	0,026	0,027	0,036
Pb	Мг/дм³	0,008	0,009	0,002	0,014	0,003
Cd	Мг/дм³	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Ni	Мг/дм³	0,002	0,003	0,002	0,002	0,003
F-	Мг/дм³	0,21	0,16	0,42	0,16	0,21
Сухой остаток	Мг/дм³	80	54	70	74	80
E_{π}	Мг/дм³	108,0	75,3	85,5	56,8	67,7

назад З.М. Балабанова и Т.Л. Сысолятина (1966) отметили, что в районе оз. Исетское и других водоемов промышленной зоны г. Екатеринбурга за ряд лет произошла смена химизма снега с гидрокарбонатно-кальциевого на сульфатно-кальциевый или сульфатно-натриевый. Изменение химизма атмосферных выпадений на Урале связано с антропогенным загрязнением атмосферы. По данным Л.Е. Черняевой, А.М. Черняева и А.К. Могиленских (1978), для территории Урала до 40–60 % содержащихся

Таблица 2.4 Гидрохимические показатели на разных станциях оз. Песчаное, 15.09.2004 г.

Параметр	Ед. измерения	Южный берег	Центр	Северный берег	Болото	Исток ручья
ΧΠΚ (O ₂)	Мг О/дм ³	23,1	32,6	24,2	40,0	28,4
Перманганатная		•			•	,
окисляемость	Мг О/дм³	13,8	15,5	10,9	15,5	7,76
БПК₅	i	1,74	1,58	1,74	1,90	1,74
Na+ + K+	Мг/дм³	24,8	22,3	14,8	23,3	12,5
Ca ²⁺	Мг/дм ³	7,6	5,6	5,2	6,0	5,2
Mg ²⁺	Мг/дм³	5,1	4,3	5,1	4,9	2,9
HCO ₃	Мг/дм ³	14,0	14,3	10,1	14,3	14,0
Жесткость	Мг экв/дм ³	0,80	0,63	0,68	0,70	0,50
Cl-	Мг/дм ³	5,3	3,9	7,8	9,2	3,9
Азот NH ₄	Мг/дм³	0,10	0,20	0,10	0,10	0,27
Азот NO ₂	Мг/дм ³	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Азот NO₃	Мг/дм ³	0,030	0,018	0,009	0,011	0,006
N общий	Мг/дм ³	0,45	0,58	0,42	0,36	0,44
N органический	Мг/дм ³	0,24	0,36	0,31	0,25	0,16
PO ₄ ³ -	Мг/дм ³	0,005	0,006	0,003	0,002	0,033
Р общий	Мг/дм ³	0,026	0,188	0,040	0,036	0,036
Fe общее	Мг/дм ³	0,428	0,683	0,436	0,494	0,611
Si	Мг/дм ³	0,8	0,7	1,0	1,1	0,7
Cu	Мг/дм ³	0,014	0,021	0,017	0,023	0,018
Zn	Мг/дм ³	0,039	0,021	0,018	0,017	0,030
Pb	Мг/дм ³	0,008	0,005	0,007	0,005	0,007
Cd	Мг/дм ³	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
Ni	Мг/дм³	0,002	0,000	0,001	0,000	0,009
Cr	Мг/дм ³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F-	Мг/дм ³	0,21	0,37	0,05	0,52	0,10
Нефтепродукты	Мг/дм³	0,05	0,09	0,06	0,14	0,05
Сухой остаток	Мг/дм ³	48	76	44	62	54
E _E	Мг/дм³	115,4	102,3	84,7	111,9	70,2

в жидких осадках ионов SO_4^{2-} , а в снеге – свыше 70 %, можно отнести на счет хозяйственной деятельности.

Основной интегральный гидрохимический показатель состояния водной экосистемы – pH (Оценка состояния..., 1992). Обычно в водоемах, несмотря на поступление кислых атмосферных осадков, pH практически не меняется, пока общая щелочность воды не снизится до определенных пределов, что может произойти при

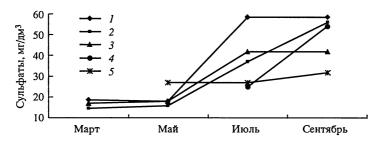


Рис. 2.2. Содержание сульфатов в снеге (март) и воде (май—сентябрь) на разных станциях акватории оз. Песчаное, 2004 г.

Здесь и на рис. 2.3: *I* – южный берег, *2* – центр, *3* – северный берег, *4* – болото, *5* – исток ручья

нарушении ее контакта с карбонатными породами из-за накопления ила, а также при усилении стока с заболоченных участков площади водосбора. В этом случае в период наиболее интенсивных осадков и таяния снега возможны значительные отклонения величины рН, но они носят кратковременный характер. После прекращения осадков водоем возвращается в первоначальное состояние и данная величина растет, приближаясь к нейтральной. На этой стадии закисления могут наблюдаться изменения в видовом составе живых организмов (Задачи и вопросы..., 2002). Проведенный нами анализ показал, что у снега значение рН на разных станциях составило от 5,59 до 6,57, у воды в 2003 г. оно колебалось от 5,09 до 6,76 в зависимости от сезона и станции. В 2004 г. за период открытой воды величина рН изменялась в пределах от 5,42 до 7,08. За два года наблюдений в ряде случаев она была ниже $\Pi \coprod K_{n6x}$ (см. табл. 2.2–2.4). Сезонная динамика pH на всех пяти станциях проявляется в постепенном понижении от весны к осени. различия по станциям минимальны с увеличением проточности озера сразу после распаления льда и максимальны осенью. По сезонам значение рН у южного берега изменялось незначительно, у северного берега было ниже, чем на других станциях, причем это характерно как для воды, так и для снега (см. рис. 2.2).

Уменьшение величины рН воды (ниже ПДК = 6,5) наблюдалось во время дождя и ветра в сентябре и июле. Сгонные ветровые явления способствуют перемещению поверхностных закисленных осадками слоев воды в сторону наветренного берега. Снижение рН в течение сезона совпадает с возрастанием концентрации в воде сульфат-иона (см. рис. 2.2, 2.3). Кроме того, уменьшение величины рН может быть обусловлено поступлени-

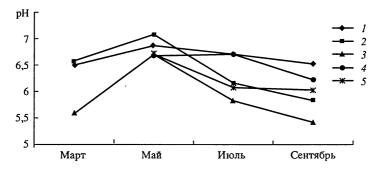


Рис. 2.3. Величина рН снега (март) и воды (май-сентябрь) на разных станциях акватории оз. Песчаное, 2004 г.

ем гумусовых веществ, часть из которых – растворимые фульвокислоты, из торфянисто-иловых отложений, покрывающих дно озера на значительных площадях, а также с болотным стоком с западного берега озера.

Хлоридов в снеге содержится меньше, чем в воде оз. Песчаное. По сезонам и станциям водоема их концентрация может изменяться в 2–3 раза и остается низкой, не превышая 10 мг/дм^3 . В период весеннего паводка и осенью содержание ионов хлора выше, чем летом (см. табл. 2.1–2.4). Концентрация фторидов в воде колебалась от 0.16 до 0.52 мг/дм³ и не превышала ПДК_{рбх}, в снеге фториды не обнаружены.

Сезонная динамика содержания ионов хлора и фтора не совпадает с динамикой рН, так как их сравнительно низкие концентрации не оказывают заметного влияния на смещение активной реакции воды озера в сторону закисления.

Результаты исследований ионного состава снега на берегах и льду, а также воды на разных станциях оз. Песчаное в 2004 г. позволяют характеризовать снег на льду акватории и воду озера как преимущественно сульфатно-гидрокарбонатные натрий-кальциевой группы второго типа.

Биохимическое потребление кислорода (БПК₅) в воде озера относительно высокое, а летом превышает ПДК $_{\rm pбx}$, что свидетельствует о значительном содержании органического вещества в воде. Соотношение БПК $_5$ и величины перманганатной окисляемости указывает на преобладание в воде гуминовых соединений над легкоокисляющимся органическим веществом (Алекин, Семенов, Скопинцев, 1973) и отражает влияние на химический

состав воды болотного стока, наличие толщи торфяно-иловых отложений на дне озера.

Среди соединений азота в воде оз. Песчаное преобладают вещества органического происхождения, особенно в летний период, что говорит о сравнительно низкой скорости разрушения органики и ее накоплении в водоеме в виде донных отложений. Вследствие этого в пробах воды доминирует аммонийная форма азота, а содержание нитратов и нитритов невысокое (см. табл. 2.1-2.4). Аммоний при окислении продуцирует ионы водорода, что также в определенной степени способствует снижению величины рН в водоеме (Моисеенко, 2005). Концентрации соединений азота в воде и снеге не превышали ПДК $_{pбx}$, за исключением одной пробы снега, в которой, скорее всего, обнаружилось локальное загрязнение (см. табл. 2.1).

Соединения фосфора попадают в поверхностные воды из почвы, органического вещества при его разложении, сточных вод (Унифицированные методы..., 1973). В оз. Песчаное весной растворимые фосфаты в воде не обнаруживаются, летом регистрируются небольшие количества фосфатов, нигде не превышающие ПДК_{рбх}, их концентрация в воде постепенно увеличивается к осени. Содержание в воде общего фосфора (органического и минерального, в растворимой и нерастворимой формах) в среднем по станциям увеличивается от 0,019 мг/дм³ весной до 0,065 осенью. Возрастание концентрации фосфора в воде, вероятно, обусловлено разложением органической массы ряда гидробионтов, отмирающих осенью, и аллохтонным поступлением органики.

Содержание кремния в воде сходно с таковым в других озерах вблизи Екатеринбурга (Исетском, Балтыме, Шарташе), в течение сезона оно изменялось примерно в 2 раза. Самые низкие концентрации отмечены летом, наиболее высокие — зимой. Такая динамика наблюдается в других озерах Урала (Балабанова, Сысолятина, 1966) и связана с динамикой биологических процессов в водоеме, поскольку кремний как биогенный элемент используется некоторыми водными организмами для построения наружного скелета и в период активной вегетации его содержание низкое.

Содержание железа в воде на всех станциях в период открытой воды превосходило ПДК $_{p6x}$ в 2,7–7,7 раза, что свойственно мелководным горным озерам с заболоченным водосбором в окрестностях Екатеринбурга (Галактионов, 1990). Сезонная динамика концентрации железа в воде сходна с таковой кремния, что подтверждает ее биогенный характер (см. табл. 2.1–2.4).

Фенолы в воде оз. Песчаное не обнаружены. Содержание в воде нефтепродуктов повышается весной и составляет 1,4-4,6 ПДК $_{\rm pfx}$. Осенью на большинстве станций оно близко к предельно допустимой концентрации, за исключением станций, близких к болоту и центру озера (см. табл. 2.2-2.4), что связано с поступлением болотного стока, включающего углеводороды природного происхождения, в ходе анализа определяющихся как нефтепродукты. Доступ автотранспорта к озеру запрещен в последние годы, поэтому загрязнение акватории водоема нефтепродуктами прекратилось.

Содержание микроэлементов в воде озера, расположенного вблизи промышленных центров, представляет особый интерес для изучения функционирования водной экосистемы. Известно, что тяжелые металлы образуют комплексные соединения с органическими веществами и включаются в биологический круговорот (Senesi, 1992). В живом организме тяжелые металлы накапливаются и вызывают интоксикацию, разрушая ферменты, повреждают репродуктивную систему. В ряде исследований показано, что в закисленной водной среде наблюдается повышенное накопление в организмах ртути, кадмия, свинца, цинка и др. (Моисеенко, 2005). В качестве показателя загрязнения тяжелыми металлами акватории озера был использован химический состав снега, воды и донных отложений.

Анализ снега на акватории оз. Песчаное показал, что содержание никеля повсеместно меньше $\Pi \coprod K_{p6x}$. Хром в снеге не обнаружен, концентрация ртути выше $\Pi \coprod K_{p6x}$ только у южного берега озера. Содержание меди, цинка, кадмия и свинца значительно превышает $\Pi \coprod K_{p6x}$ (по цинку в 2–4 раза, кадмию – 3–18, свинцу – 1,8–7,1, меди – 23–71). Необходимо отметить, что количество меди, кадмия и свинца в снеге на поверхности озера неодинаково на разных станциях: оно возрастает в направлении с юга на север (рис. 2.4).

В воде содержание кадмия и свинца на всех станциях с весны до осени в настоящее время невысокое и обычно не превышает $\Pi \coprod K_{p6x}$ (за исключением кадмия осенью на трех станциях). Концентрация цинка по сезонам почти не изменялась и повсеместно колебалась от 1,6 до 3,9 $\Pi \coprod K_{p6x}$. Содержание меди по станциям и в разные периоды было высоким: от 10 до 28 $\Pi \coprod K_{p6x}$ (см. табл. 2.2–2.4). Значительная концентрация цинка и меди в воде характерна для всех уральских водоемов, отмечена даже в незагрязненных речных бассейнах восточного склона Полярного Урала

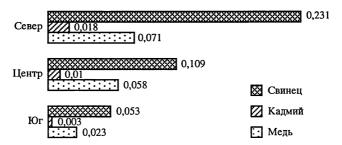


Рис. 2.4. Содержание микроэлементов в снеге на акватории оз. Песчаное, март 2004 г. (мг/дм³)

(Экологическое состояние..., 2002) и связана с геохимическими особенностями региона. Высокое содержание тяжелых металлов в снеге на акватории озера обусловлено промышленным загрязнением атмосферы в регионе Среднего Урала.

Содержание тяжелых металлов в донных отложениях – одно из наиболее объективных показателей загрязнения водоема. Их накопление в грунтах может привести ко вторичному загрязнению воды либо при изменении рН и содержания кислорода, либо при поступлении в воду некоторых природных и искусственных соединений (Толкачев, 2003). Тяжелые металлы в донных отложениях аккумулируются карбонатами, глинистыми минералами, образуют комплексные соединения с некоторыми органическими веществами, используемыми гидробионтами и, следовательно, включаемыми в пищевые цепи (Лукин, Даувальтер, Новоселов, 2000). Донные отложения способны накапливать нефтепродукты, которые, достигая определенной концентрации, начинают оказывать токсическое действие на гидробионтов (Михайлова, 2001). Результаты анализа микроэлементного состава и содержания нефтепродуктов в донных отложениях оз. Песчаного представлены в табл. 2.5, 2.6.

В оба года исследований среди определенных нами в донных отложениях тяжелых металлов повсеместно преобладало железо. Его содержание на разных станциях в 2003 г. изменяется в 1,6–3 раза, а в 2004 г. – от 3 до 40.

В 2003 г. по станциям менее изменчиво содержание никеля — не более чем в 2 раза. Концентрация свинца, кадмия, цинка и меди колебалась в предеах 1,4—4,5 раза. Самые высокие концентрации тяжелых металлов отмечались на станции 4 у крутого северного берега, образованного склоном горы Пшеничной. Наимень-

Таблица 2.5 Содержание тяжелых металлов (мг/кг) и нефтепродуктов (мг/г) в донных отложениях оз. Песчаное, 2003 г.

Станция	Медь	Цинк	Железо	Никель	Свинец	Кадмий	Нефтепро- дукты
1	72,00	104,00	8210,00	21,25	42,75	1,28	0,375
2	62,00	142,00	13315,00	28,00	33,25	1,18	1,159
3	60,00	146,75	21430,00	27,75	30,75	0,75	0,735
4	276,75	347,50	25115,00	43,00	115,00	2,78	0,700

Таблица 2.6 Содержание тяжелых металлов (мг/кг) и нефтепродуктов (мг/г) в донных отложениях оз. Песчаное, 2004 г.

Станция	Медь	Цинк	Железо	Никель	Свинец	Кадмий	Нефтепро- дукты
1	42,00	27,0	2128,00	2,0	5,3	0,30	0,014
2	200,00	262,00	7700,00	20,00	62,0	3,6	0,538
3	4,60	10,00	603,00	1,5	4,3	0,13	0,003
4	645,00	565,00	25200,00	32,00	210,00	9,1	0,226
5	56,00	56,00	1190,00	2,5	13,00	0,25	0,007

шее содержание никеля, железа и цинка наблюдалось у южного берега, а свинца, меди и кадмия — на середине озера. Обнаруженное отличие в содержании тяжелых металлов на станции 4 от других станций (в 3—4 раза выше по сравнению с тремя первыми) требовало дополнительных исследований, направленных на выявление его причины, поэтому в 2004 г. они были продолжены.

В 2004 г. самое высокое содержание микроэлементов в донных отложениях также зарегистрировано на станции 4. В отличие от предыдущего года обнаружена значительная разница в концентрации тяжелых металлов в донных отложениях на разных станциях. Содержание никеля, цинка, меди, свинца, кадмия различалось в десятки раз, а в единичных случаях, в сотни.

В 2003 г. содержание нефтепродуктов в донных отложениях на разных станциях различалось в 2–3 раза и наиболее высокое (табл. 2.5) обнаружено на станции 2, а самое низкое – у южного берега (станция 1). В 2004 г. концентрация нефтепродуктов в целом была ниже, чем в предыдущем году, а на разных станциях различалась в сотни раз (см. табл. 2.5–2.6).

Чтобы установить причину подобных колебаний концентраций микроэлементов и нефтепродуктов, проанализировали со-

держание влаги в пробах донных отложений. В результате выявили, что в образцах с высокой влажностью (91-93,1 %), представленных торфянисто-иловыми отложениями, содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов было высоким (станции 2 и 4). Донные отложения, состоявшие преимущественно из песка, включали 24-28,7 % влаги, и в них концентрации микроэлементов и нефтепродуктов были очень низкими. В литературе отмечается, что повышенное содержание нефтепродуктов или углеводородов природного происхождения наблюдается в илах, являющихся хорошим адсорбентом (Лукин, Даувальтер, Новоселов, 2000). Известно, что комплексные соединения с тяжелыми металлами образуют присутствующие в природных водах гуминовые кислоты (Линник, Васильчук, Линник, 2004). Эти соединения сорбируются мелкодисперсными минеральными частицами ила и формируют пленки на поверхности частиц. Подобные пленки склеивают минеральные частицы ила в микроагрегаты (Добровольский, 2004) и способствуют их осаждению, а тяжелые металлы в виде нерастворимых комплексных соединений выводятся из биологического круговорота. Полученные нами данные свидетельствуют, что в воде оз. Песчаное присутствуют гуминовые кислоты, вследствие чего тяжелые металлы могут накапливаться в донных отложениях в виде комплексных соединений.

По нормативам степени влияния нефтепродуктов на гидробионтов, разработанным ФГУП «ГОСРЫБЦЕНТР» (г. Тюмень), их содержание в донных отложениях оз. Песчаное можно оценить как максимально допустимое, а уровень загрязнения озера на разных станциях – как фоновый (Михайлова, 2001). По нашему мнению, вещества, определенные в качестве нефтепродуктов в донных отложениях озера, большей частью имеют природное происхождение, их присутствие связано с поступлением в водоем болотного стока, имеющего продукты частичной деструкции органического вещества в виде непредельных углеводородов. Таким образом, в результате исследований воды оз. Песчаное можно охарактеризовать как преимущественно сульфатно-гидрокарбонатные натрий-кальциевой группы второго типа.

Анализ выявил колебания pH воды на разных станциях и по сезонам (от 5,09 до 7,08), зарегистрированы значения pH ниже $\Pi \coprod K_{p6x}$. Величина $B \coprod K_5$, $X \coprod K$ и содержание органического азота подтверждают высокую конценрацию органического вещества в воде в период вегетации и отражают низкую скорость деструкционных процессов в водоеме.

Соотношение БПК $_5$ и перманганатной окисляемости за весь период наблюдения свидетельствует о наличии в воде органического вещества, представленного гуминовыми соединениями. Отношение перманганатной окисляемости к бихроматной (ХПК) дает возможность качественно оценить природу органического вещества в воде оз. Песчаное. Соответственно этому отношению весной преобладает нестойкое органическое вещество, скорее всего, аллохтонного происхождения (береговой сток в период паводка). Летом и осенью в воде доминируют окрашенные гуминовые соединения, а на станциях Болото и Исток ручья преобладает нестойкое органическое вещество, что говорит о его поступлении с береговым стоком, поскольку пробы были взяты во время дождя.

Увеличение содержания сульфатных ионов в воде от весны к осени, их повышенная концентрация в снеге, наряду с преобладанием в воде органического вещества в форме гуминовых соединений, обусловливают колебания величины рН воды по сезонам и на разных станциях. Полученные данные позволяют характеризовать оз. Песчаное как гумифицированный водоем, в котором идет процесс закисления.

В снеге на акватории озера обнаружено повышенное содержание меди, свинца, кадмия, цинка, возрастающее по направлению от южного берега к северному и свидетельствующее о существовании их атмосферного переноса.

В донных отложениях на разных станциях зафиксированы многократные различия содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов. Выявленная мозаичность концентраций микроэлементов связана с фракционным составом грунтов. Более высокое содержание тяжелых металлов отмечено в донных отложениях, представленных торфянисто-иловыми грунтами.

В воде содержание железа, меди и цинка превышает ПДК $_{\rm p6x}$. Согласно комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши (Оксиюк и др., 1993), по экологотоксикологическим показателям (микроэлементы и нефтепродукты) вода оз. Песчаное может быть отнесена к разряду умеренно загрязненной, а по ряду параметров – сильно загрязненной. Повышенное содержание тяжелых металлов в воде озера обусловлено не только геохимическими особенностями территории, но также загрязнением атмосферы, вызванным антропогенным влиянием развитой промышленности Среднего Урала и близостью мегаполиса — Екатеринбурга.

3. ФИТОПЛАНКТОН ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ

Фитопланктон – один из важнейших компонентов биоты водных экосистем, развитие которого непосредственно связано с поступлением биогенных веществ, а показатели продуктивности отражают трофический статус водоемов. Исследование фитопланктона как основного продуцента органического вещества и одновременно фактора самоочищения необходимо для понимания функционирования водных экосистем.

В последнее время в мире уделяется большое внимание изучению природных ацидных озер и ацидофикации пресных водоемов под воздействием кислых атмосферных осадков (Хироси, 1992). В России проблема закисления озерных вод наиболее остро встала в Карелии и на Кольском полуострове (Абакумов, Свиркая, Иголкина, 1990; Бульон, 1994; Никулина, 1994; Моисеенко, 2003). В работах, посвященных ацидным экосистемам (Комов, Лазарева, 1994), говорится, что закисленными могут быть озера любого трофического типа — олиготрофные, мезотрофные, эвтрофные и дистрофные. Среди этих типов водоемов, за исключением олиготрофных, встречаются крайне гумифицированные озера; в то же время даже самые гумифицированные далеко не всегда являются дистрофными.

На Среднем Урале комплексное изучение гумифицированных и подверженных закислению озер разной трофности довольно значительно (Балабанова, Сысолятина, 1966; Ерофеева, 1971; Ковалькова, 1971; Козлова, 1964, 1971; Любимова, 1971; Шилкова, 1971; Васина, 1984). Однако сведения о водорослях гумифицированных и антропогенно закисленных озер Среднего Урала в литературе единичны (Колосова, 1939; Кордэ, 1949; Ярушина, Васина, 1983; Васина, Ярушина, 1984; Ярушина, 2005, 2006).

Фитопланктон оз. Песчаное оставался неизученным до настоящего времени. В июле–августе 2003 г. мы провели предварительные съемки водоема. Альгологические сборы выполнены на девяти станциях в прибрежных участках и центральной части водоема, условно названной нами «пелагиалью». Поскольку обследование водоема в 2003 г. осуществлялось только в позднелетний

и осенний периоды, в нашу задачу входило выявить видовой состав, рассмотреть распределение фитопланктона по акватории водоема, определить структуру доминирующих комплексов, оценить уровень развития водорослей за конкретный период.

В 2004 г. мы вели ежемесячные исследования с мая по сентябрь на шести станциях. Целью работ было изучение сезонной сукцессии фитопланктона и оценка его современного состояния.

2003 год

Полученные даже за неполный вегетационный сезон материалы 2003 г. свидетельствуют о видовом богатстве флоры водорослей оз. Песчаное (табл. 3.1). За исследованный период в фитопланктоне водоема выявлено 164 вида (189 видовых и внутривидовых таксонов) из семи отделов. Основу флористического списка составляют диатомовые (50,5%), зеленые (23,1) и синезеленые (10,8) водоросли (см. табл. 3.1, рис. 3.1, а).

Распределение видов по акватории водоема неравномерное, что связано в первую очередь с морфометрией водоема, разнообразием биотопов, поступлениями с водосбора загрязняющих веществ, а также с аэротехногенным загрязнением (данные О.А. Госьковой). На отдельных станциях количество видов с учетом разновидностей и форм колебалось от 29 до 92. Так, наибольшим видовым обилием отличались сообщества на станциях 1 и 2 в южной части озера (см. табл. 3.1), где вода закислена в меньшей степени. Из них особым богатством отличался альгоценоз станции 2, где группы водорослей более разнообразны. Самый высокий коэффициент сходства Серенсена (K = 0,61) отмечен для станций 1 и 2 (табл. 3.2).

Среди пелагических станций наибольшим видовым богатством выделялось сообщество фитопланктона станции 5, имеющее коэффициент сходства видового состава 0.51–0.54 с таковым на станциях 1 и 2 (см. табл. 3.1, 3.2). В литорали северного побережья (станции 8, 9) более разнообразен фитопланктон станции 9, который имеет наибольший коэффициент сходства с видовым составом пелагических станций 5 и 6 (K = 0.53–0.61) и довольно большое (K = 0.52) сходство с сообществом литоральной станции 2 южного побережья (см. табл. 3.1, 3.2). Самым бедным по видовому обилию с минимальным коэффициентом сходства (K = 0.29–0.42) был фитоценоз станции 10, которая расположена в районе городского пляжа, представляющего песчаный

Таблица 3.1 Состав и распределение видов фитопланктона по акватории оз. Песчаное, 2003 г.

T	Станция								
Таксон	1	2	3	5	6	7	8	9	10
Cyanophyta	8(11)	12(15)	6(9)	7(9)	4(7)	6(9)	4(7)	5(8)	2(5)
Euglenophyta	5(6)	3(3)	3(3)	5(5)	2(2)	1(2)	2(3)	2(2)	1(2)
Dinophyta	_	0(1)	_	1(1)	0(2)	_	_	_	_
Chrysophyta	4(4)	4(5)	2(2)	4(4)	2(3)	3(3)	1(1)	3(3)	1(1)
Bacillariophyta	27(33)	39(43)	19(20)	44(49)	6(9)	8(9)	12(13)	36(40)	7(8)
Xanthophyta	_	4(4)	_	1(1)	1(1)	_	1(1)	3(3)	2(3)
Chlorophyta	28(28)	21(21)	17(18)	16(16)	15(15)	15(15)	12(12)	16(16)	10(10)
Bcero	72(82)	83(92)	47(52)	78(85)	30(39)	33(38)	32(37)	65(72)	23(29)

Примечание. Здесь и в табл. 3.3 в скобках приведена доля от общей численности, %.

Таблица 3.2 Коэффициент сходства видового состава фитопланктона оз. Песчаное, 2003 г.

Станция	2	3	5	6	7	8	9	10
1	0,61	0,51	0,51	0,41	0,48	0,39	0,47	0,29
2		0,54	0,54	0,40	0,39	0,37	0,52	0,31
3			0,44	0,51	0,44	0,47	0,48	0,30
5				0,39	0,45	0,46	0,53	0,30
6					0,54	0,50	0,61	0,35
7						0,51	0,49	0,36
8							0,48	0,42
9								0,38

биотоп (см. табл. 3.1, 3.2). После выяснения особенностей распределения видового состава по акватории при анализе полученного материала мелководные станции объединили в северную (станции северного прибрежья) и южную (вдоль южного берега) литорали, а центральные станции — в пелагиаль. В результате оказалось, что в целом видовое обилие фитопланктона южной литорали значительно выше, чем в пелагиали и, тем более, в северной литорали (табл. 3.3). Коэффициент сходства видового состава этих участков также остался невысоким и не превышал 0,60, хотя слабые различия в его величинах все же прослежива-

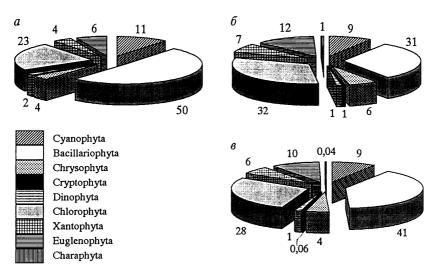


Рис. 3.1. Систематическая структура фитопланктона оз. Песчаное (%): a-2003 г.; $\delta-2004$; s-2003+2004 г.

ются. Так, максимальное сходство видового состава (K=0,58) отмечено для станций северной литорали и пелагиали, а наименьшее (K=0,57) — для северной и южной литоралей. Наибольшим обилием видов отличались альгоценозы литоральной зоны в южной части озера (см. табл. 3.3).

Литораль южного участка озера. Здесь зарегистрировано 116 видов (132 с внутривидовыми таксонами). Значительно преобладают по видовому обилию диатомовые водоросли, что обусловлено большим количеством факультативно-планктонных водорослей в фитопланктоне, в основном представителей обрастаний и дна. Подобное явление объясняется мелководностью и высокой зарастаемостью данного участка водоема. По сравнению с другими участками обилие видов здесь прослеживается на уровне всех отделов (см. табл. 3.3). Несмотря на это в сложении альгоценозов основная роль принадлежала представителям синезеленых, зеленых и диатомовых водорослей (табл. 3.4). Следует отметить, что уровень развития фитопланктона этой территории сравнительно выше (см. табл. 3.4), что, возможно, связано с розой ветров.

В течение всего периода наблюдений на участке по численности превалировали синезеленые водоросли *Microcystis pulverea* et var. *holsatica*, var. *incerta*, var. *planctonica*, составляя от 72 до 98 %

Таблица 3.3 Систематический состав фитопланктона оз. Песчаное, 2003 г.

Таксон	Южная литораль	Пелагиаль	Северная литораль	Всего по водоему
Cyanophyta	12(16)	8(12)	6(9)	15(20)
Bacillariophyta	50(58)	46(53)	45(50)	82(96)
Chlorophyta	38(39)	22(22)	21(21)	44(45)
Chrysophyta	6(7)	5(6)	4(4)	6(7)
Dinophyta	0(1)	1(3)	_	1(3)
Xanthophyta	4(4)	2(2)	3(4)	6(7)
Euglenophyta	6(7)	6(7)	3(4)	10(12)
Всего	116(132)	90(105)	82(92)	164(189)

Таблица 3.4 Продукционные показатели фитопланктона литорали южного участка оз. Песчаное, 2003 г.

Таксон	02.07	26.07	18.09
Cyanophyta Bacillariophyta Chlorophyta Прочие	98,6/44,8 0,1/38,9 1,3/16,3	72,3/15,9 0,7/6,0 26,7/73,3 0,3/4,8	94,4/38,7 0,4/37,7 5,2/23,9
Общая численность, млн кл/л Общая биомасса, мг/л	69,69 0,277	12,53 0,232	72,29 0,326

Примечание. Здесь и в табл. 3.6, 3.8, 3.10, 3.11 в числителе N — численность, %; в знаменателе B — биомасса, %.

общей численности. Эти водоросли типичные олигосапробы, предпочитающие олиготрофные водоемы. Причем в начале лета и осенью данные виды доминировали даже по биомассе. Летом значительно усилилась вегетация золотистых водорослей. Среди них доминантом по биомассе была Stichogloea doederleinii, обычно развивающаяся в массе в болотных водах. Одновременно возросла роль десмидиевых водорослей, свидетельствующих об увеличении поступлений болотных, гумифицированных вод, поэтому на отдельных станциях по биомассе стала преобладать десмидиевая водоросль Spondilosium planum. Летом в массе развивались хлорококковые водоросли, достигая высокой численности, но, как и синезеленые, они отличались измельченностью клеток.

Таблица 3.5 Продукционные показатели фитопланктона пелагиали оз. Песчаное, 2003 г.

Таксон	02.07	26.07	18.09
Cyanophyta	98,6/77,1	75,1/2,2	93,0/21,9
Bacillariophyta	-	1,0/24,6	0,3/47,4
Chlorophyta	1,4/22,9	23,4/71,5	6,6/18,4
Прочие	-	0,5/1,7	0,1/12,3
Общая численность, млн кл/л	96,16	8,15	25,01
Общая биомасса, мг/л	0,223	0,228	0,196

 Π р и м е ч а н и е . В числителе N – численность, %; в знаменателе B – биомасса, мг/л.

Таблица 3.6 Продукционные показатели фитопланктона литорали северной части оз. Песчаное, 2003 г.

Таксон	02.07	26.07	18.09
Cyanophyta	97,5/63,9	96,2/33,1	92,7/42,6
Bacillariophyta	0,1/2,8	0,2/19,4	0,2/8,9
Chlorophyta	2,4/33,0	3,55/38,2	7,0/30,7
Прочие		0,05/9,3	0,1/17,8
Общая численность, млн кл/л	49,19	85,99	22,59
Общая биомасса, мг/л	0,147	0,408	0,101

Осенью заметно возросла роль диатомей, среди них можно отметить Asterionella formosa, но даже ее клетки были меньше, чем в других водоемах этого региона. Указанные особенности обусловили низкие биомассы фитопланктона, которые характерны и для других участков оз. Песчаное.

Пелагиаль. На этом участке выявлено 105 видов с учетом разновидностей и форм (см. табл. 3.3). Видовое обилие всех групп водорослей, за исключением эвгленовых и динофтовых, заметно ниже, но в целом картина развития фитопланктона довольно близка описанным створам. На всех центральных станциях в течение всего периода исследований наблюдалась высокая (93–98 %) численность мелкоклеточных синезеленых водорослей (табл. 3.5).

В начале лета по численности и биомассе превалировал альгоценоз Microcystis pulverea. В разгар лета на фоне снижения развития синезеленых водорослей усилилась вегетация зеленых и золотистых. На отдельных станциях в состав доминирующих комплексов наряду со Stichogloea doederleinii вошли зеленые водоросли Botryococcus braunii, Spondilosium planum. Кроме того, в планктоне появились представители эвгленовых, в основном виды рода Trachelomonas. В осеннее время на фоне интенсивного развития синезеленых усилилась роль диатомовых. Из них в состав преобладающих видов вошли Tabellaria fenestrata, Asterio-nella formosa. В целом сохраняется картина высокой численности при низких биомассах, что характерно для олиготрофных, зарастающих озер.

Литораль северной части озера. На акватории этой части водоема выявлено всего 92 вида с учетом разновидностей и форм. Снижение видового богатства отмечено на уровне всех отделов (см. табл. 3.3). Наибольшим видовым разнообразием также отличались диатомовые и зеленые водоросли. Состав доминирующих комплексов близок таковому ранее рассмотренных участков (табл. 3.6), хотя в динамике численности и биомассы наблюдаются небольшие отличия. Так, во второй половине июля на остальных участках отмечено уменьшение общей численности водорослей, а в северной части установлен максимум, обусловленный усилением вегетации всех групп водорослей. На это же время приходится наибольшее количество общей биомассы, подобные различия в столь малом водоеме, скорее всего, связаны с биотопическим рарнообразием и ветровыми сгонами.

Таким образом, на основании предварительных материалов можно сказать, что альгофлора оз. Песчаное отличается видовым разнообразием. Всего выявлено 189 видов с учетом разновидностей и форм (см. рис. 3.1, а). Наибольшее видовое обилие на всех участках водоема характерно для диатомовых водорослей, среди которых преобладают представители обрастаний и дна. Состав и структура доминирующих комплексов на разных участках сравнительно близки. Водоему свойственны очень низкие биомассы фитопланктона при высокой численности, что характерно для олиготрофных, гумифицированных и зарастающих водоемов.

2004 год

С мая по сентябрь 2004 г. в фитопланктоне озера было выявлено 186 видов с учетом разновидностей и форм, относящихся к девяти отделам. Наибольшим обилием видов отличались альгоценозы литоральной зоны в южной части озера (табл. 3.7, рис. $1, \delta$).

Таблица 3.7 Таксономическая структура фитопланктона оз. Песчаное, 2004 г.

Таксон	Южная литораль	Пепагиаль		Всего
Cyanophyta	13	10	14	17
Bacillariophyta	49	26	34	58
Chrysophyta	11	9	9	10
Cryptophyta	1	1	1	1
Dinophyta	2	2	1	2
Chlorophyta	45	33	38	60
Xantophyta	8	8	10	14
Euglenophyta	15	11	13	23
Charaphyta	_	– .	1	1
Всего	144	100	121	186

Литораль южного участка озера. На акватории этой части водоема выявлено 144 вида с внутривидовыми таксонами из восьми отделов, что несколько выше по сравнению с 2003 г. При сравнении с другими участками водоема оба года здесь прослеживалось большее разнообразие видов на уровне всех отделов (см. табл. 3.7).

Максимальным обилием отличались диатомовые водоросли (34 % общего состава), им несколько уступали зеленые (31,3 %). В 2004 г. почти в 2 раза возросло богатство видов Euglenophyta (10,4 %), занявших третье место. На этом фоне Суапорнута по богатству видов (9 %) опустились на четвертое. Несмотря на то что видовое разнообразие водорослей других отделов заметно увеличилось, их представленность не превышала 8 % общего состава. От других территорий озера альгоценозы южного участка водоема отличаются не только значительным разнообразием, но и сравнительно большей продуктивностью (табл. 3.8). Наблюдения в течение вегетационного сезона позволили вы-

Наблюдения в течение вегетационного сезона позволили выявить особенности сезонной динамики численности и биомассы фитопланктона на отдельных участках акватории водоема, а также оценить вклад разных отделов водорослей в формирование общей биомассы и численности (см. табл. 3.8). За исключением весеннего планктона, в течение всего вегетационного сезона на всех станциях литорали южного участка озера доминировали синезеленые водоросли, составляющие от 74,6 до 97,6 % общей численности. Среди синезеленых по численности в летне-

Таблица 3.8 Роль отдельных групп водорослей в формировании фитопланктона литорали южной части оз. Песчаное, 2004 г.

Таксон	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Cyanophyta	35,9/0	74,6/19,8	84,9/24,9	97,6/34,4	95,0/6,7
Bacillariophyta	6,5/23,0	0,16/6,2	0,1/6,2	0,2/25,3	1,4/77,0
Chrysophyta	11,1/25,2	0,42/12,4	0,9/9,0	0,02/1,0	0,3/3,6
Chlorophyta	37,1/3,0	24,8/58,2	14,1/59,9	2,1/13,1	3,2/3,8
Euglenophyta	1,4/11,9	0,02/3,4	_	0,08/26,2	0,1/8,9
Cryptophyta	1,7/3,0	_	_	_	_
Xanthophyta	6,3/34,1	-	_	-	-
Общая численность, млн кл/л Общая биомасса, мг/л	0,41 0,135	16,71 0,177	59,75 0,720	61,0 0,221	18,52 0,313

осенний период преобладала Aphanothece clahtrata, ей сопутствовал Microcystis pulverea f. holsatica.

Весной, когда уровень развития водорослей был невысоким, почти на всех станциях по численности преобладали зеленые хлорококковые и золотистые водоросли. Лишь в районе пляжа (станция 6) превалировали синезеленые, им сопутствовали хлорококковые и золотистые. Однако по биомассе весной на всех станциях преобладали желтозеленые водоросли, достигая в целом на южном участке 34,1 % (см. табл. 3.8).

Из желтозеленых водорослей в состав доминирующего комплекса входила Chloridella ferruginea – типичный представитель гумифицированных вод (табл. 3.9). В июне-июле по всей акватории южного участка по биомассе превалировали зеленые хлорококковые водоросли. В июне доминировали виды рода Crucigenia. В июле началась структурная перестройка, в состав альгоценоза вошла Sphaerocystis schroeteri, обусловив максимум развития в июле. Это истинно планктонные виды, толерантные к гумифицированным водам. На фоне интенсивного развития зеленых водорослей продолжала усиливаться вегетация синезеленых водорослей. Из них в структурообразующий комплекс вошла Gleocapsa limnetica. В позднелетний – осенний период на фоне снижения уровня развития синезеленых на всех станциях участка усиливалась вегетация диатомовых. Как и в 2003 г., в планктоне преобладал доминирующий комплекс Asterionella formosa - Tabellaria fenestrata (табл. 3.9). Для дина-

Таблица 3.9 Сезонная сукцессия доминирующих (по биомассе, %) комплексов фитопланктона оз. Песчаное, 2004 г.

Месяц	Станция 1	В	Станция 2	В	Станция 3	В
Май	T. fenestrata Chl. ferruginea	32,3 26,5	Chl. ferruginea E. proxima T. volvocina	36,9 21,4 19,0	Cr. marssonii Chl. ferruginea T. flocculosa	22,8 18,4 18,4
Июнь	Cr. tetrapedia Cr. apiculata	32,7 11,4	Cr. tetrapedia Cr. apiculata Gl. minuta D. bavaricum	39,2 14,6 11,5 13,8	Cr. tetrapedia Cr. apiculata Gl. minuta	46,0 10,9 10,9
Июль	Sph. schroeteri Cr. tetrapedia Gl. limnetica	30,9 12,5 10,8	Sph. schroeteri Gl. limnetica B. braunii	22,6 21,0 20,6	Gl. limnetica St. doederleinii Sph. schroeteri Cr. tetrapedia	26,4 20,5 15,5 11,0
Август	Aph. clatrata T. volvocina	31,9 28,2	Aph. clatrata A. formosa R. longiseta T. volvocina	23,7 15,3 15,8 25,1	A. formosa Aph. clatrata T. volvocina	39,5 17,5 10,9
Сентябрь	A. formosa	63,3	T. fenestrata A. formosa	69,9 17,7	A. formosa	61,3
Месяц	Станция 4	В	Станция 5	В	Станция 6	В
Май	T. fenestrata Chl. ferruginea	31,6 22,1	Chl. ferruginea T. fenestrata	44,8 40,3	Chl. ferruginea D. cylindricum	41,6 27,7
Июнь	Cr. tetrapedia Gl. minuta	55,3 16,0	Cr. tetrapedia Cr. apiculata D. bavaricum	38,5 13,3 12,6	Cr. tetrapedia An. lemmerman	43,9 i 16,0
Июль	Gl. limnetica Gl. minuta Cr. tetrapedia T. volvocina	25,8 13,8 11,7 10,1	Cr. tetrapedia Aph. clatrata St. doederleinii Gl. limnetica D. bavaricum	15,8 14,4 14,4 11,4 11,1	Gl. limnetica St. doederleinii St. polymorphun T. flocculosa	21,7 10,8 22,5 11,5
Август	M. caudata A. formosa T. volvocina	21,8 19,4 17,6			A. formosa Gl. limnetica	34,9 20,3
Сентябрь	A. formosa Aph. clatrata	41,2 11,5	A. formosa T. fenestrata Aph. clatrata	20,1 20,9 12,6	A. formosa	55,9

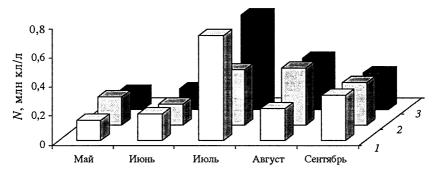


Рис. 3.2. Сезонная и пространственная динамика общей биомассы (мг/л) фитопланктона оз. Песчаное, 2004 г.

Здесь и на рис. 3.3: *I* – южная литораль, 2 – пелагиаль, 3 – северная литораль

мики общей численности и биомассы характерен одновершинный ход кривой (рис. 3.2, 3.3).

Следует отметить, что величины биомассы водорослей сохранялись невысокими, несмотря на большую численность, что обусловлено мелкими размерами клеток. В целом уровень развития фитопланктона в 2004 г. несколько выше по сравнению с предыдущим годом, что можно объяснить метеорологическими и гидрологическими особенностями года.

Пелагиаль. В центральной части водоема выявлено 100 видов, разновидностей и форм водорослей, относящихся к восьми отделам, что значительно меньше, чем в южной части озера, но приблизительно соответствует уровню 2003 г. (см. табл. 3.7).

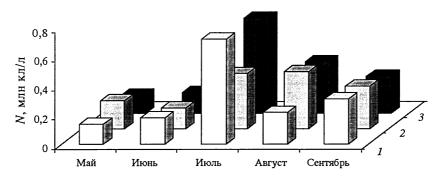


Рис. 3.3. Сезонная и пространственная динамика общей численности (млн кл/л) фитопланктона оз. Песчаное, 2004 г.

Таблица 3.10 Сезонная динамика фитопланктона в пелагиали оз. Песчаное, 2004 г.

Таксон	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Cyanophyta	52,5/1,0	55,7/19,1	88,2/47,9	95,0/15,3	97,4/13,6
Bacillariophyta	4,7/41,6	0,2/3,6	0,08/3,7	0,4/33,7	0,6/55,6
Chrysophyta	11,8/8,4	0,9/7,1	0,56/7,7	0,03/21,8	0,04/3,6
Chlorophyta	16,8/1,6	43,2/70,2	11,1/30,6	4,4/11,6	1,9/15,0
Euglenophyta	3,0/15,8	. -	0,06/10,1	0,14/17,6	0,06/12,2
Cryptophyta	6,0/7,9	_	_	_	
Xanthophyta	15,7/44,8	-	-	-	-
Общая численность, млн кл/л Общая биомасса, мг/л	0,55 0,190	9,83 0,141	43,87 0,376	51,96 0,386	48,34 0,286

Причем снижение видового обилия проявляется во всех отделах. Наибольшим видовым разнообразием отличаются зеленые хлорококковые, составляя 33 % общего состава. Второе место по обилию видов принадлежит диатомовым водорослям (26 %). Ранговое расположение по количеству видовых и внутривидовых таксонов других отделов близко таковому южного участка водоема. Не только видовое разнообразие, но и уровень развития фитопланктона несколько ниже, чем на южном участке водоема (см. табл. 3.7, 3.10).

В сезонной динамике численности и биомассы фитопланктона этого участка прослеживаются некоторые особенности. В течение вегетационного сезона по всей акватории участка синезеленые превалируют по численности, которая возрастает от весны к осени, обусловливая пик численности в сентябре. При этом максимальные величины биомассы синезеленых отмечены в июле, что объясняется интенсивным развитием более крупноклеточных видов Gleocapsa limnetica, \hat{G} . minuta наряду с мелкоклеточным Aphanothece clathrata. Для диатомовых характерны два пика развития, причем осенний пик выше весеннего. Картина сезонной сукцессии состава доминирующих комплексов практически близка к таковой южного участка водоема (см. табл. 3.9). В целом развитию фитопланктона свойствен одновершинный ход развития, но с максимумом численности и биомассы не в июле, а в августе. По сравнению с южным участком значения общих численности и биомассы фитопланктона в пелагиали несколько ниже, но выше, чем в 2003 г. (см. табл. 3.8, 3.10; рис. 3.2, 3.3).

Таблица 3.11 Сезонная динамика фитопланктона литорали северного прибрежья оз. Песчаное, 2004 г.

Таксон	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Cyanophyta	6,0/0	83,0/20,1	88,1/33,0	98,2/32,1	96,6/15,4
Bacillariophyta	14,6/36,8	0,09/5,0	_	0,6/49,8	0,7/58,7
Chrysophyta	19,8/12,0	0,06/9,4	0,9/22,9	_	0,14/9,4
Chlorophyta	31,0/0,8	16,8/63,3	11,0/44,1	1,1/7,2	2,5/10,2
Euglenophyta	2,3/4,8	0,05/2,2	_	0,1/10,9	0,06/6,3
Cryptophyta	16,4/13,6	_	_	-	_
Xanthophyta	9,9/32,0	-	-	_	. –
Общая численность, млн кл/л Общая биомасса, мг/л	0,23 0,125	21,75 0,139	103,76 0,651	79,0 0,349	31,9 0,254

Литораль северного прибрежья. На акватории этого участка водоема выявлен 121 вид с учетом разновидностей и форм (см. табл. 3.7). Видовое богатство водорослей заметно выше, чем в 2003 г. За исключением диатомовых, обилие которых намного ниже, разнообразие остальных отделов существенно увеличилось. Наибольшее разнообразие отмечено среди зеленых хлорококовых (31,4 % общего состава), за ними следуют диатомовые (28 %). Третье и четвертое место поделили синезеленые (11,6 %) и эвгленовые (10.7 %) соответственно. Видовое обилие желтозеленых и золотистых водорослей несколько меньше, чем на южном участке озера, но почти в 2 раза выше, чем в 2003 г. (см. табл. 3.7). Это может свидетельствовать об изменении реакции среды в 2004 г. в оз. Песчаное в кислую сторону, так как водоросли данных групп предпочитают чистые воды стоячих водоемов с кислой реакцией среды. Из сравнения величин численности и биомассы фитопланктона в пелагиали с другими участками водоема следует, что для их сезонной динамики также характерен одновершинный ход развития. Июльский максимум развития обусловлен интенсивной вегетацией зеленых, синезеленых и золотистых водорослей (см. табл. 3.9, 3.11; рис. 3.2, 3.3).

Обобщение полученных альгологических материалов позволило нам привести полный флористический список водорослей с учетом современных номенклатурных преобразований. В настоящий момент уровень видового разнообразия водорослей планктона оз. Песчаного определяется 238 видами (представленными

Таблица 3.12 Таксономическое разнообразие водорослей оз. Песчаное

T	Количество									
Таксон	классов	порядков	семейств	родов	видов	разновиднос- тей и форм				
Cyanophyta	2	3	10	14	19	25				
Euglenophyta	1	1	1	3	20	27				
Dinophyta	1	1	1	2	2	4				
Cryptophyta	1	1	1	1	1	1				
Chrysophyta	1	2	5	6	11	12				
Bacillariophyta	2	5	18	32	95	109				
Xanthophyta	2	2	4	10	17	18				
Chlorophyta	2	7	19	40	72	76				
Charophyta	1	1	1	1	1.	1				
Всего	13	23	59	108	238	273				

273 разновидностями и формами с учетом тех, которые содержат номенклатурные типы видов) из 9 отделов, 13 классов, 59 семейств и 108 родов (табл. 3.12, 3.13).

Рассматривая соотношения систематических групп высшего ранга, следует отметить значительное разнообразие представителей отдела диатомовых, которые в оз. Песчаное составляли 109 видов, разновидностей и форм. Второе место по разнообразию принадлежит зеленым водорослям, насчитывающим 76 видовых и внутривидовых таксонов. Оба отдела включают 68 % общего флористического разнообразия. Роль эвгленовых в альгофлоре (9,9 %) планктона несколько выше, чем синезеленых (9,1 %), занявших только четвертое место. Пятую позицию по разнообразию состава занимают желтозеленые водоросли (6,5 %), сравнительно высокое разнообразие которых характеризует флору кислых и слабо минерализованных водоемов. На шестой позиции стоят золотистые (4.4 %) водоросли. Состав представителей других отделов повсеместно беден. Полученные соотношения в целом типичны для голарктических альгофлор гумифицированных водоемов умеренных широт.

Сведения о географическом распространении имеются для 264 таксонов водорослей рангом ниже рода (табл. 3.14). Альгофлора оз. Песчаное, как и большинства водоемов умеренной зоны, представлена в основном космополитными видами (76,8 %), бореальные составляют 15 %. Значение северо-альпийских в об-

Таблица 3.13 Систематический состав и экологическая характеристика водорослей фитопланктона оз. Песчаное, 2003–2004 гг.

Таксон	Го	од	3.				Геогра-
Таксон	2003	2004	31	кологиче	ская груп	па	кая группа
1	2	3	4	5	6	7	8
ОТДЕЛ СУАНОРНУТА Класс Chrococccophceae							
Порядок Chroococcales Семейство Synechococcaceae Synechococcus aeruginosus Näg.	+	_	L	I	_	o	k
Семейство Microcystidaceae							
Aphanothece clathrata W. et G.S. West	+	+	P	I	_	β	k
Microcystis aeruginosa Kütz. em. Elenk.	+	+	Р	hl	al	β	k
M. firma (Breb. et Lenorm.) Schmidle	-	+	Р	_	_	_	_
M. pulverea (Wood) Forti em Elenk. f. pulverea	+	+	Р	I	_	ο-α	k
M. pulverea f. delicatissima (W. et G.S. West) Elenk.	+	_	Р	Ī	_	_	k
M. pulverea f. holsatica (Lemm.) Elenk.	+	+	P	I	_	β	k
M. pulverea f. incerta (Lemm.) Elenk.	+	+	P	I	-	β	k
M. pulverea f. planctonica (G. Sm.) Elenk.	+	_	P	I	-	_	k
Семейство Gloeocapsaceae							
Gloeocapsa dermochroa Näg.	+	_	L	_	_	_	-
Gloeocapsa limnetica (Lemm.) Hollerb.	+	+	P	I	_	o	k
Gloeocapsa minuta (Kütz.) Hollerb.	+	+	P	hl	In	О	k
Семейство Coelosphaeriaceae							
Coelospherium kuetzingianum Näg.	+	-	P	I	In	β-ο	k
Семейство Gomphosphaeriaceae							
Gomphospaeria lacustris f. compacta (Lemm.) Elenk.	_	+	Р	I	_	ο-β	c-a
Snovella rosea (Snow) Elenk.	+	+	P			ο-β	b

Продолжение табл. 3.13

_	Г	од	_				Геогра-
Таксон	2003	2004	91	кологиче	ская груп	па	кая группа
1	2	3	4	5	6	7	8
Класс Hormogoniophyceae Порядок Oscillatoriales Семейство Oscillatoriaceae							
Oscillatoria agardhii Gom.	+	+	B, P	hl	_	β	k
O. planctonica Wolosz.	_	+	P	I	_	-	k
Phormidium mucicola Hüb Pest. et Naum	+	_	Ep	I		ο-β	k
Phormidium sp.	+	+	_	_	_	-	_
Порядок Nostocales Семейство Anabaebaceae Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Breb.	+	-	P	I I	_	β	k b
Anabaena lemmermanii P. Richt.	+	+	Р	1	-	β	D
Семейство Aphanizomenonaceae Aphanisomenon flos-aquae f. gracile (Lemm.) Elenk.	+	_	P	I	_	β	k
Семейство Scythonemataceae Tolypothrix tenuis Kütz.	_	+	В	I	In	_	k
Семейство Rivulariaceae Calothrix braunii Born. et Flah. Rivularia dura Roth.	<u>-</u>	+	O B	_ _	_ _	_ β	_ _
ОТДЕЛ EUGLENOPHYTA Класс Euglenophyceae Порядок Euglenales Семейство Euglenaceae				_	_		
Euglena acus Ehr.	-	+	P	I	In	β	k
Euglena hemichromata Skuja	+	+	P	I		β-0	k
Euglena texta (Duj.) Hübn.	+	+	L	hl	In	β	k
Phacus agilis Skuja	+	_	P	I	_	β	k
Phacus alatus Klebs	-	+	Р	I	In	ο-β	k
Phacus striatus France	-	+	P, B	hl	In	β-α	k
Trachelomonas acanthostoma Stokes sensu Defl.	+	-	Р	I	ln	β	k
Trachelomonas acanthostoma var. minor Drez. Trachelomonas allia Drez.	+	+	P L	I I	In In	_ o-β	k k

Продолжение табл. 3.13

							Геогра-
Таксон	2003	2004	Эк	ологичес	кая груп	па	фичес- кая группа
1	2	3	4	5	6	7	8
Tr. bacillifera var. minima Playf.	+		L	hb	-		_
Trachelomonas globularis							
(Awer.) Lemm	-	+	L	hb	_	-	k
Trachelomonas hispida (Perty) Stein	+	+	P	I	In	β	k
Trachelomonas hispida var. granulata Playf.	_	+	L	I	In	_	k
Trachelomonas hispida var.	_	+	L	I	In	_	k
Trachelomonas intermedia Dang	+	;	P	i	In	0	k
Trachelomonas lacustris Drez.	•		-			_	
em Balech	+	+	P	I	In	ο-β	k
Trachelomonas oblonga Lemm. var. oblonga	_	+	P	I	In	β	k
Trachelomonas oblonga var. pulcherima (Playf.) Popova	-	+	P	hb	In	_	k
Trachelomonas ornata (Swir.) Sky.	_	+	P, L	ı	In	β	k
Trachelomonas raciborskii var.	_	+	L				
Trachelomonas rotunda Swir.	_	;	P	_	In	o	k
Trachelomonas similis Stokes	+	+	Ĺ	I	_	β	k
Trachelomonas verrucosa Stokes	_	+	L	I	In	̈β	k
Trachelomonas volvocina Ehr	+	+	P	I	In	β	k
Trachelomonas volvocinopsis			_				١, ١
Swir	+	_	P	I	In	β	k
Trachelomonas woycickii Koczw	. –	+	P L	_	_	-	_
Trachelomonas sp.	-	+	L	_	_	_	_
ОТДЕЛ DINOPHYTA							
Класс Dinophyceae							
Порядок Peridiniales							
Семейство Peridiniaceae							
Ceratium hirundinella f. austria- ca (Zederb.) Bachm.	+	+	Р	_	_	o	k
Ceratium hirundinella f. pibur-	,						
gense (Zederb.) Bachm.	+	_	P	_	-	-	k
Peredinium cinctum (O.F.M.) Ehr.	+	-	P	I	In	о-β	k
Peridinium incospicuum Lemm.		+	P				

Продолжение табл. 3.13

	Г	од					Геогра-
Таксон	2003	2004	91	сологиче	ская груп	па	кая группа
1	2	3	4	5	6	7	8
ОТДЕЛ СКҮРТОРНҮТА Класс Стурторнусеае Порядок Стуртотопаdales Семейство Стуртотопаdaceae Стуртотопаs marssonii Skuja	_	+	P	_	In	ο-β	k
ОТДЕЛ CHRYSOPHYTA Класс Chrysophyceae Порядок Chromulinales Семейство Chrysococcaceae							
Chrysococcus biporus Skuja	+	+	L	hb	In	ο-β	k
Chrysococcus rufescens Klebs	-	+	P	hb	ac	0-β	k
Kephyrion francevi Gus.	_	+	B, P	I	-	-	_
Kephyrion inconstans (Schmidle) Bourr.	_	+	Р	I	_	β	ь
Порядок Ochromonadales Семейство Dinobryonaceae							
Dinobryon bavaricum Imh.	+	+	Р	I	-	0	c-a
Dinobryon cylindricum Imh. var. cylindricum	+	+	P	I	_	ο-β	k
Dinobryon cylindrieum var. pallustre Lemm.			P	I			k
1 2	+	+	P	I I	- I	β	k k
Dinobryon divergens Imh.	+	_	P	1	In	Р	K
Семейство Synuraceae Mallomonas caudata Ivan. em.			5	-	,		,
Krieg.	+	+	P	I	al	0	k
Mallomonas elongata Reverd.	+	_	P	hb	-		b
M. tonsurata Teil. em. Krieg.	-	+	P	I	ac	ο-α	k
Семейство Chysapionaceae Stichoglea doederleinii (Schmidle) Wille	+	+	Р	_	_		_
,	·						
ОТДЕЛ BACILLARIOPHYTA Класс Centrophyceae Порядок Thalassiosirales Семейство Thalassiosiraceae							
Thalassiosira bramaputrae (Ehr.) Hak. et Locker	+	+	P	hl	al	β	k

Продолжение табл. 3.13

T	Г	од	2.				Геогра-
Таксон	2003	2004)	кологиче	ская груп	па	кая группа
1	2	3	4	5	6	7	8
Семейство Stephanodiscaceae							
Cyclostephanos dubius (Fricke)				_	_		_
Round	+	_	P	I	al	β	Ъ
Cyclotella antiqua W. Sm.	-	+	P		ac	0	c-a
Cyclotella radiosa (Grun) Lemm	+	+	P	I	al	о-β	k
Stephanodiscus binderanus (Kütz.) Krieg	+	_	Р	I	_	β	b
Stephanodiscus minutulus (Kütz.) Cl. et Möller	+	_	P	I	al	α	ь
Порядок Melosirales							
Семейство Melosiraceae							
Melosira varians Ag.	+	_	P	hl	al	β	k
Семейство Aulacoseiraceae							
Aulacoseira ambigua (Grun.) Sim.	_	+	P	ı	al	о-β	k
Aulacoseira distans (Ehr.) Sim.	+	_	P	I	ac	χ-ο	c-a
Aulacoseira granulata (Ehr.) Sim.	+	_	P	I	al	β	k
Aulacoseira islandica (O. Müll.) Sim.	+	+	P	I	al	ο-β	c-a
Порядок Rhizosoleniales							
Семейство Rhizosoleniaceae						l	
Rhizosolenia longiseta Zacharias	+	+	P	hb	al	o	k
Класс Pennathophyceae							
Порядок Araphales							
Семейство Fragilariaceae							
Asterionella formosa Hass.	+	+	P	I	al	ο-β	k
Fragilaria intermedia Grun.	+	_	0	I	al	-	ь
Fragilaria pinnata Ehr.	+	+	0	hl	al	β	b
Fragilaria vaucheria (Kütz.) Boye P.	+	_	P, O	I	al	β-α	k
Fragilaria sp.	_	+	L	_	_	-	_
Synedra ulna (Nitzsch) Ehr.	+	+	P, L	I	In	β	k
Synedra sp.	+	+	L	-	-	-	-
Семейство Diatomaceae							
Diatoma tenuis Ag.		+	P	hl	al	о-β	b

Продолжение табл. 3.13

Tower	L	од	2				Геогра-
Таксон	2003	2004	اق	кологиче	ская груп	па	кая группа
1	2	3	4	5	6	7	8
Семейство Tabellariaceae							
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.	+	+	P	hb	ac	о-β	b
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.	+	+	P, O	I	ac	ο-χ	c-a
Порядок Raphales							
Семейство Naviculaceae							
Amphipleura pellucida Kütz.	+	+	В	I		0	ь
Calloneis amphisbaena (Bory) Cl	. –	+	В	I	al	β-α	k
Calloneis silicula (Ehr.) Cl.	+	+	В	I	al	0	k
Diploneis elliptica (Kütz.) Cl.	+	_	В	I	al	0	k
Diploneis finnica (Ehr.) Cl.	+	_	ъB	I	In		c-a
Diploneis ovalis (Hilse) Cl.	_	+	В	i	al	β	b
Diploneis parma Cl.	+	_	В	I	In	-	b
Frustulia rhomboides (Ehr.) D. T.	_	+	В	hb	ac	χ	c-a
Frustulia rhomboides var. saxonica (Rabenh) D.T.	+	_	В	hb	ac	o	c-a
Navicula bacillum Ehr.	+	_	В	I	In	ο-β	k
Navicula capitata var. hungarica Ehr	+	_	L	hl	al	β	k
Navicula cryptocephala Kütz.	+	+	L, B	I	al	β-α	k
Navicula placentula var. rostrata (Ehr.) Grun.	+	_	В	I	al	' _	ь
Navicula pupula var. pupula Kütz.	+	+	B, O	hl	In	β	k
Navicula pupula var. rectangularis		Ţ				F	_
(Greg.) Grun	+	_	В	hl	In	_	k
Navicula radiosa Kütz.	+	+	В	I	In	β	k
Navicula rhynchocephala Kütz.	+	+	В	I	al	α	k
Navicula veneta Kütz.	-	+	В	hl	al	α	k
Nedium affine (Ehr.) Pfitz. var. affine	+	+	В	I	ln	o	ь
Nedium affine var. amphirynchus (Erh.) Cl.	+	+	В	hb	al	o	k
N. ampliatum (Ehr.) Kram. (= Nedium iridis var. amplia-							
tum (Ehr.) Cl.)	+		В	hb	-	_	k
Nedium iridis var. iridis (Ehr.) Cl.	+		В	hb	In	β.	k

Продолжение табл. 3.13

Tr.							
	1	Э:	кологиче	ская груп	па	Геогра- фичес- кая	
2003	2004					группа	
2	3	4	5	6	7	8	
+	-	В	hb	In	0	c-a	
+	-	В	I	In	_	ь	
+	+	В	I	In	χ	b	
+	+	_	-	ac	_	k	
-	+	В	I	ac	-	b	
+	+	В	I	ac	о-β	k	
+	+	В	I	In	β	b	
		_		_		_	
	+	_			_	b	
	-	_	_			k	
	+		_			k	
+	+	_	_	In		b	
+	_	В	I	-	β	k	
+	-	0	I	al	β	k	
+	_	О	I	al	β	k	
+	-	0	I	In	ο-β	b	
+	+	0	I	ac	0	c-a	
+	+	О	I	In	ο-β	k	
+	+	О	I	In	β	k	
+	+	О	hl	al		k	
+	+	О	I	al	В-о	k	
+	+	0	Ī	al	β	k	
+	+	0	I	ac	o	k	
+	_	L	I	ac	_	k	
+	_	O	hb	ac	o	k	
+	+	0	I	ac	0	k	
+	+	0	I	ac	0	k	
	2003 2 + + + + + + + + + + + + +	2 3	2003 2004 31 2 3 4 +	2003 2004 2 3 4 5 + - B hb + - B I + + B I - + B I - + B I + + B I - + B I + + B I + + B I + + B I + + B I + + B I + + C I + C I + C C I + C C C C + C C C + C C C + C C C + C C C + C C C + C C C + C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	Зкологическая груп Зкологическая груп 2003 2004 5 6	2003 2004	

Продолжение табл. 3.13

Таксон	Г	од	3.				Геогра-
Таксон	2003	2004]	кологиче	ская груп	па	кая группа
1	2	3	4	5	6	7	8
Eunotia pectinalis var. minor (Kütz.) Rabenh	-	+	О	I	ac	χ-0	k
Eunotia pectinalis var. ventralis (Ehr.) Hust.	+	_	О	I	ac	o	k
Eunotia praerupta Ehr.	+	-	0	hb	ac	0	k
Eunotia polydentula Brun.	+	-	0	hb	In	χ-о	k
Eunotia revoluta A. Cl.	+	_	L	_	In	_	-
Eunotia sudetica O. Müll.	-	+	0	hb	ac	0	c-a
Eunotia tenella (Grun.) Hust.	-+	_	0	hb	ac	0	b
Eunotia veneris (Kütz.) Müll.	+	_	0	hb	ac	o	c-a
Семейство Cymbellaceae							1
Amphora ovalis Kütz.	+	+	В	I	al	о-β	k
Cymbella aspera (Ehr.)Cl.	+	_	O,B	I	al	о-в	c-a
Cymbella cistula (Hemp.)Grun.	+	_	0	I	al	ο-β	k
Cymbella cuspidata Kütz.	+	_	0	I	al	o	k
Cymbella ehrenbergii Kütz.	+	+	0	I	al	о-в	k
C. elginensis Kram.	+	_	О	I	al	o .	k
Cymbella gracilis (Ehr.) Kütz.	+	_	0	hb	In	χ	k
Cymbella naviculiformis Auersw	+	+	0	I	al	β	ь
Cymbella ventricosa Kütz.	+	+	0	I	al	β	k
Семейство Gomphonemataceae							
Gomphonema acuminatum Ehr.				_	_		
var. acuminatum	+	_	0	I	al	β	b
Gomphonema acuminatum var. coronatum (Ehr.) W. Sm.	+	+	О	I	al	β	ь
Gomphonema acuminatum var. brebessoni (Kütz.) Cl.	+	_	B, O	I	In	β	b
Gomphonema angustatum (Kütz.) Rabenh.	+	_	О	I	al	ο-β	k
Gomphonema constrictum Ehr.	+	_	0	I	In	β	b
Gomphonema intricatum Kütz.	+	-	0	I	al	χ	ь
Gomphonema longiceps Ehr.	+	_	0	I	In	χ	b
Gomphonema olivaceum (Horn.) Breb.	_	+	O, B	I	al	β	k
Gomphonema parvulum (Kütz.)			0.5			0	1.
Grun.	+	_	O, B	I	In	β	k
Gomphonema subtile Ehr.	+	_	0	I	In_		c-a

Продолжение табл. 3.13

Таксон		о д	Эі	кологиче	ская груп	па	Геогра- фичес- кая
	2003	2004					группа
1	2	3	4	5	6	7	8
Семейство Entomoneidaceae							
Entomoneis ornata (Beil.) Reimer (Amphiprora ornata Beil.)	+	_	В	I	In	_	k
Семейство Epitemiaceae							
Epithemia turgida (Ehr.) Kütz.	+	+	0	hl	al	β	b
Epithemia zebra (Ehr.) Kütz.)	+	+	0	I	al	β	k
Epithemia zebra var. porcellus (Kütz.) Grun	-	+	О	I	al	β	k
Семейство Rhopalodiaceae							
Rhopalodia gibba (Ehr.) O. Müll	+	+	B, O	I	alb	o	k
Семейство Nitzschiaceae							
Nitzschia palea (Kütz.) W. Sm.	+	_	L	I	al	α-β	k
Nitzschia sp.	+	+	L	_			_
Nitzschia spectabilis (Ehr.) Ralfs	+	_	В	hl	_	χ-β	k
Nitzschia vermicularis (Kütz.) Hantzsch.	+	+	В	I	al	β	k
Семейство Surirellaceae							
Stenopterobia curvula (W. Sm.) Kram.	_	+	В	_	ac	_	c-a
Surirella linearis var. constricta							
(Ehr.) Grun.	+	-	В	I	In	β	b
Surirella tenera Greg.	+	-	P, B	I	In	0	k
ОТДЕЛ ХАПТНОРНҮТА							
Класс Xanthococcophyceae							!
Порядок Heterococcales							
Семейство Pleurochloridaceae							
Chloridella ferruginea Pasch.	_	+	P	-	-	-	-
Goniochloris fallax Fott	+	+	P	Oh	In	β	k
Goniochloris laevis Pasch.	-	+	P	-	In	0	k
Goniochloris pulchra Pasch.	_	+	P	I	In	-	k
Pseudostaurastrum planctonicum (G.M. Sm.) Dogad.	+	_	P	-	_	_	_
Tetradriella acuta Pasch.	-	+	L	_	_	_	k
Tetradriella impressa Pasch.	+	_	L	-	- i	_	-
Tetradriella spinigera Skuja	+	+	L	_	_	. —	-

Продолжение табл. 3.13

Т	L	од	2				Геогра-
Таксон	2003	2004	91	кологиче	ская груп	па	кая группа
1	2	3	4	5	6	7	8
Tetraplektron acutum f. laevis (Bourr.) DedStocheg.	+	_	P	_	_	_	_
Trachychloron ellipsoideum Pasch.	+	_	_	_	_	_	_
Семейство Botryochloridaceae							
Ilsteria quadrijuncta Skuja	-	+	P	-	_	_	-
Семейство Sciadiaceae							
Acanthochloris brevispinosa Pasch.	_	+	_	_	_	_	_
Centritractus africanus Fritsch et Rich.	_	+	L.	I	ac	_	st
Centritractus belonophorus Lemm.	_	+	P	I	In	о-β	k
Centritractus capillifer Pasch.	_	+	L	_	_	-	k
Centritractus globulosus Pasch.	_	+	L	_	-	_	-
Ophiocytium capitatum Wolle	+	+	P, B	I	In	o	k
Класс Xanthosiphonophyceae Порядок Vaucheriales Семейство Vaucheriaceae Vaucheria geminata'(Vauch.) D.C.	_	+	В	_	_	_	_
ОТДЕЛ CHLOROPHYTA							
Класс Pedinophyceae							
Порядок Chlamidomonadales Семейство Chlamodomo nadaceae							
Chlamidomonas incerta Pasch.	+	_	L	_	_	_	ь
Chlorogonium peterhofiense I. Kiss.	_	+	Р	-	_	_	_
Порядок Volvocales							
Семейство Volvocaceae							
Eudorina elegans Ehr.	· —	+	P	I		β	k
Порядок Chlorococcales							
Семейство Chlorococcaceae							
Planktospheria gelatinosa G.M. Sm.	+	_	Р	I	-		k

Продолжение табл. 3.13

Таксон		од	Э:	кологиче	ская груп	па	Геогра- фичес- кая
	2003	2004				группа	
1	2	3	4	5	6	7	8
Семейство Sphaerocystidaceae							
Dictyochlorella reniformis (Korsch.) Silva	+	_	P	ī	_	_	_
Sphaerocystis schroeteri Chod.	+	+	P	I	-	0	k
Семейство Treubariaceae							
Desmatractum indutum (Geitl.) Pasch.	+	_	P	I	_	-	k
Семейство Hydrodictiaceae							
Pediastrum boryanum (Turp.) Menegh.	+	+	P, B	I	In	β	k
Pediastrum duplex Meyen	_	+	P	I	-	β	k
Семейство Golenkiniaceae						,	
Polyedrieopsis spinulosa (Schmidle) Schmidle	+	+	P	I	_	β	k
Семейство Botryococcaceae							
Botryococcus braunii Kütz.	+	+	₹P, B	I	In	о-β	k
Dictyosphaerium pulchellum Wood.	+	+	P	I	In	β	k
Dictyosphaerium tetrachotomum Printz.	+	+	P	_	_	β-α	k
Семейство Radiococcaceae							
Coenocystis obtusa Corsch.	+	_	P	I	_	_	k
Coenocystis subcylindrica Korsch.	+	+	P	I	_	-	k
Семейство Chlorellaceae							
Tetraedron caudatum (Corda)		İ	l _	_	_		
Hansg	+	+	P P	I 1-1	In	β	k
Tetraedron incus (Teil.) G.M. Sm. Tetraedron minimum (A. Br.)	+	+	P	hl	In	β	k
Hansg.	_	+	P	I	_	β	k
Tetraedron triangulare (Chod.)						1	
Kom.	-	+	P	I	-	β	k
Семейство Oocystaceae							
Lagerheimia longiseta (Lemm.) Printz.	_	+	P	ı	_	β	k
Lagerheimia subsalsa Lemm.	_	+	P	I	In		k

Продолжение табл. 3.13

Таксон	Г	од	2.				Геогра-
Таксон	2003	2004] 31	кологиче	ская груп	па	кая группа
1	2	3	4	5	6	7	8
Oocystis lacustris Chod.	+	+	P	Oh	_	0	k
Oocystis romboideae Fott	-	+	P	_	-	ο-α	-
Trochiscia aciculifera (Lagerh.) Hansg.	+	+	P	hb	In	o	k
Семейство Selenastraceae							
Ankistrodesms falcatus (Corda) Ralfs	+	+	P, B	hb	_	β	k
Closteriopsis acicularis (G.M. Sm) Belh	+	+	P, B	I		ο-α	k
Kirchneriella contorta (Schmidle) Bolh.	+	+	P	I	_	_	k
Kirchneriella obesa (W. West) Schmidle	+	+	P	I	_	β	k
Monoraphidium griffiti (Berk.) Kom.	+	_	P	I	_	β	k
Monoraphidium minutum (Näg.) KLegn.	+	_	P	I	al	β-α	k
Monoraphidium obtusum (Korsch.) KomLegn.	_	+	L	I	ac	О	k
Rhaphidocelis danubiana (Hind.) Marvan, Kom., Comas	_	+	P	_	_	_	_
Raphidocelis sigmoidea Hind.	+	_	P	-	_	-	_
Quadrigula pfitzeri (Schrod.) G.M. Sm.	+	_	L	i	_	_	k
Семейство Scenedesmaceae							
Crucigenia quadrata Morr.	+	+	P	I	ac	-	k
Crucigenia fenestrata (Schmidle) Schmidle	-	+	Р	I	_	β	k
Crucigenia tetrapedia (Kirchn.) W. et G.S. West	+	+	Р	I	In	ο-β	k
Crucigeniella apiculata (Lemm.) Kom.	+	+	P	I	_	β	k
Scenedesmus acuminatus (Lagerh.) Chod.	-	+	Р	I	In	β	k
Scenedesmus acuminatus var. biseriatus Reinsch	_	+	P	I	_	_	k
Scenedesmus arcuatus Lemm.	+	+	P	I	_	β	k
Scenedesmus brasiliensis Bohl.	+	+	P, B	Oh	_	β	k

Продолжение табл. 3.13

Т	Г	од					Геогра-
Таксон	2003	2004] 91	кологиче	ская груп	па	кая группа
1	2	3	4	5	6	7	8
Scenedesmus denticulatus Lagerh.	+	+	P	I	In	β	k
Scenedesmus denticulatus var.							
linearis Hansg.	-	+	P P	_	_	β	k
Scenedesmus ellipticus Corda Scenedesmus granulatus W. et	+	_	P	_	_	ο-β	k
G.S. West	_	+	P	_	_	β-α	k
Scenedesmus incrassatulus Bohl.	-	+	P	I	In	· -	k
Scenedesmus microspina Chod.	_	+	P			о-β	
Scenedesmus quadricauda	•						
(Turp.) Breb.	+	+	P	hl I	In	β	k
Scenedesmus spinosus Chod. Willea irregularis (Wille)	+	+		1	_	β	k
Schmidle	-	+	L	I	_	_	ь
Порядок Ulotrichales					ĺ		
Семейство Ulotrichaceae							
Elakathotrix acuta Pasch.	+	_	P	I	_	β	k
Elakathotrix gelatinosa Wille	+	+	P	I	_	0	k
Elakathotrix genevensis (Reverd.) Hind.	+	+	P	I	_	β	k
Elakatothrix pseudogelatinosa Korsch.	_	+	P	I	_	_	k
Elakatothrix subacuta Korsch.	_	+	P	Oh	_	o	-
Ulothrix sp. ster.	+	+	В	-	-	_	-
Класс Conjugatophyceae Порядок Mesotaeniales Семейство Mesotoniaceae Spirotaenia obscura Ralfs	_	+	L	_	_	_	_
Порядок Zygnematales Семейство Mougeotiaceae							
Mougeotia sp. ster.	+	-	В	-	-	_	-
Семейство Spirogyraceae Spirogyra sp. ster.	_	+	В	_	_	_	_
Порядок Desmidiales Семейство Closteriaceae Closterium abruptum W. West	_	+	Р, В	_	_	_	_

Окончание табл. 3.13

Таксон		од Г	Э	кологиче	ская груп	па	Геогра- фичес- кая
	2003	2004		,			группа
1	2	3	4	5	6	7	8
Семейство Desmisiaceae		İ					
Cosmarium impressulum Elfv.	_	+	P	1	ln	β	k
Cosmarium meneghinii Breb.	_	+	P	I	In	–	k
Cosmarium punctulatum var. Breb. punctulatum	_	+	P	I	In	_	k
Cosmarium punctulatum var. subpunctulatum (Nordst.) Borg.	+	_	L	I	In	_	k
Cosmarium punctulatum var. rotundatum Klebs	_	+	L	_	_	_	_
Eurastrum turneri W. West.	+	_	_	_	_	χ-β	_
Microsterias sol (Ehr.) Kütz.	_	+	_	_	_	_	_
Sphaerozosma vertebratum (Breb.) Ralfs		+	P	oh	_	_	k
Spondilosium planum (Wolle) W. et G.S. West	+	_	P	I	In	β	c-a
Staurastrum paradoxum Meyen	+	+	P	I	-	-	k
Staurastrum polymorphum Breb.	-	+	P	_	_	-	k
Staurodesmus cuspidatus (Breb.) Teil.		+	P	_	_	_	_
Staurodesmus dejectus (Breb.) Teil.	_	+	L	hb	_	ο-β	k
Staurodesmus triangularis (Lagerh.) Teil.	_	+	P	I	In	_	k
Xanthidium antilopoeum (Breb.) Kütz.	+	_	Р	hb	_	_	k
ОТДЕЛ CHAROPHYTA Класс Charophyceae Порядок Charales		:					
Семейство Characeae Chara fragifera Durieu	_	+	В	_	_	_	_

Условные обозначения. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ: 4 – местообитание: В – бентосный, Ер – эпифитный, L – литоральный, О – обрастания, Р – планктонный; 5 – галобность: I – индиферерентный, hb – галофобный, hl – галофильный, о – олигогалобный; 6 – отношение к pH: ас – ацидофильный, alb – алкалифобный, al – алкалифильный, ln – индифферентный; 7 – сапробность: χ – ксеносапроб, χ -о – ксено-олигосапроб, χ - β – ксенбетамезосапроб, χ - α – ксено-альфамезосапроб, о – олигосатроб, о- α – олиго-альфамезосапроб, β – бетамезосапроб, β – о – бета-олигомезосапроб, β – α – бета-олигомезосапроб, β – α – бета-альфамезосапроб, α – альфамезосапроб, α – альфамезосапроб, α – бета-олигомезосапроб, α – бета-олигомезосапроб, α – бета-олигомезосапроб, α – Таблица 3.14 Распределение видов-индикаторов фитопланктона оз. Песчаное по зонам сапробности (%)

Зона сапробности	Класс чисто- ты воды	Южная литораль	Пелагиаль	Северная литораль
Ксеносапробная (в том числе х, х-о)	I	4,4/3,0	5,7/4,2	6,2/3,5
Олигосапробная (в том числе o-χ, o, o-β)	II	44,0/43,0	44,3/49,3	48,4/40,0
Бетамезосапробная (в том числе β-о, β, β-α)	III	47,2/51,0	45,7/43,7	42,2/51,8
Альфамезосапробная (в том числе α, α-β, α-ρ)	IV	4,4/3,0	4,3/2,8	3,2/4,7
Общее число видов индикаторов	_	91/98	70/71	64/85

Примечание. В числителе данные 2003 г., в знаменателе – 2004.

щем списке водорослей не превышает 8 %. Более половины (53 %) обнаруженных видов – типично планктонные. Представители бентоса и обрастаний преимущественно пеннатные диатомеи (см. табл. 3.14).

По отношению к солености воды обнаруженные водоросли являются пресноводными олигогалобами, большую часть которых составляют индифференты — 73 %. Относительно активной реакции среды шкала индикаторного значения отдельных видов разработана слабо. Поэтому из 156 видов и разновидностей водорослей, представляющих собой индикаторы, 79 — индифференты, 50 — алкалифилы, 27 — ацидофилы. Ацидофилы представлены в основном пеннатными диатомеями из рода *Eunotia*, что характерно для флор кислых и слабо минерализованных водоемов.

Сапробиологический анализ, проведенный нами по видовому составу фитопланктона за двухлетний период исследований, позволил выявить 185 видов индикаторов, что составляет 67 % общего состава водорослей. На отдельных участках водоема встречалось от 64 до 98 видов-индикаторов сапробности (см. табл. 3.12).

Распределение видов-индикаторов по зонам сапробности на всех участках водоема свидетельствует о преобладании за весь период исследований организмов ксено-, олиго- и бетамезосапробной зон самоочищения. В целом для всего водоема картина сохраняется, при этом ксено- и олигосапробы составляют 47,3 %, а представители бетамезосапробной зоны самоочищения —

50,5%, что может свидетельствовать о слабом загрязнении воды органическими веществами и позволяет воды оз. Песчаное отнести к II–III классу чистоты.

На основании исследования, можно заключить, что флора водорослей оз. Песчаное отличается видовым разнообразием и представлена 238 видами (273 с учетом разновидностей и форм), относящимися к 108 родам, 23 порядкам, 13 классам и 9 отделам (см. табл. 3.13). Различия в видовом составе разных лет проявляются на уровне всех отделов (см. рис. 3.1). Коэффициент сходства Серенсена не превышает 0,49. Сравнение с литературными данными (Никулина, 1997) показало, что оз. Песчаное по видовому составу, структуре доминирующих видов, преобладанию наннопланктонных видов, слабому развитию в планктоне диатомовых водорослей из рода Aulacoseira близко малым гумифицированным озерам южной Карелии. В то же время интенсивное развитие синезеленых водорослей свидетельствует о том, что оно не относится к кислым озерам, поскольку их характерная черта слабое развитие или полное отсутствие синезеленых водорослей. Из других отличительных черт можно назвать высокое флористическое обилие водорослей планктона и низкие величины биомассы, что позволяет идентифицировать оз. Песчаное как олиготрофный с признаками мезотрофии темноокрашенный гумифицированный водоем.

4. ЗООПЛАНКТОН ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ

Таксономическая характеристика зоопланктона

В оз. Песчаное в первый год (2003) исследований было зарегистрировано 47 видов, во второй (2004) – 65, за оба года – 70 видов водных беспозвоночных животных, составляющих зоопланктонное сообщество (табл. 4.1). Значительным разнообразием отличался класс Crustacea (ракообразные) - 40 видов. Среди них наибольшим количеством видов (31) был представлен отряд Daphniiformes. Значительно беднее был отряд Сорероda. Список его представителей включал восемь видов подотряда Cyclopoida и всего один – подотряда Calanoida. Среди ракообразных самым бедным по количеству обнаруженных видов был отряд Polyphemiformes – один вид. К классу Rotatoria (коловратки) относились 30 видов, т. е. 43 % всего списка обитающих в озере зоопланктеров. В оба года наблюдений зоопланктон по составу мало различался, о чем говорят высокие величины коэффициента фаунистического сходства (К) как для трех основных групп зоопланктеров (Cladocera, Copepoda, Rotatoria), так и в целом для зоопланктонного сообщества (0,83; 0,89; 0,68 и 0,79 соответственно). Списки зоопланктеров за разные годы отличались друг от друга только поединично и редко встречаемым видам.

Обитающие в озере виды зоопланктонных организмов разнообразны по биологии, экологии и распространению. Более половины видов — характерные представители озер и прудов, но есть и обитатели мелких водоемов (7%) и болот (5%). Почти пятую часть списка составляют виды, которые считаются обитателями разнотипных водоемов и водотоков.

Для большинства видов, обнаруженных в оз. Песчаное, известны их экологические свойства. Среди этих животных выделяются четыре группы. К первой, наиболее разнообразной (47 % общего списка видов), относятся литорально-фитофильные виды, т. е. обитающие в прибрежье водоема или среди зарослей. Это прежде всего представители семейства Chydoridae

Таблица 4.1 Видовой состав зоопланктона оз. Песчаное, 2003, 2004 гг.

	X	арактеристика видов		
Название организма	Экологические	_	Встреча	емость, %
	свойства	Распространение	2003 r.	2004 г.
CLA	DOCERA – ВЕТВИСТ	ОУСЫЕ РАЧКИ		
Acroperus harpae (Baird)	Озерно-прудовой литоральный, преимущественно фитофильный	Северное полушарие	60	40
Alona costata Sars	Озерно-прудовой, бентический	Всесветное, кроме Австралии	3	13
A. quadrangularis (O.F. Müller)	Озерно-прудовой, бентический	Северное полушарие	17	10
A. rectangula (O.F. Müller)	Различные водоемы, бентический	Всесветное, кроме Австралии	7	3
Alonella exiqua (Lilljeborg)	Озерно-прудовой, фитофильный	Северное полушарие	_	3
A. excisa (Fischer)	Озерно-прудовой, фитофильный	Всесветное	10	7
A. nana (Baird)	Озерный, прибрежно- фитофильный	Северное полушарие	3	-
Anchistropus emarginatus Sars	Сидячий образ жизни (на гидрах)	Палеарктика, на юг до южной Европы и Амура	_	7
Biapertura affinis Leydig	Различные водоемы, бентический	Всесветное	3	3
Bosmina mixta*	Озерный, пелагический	Палеарктика	3	-
Camptocercus rectirostris Schoedler	Разнотипные водоемы, фитофильный	Широкое, в России – европей- ская часть, на вос- ток до р. Лены	-	3
Ceriodaphnia quad- rangula (O.F. Müller)	Эврибионтный	Всесветное	90	97
Chydorus sphaericus (O.F. Müller)	Различные водоемы, бентический	Всесветное	100	97
Daphnia galeata Sars	В водоемах всех типов	Голарктика, отмечен в Перу	63	30

Продолжение табл. 4.1

	Xa	арактеристика видов		
Название организма	Экологические	_		аемость, %
	свойства	Распространение	2003 г.	2004 г.
D. cristata Sars	Озерный, пелагический, холодноводный	Север Евразии	-	3
Diaphanosoma brachyurum (Levin)	Эврибионтный, преимущественно тепловодный	Евразия, Америка, Северная Африка	87	53
Disparalona rostrata (Koch)	Озерно-прудовой, бентический	Всесветное	3	3
Eurycercus lamellatus (O.F. Müller)	Озерный, фитофильный	Северное полушарие, Южная Америка	10	3
Graptoleberis testudinaria (Fischer)	Озерно-прудовой, фитофильный	Всесветное	13	13
Holopedium gibberum Zaddach	Озерный, пелагический	Север Евразии и Америки	73	37
Leptodora kindtii (Focke)	Озерный, пелагический	Северное полушарие	10	3
Latona setifera (O.F. Müller)	Пруды, медленные реки, бентический	Северная Европа и Северная Америка	_	3
Peracantha truncata (O.F. Müller)	Различные водоемы, фитофил	Северное полушарие	30	30
Pleuroxus aduncus (Jurine)	Прудово-озерный	Всесветное	3	7
P. trigonellus O.F. Müller	Мелкие водоемы, литоральный	Северное полушарие	_	7
Polyphemus pediculus (Linne)	Озерно-прудовой, литоральный	Палеарктика	70	60
Pseudochydorus globosus (Baird)	Мелкие водоемы и прибрежье озер	Всесветное	_	10
Rhynchotalona falcata (Sars)	Озерно-прудовой, бентический	Северное полушарие	3	3
Scapholeberis mucro- nata (O.F. Müller)	Озерно-прудовой, фитофильный	Всесветное, кроме Австралии	30	30
Sida crystallina (O.F. Müller)	Озерный, фитофильный, тепловодный	Евразия, Америка	40	53
Simocephalus vetulus (O.F. Müller)	Озерно-прудовой, литоральный	Всесветное, кроме Австралии	17	3

Продолжение табл. 4.1

	X	арактеристика видов			
Название организма	Экологические	Распространение	Встречаемость,		
	свойства	T desipoe i panenne	2003 г.	2004 г.	
CC	PEPODA – ВЕСЛОН	ОГИЕ РАЧКИ			
Nauplius Copepoda			100	80	
Copepodit Cyclopoida			100	80	
Eycyclops macrurus (Sars)	Озерно-прудовой, фитофильный	Европа, Северная Америка	3	23	
E. macruroides (Lilljeborg)	Мелкие водоемы, пруды, прибрежье озер, фитофильный	Европа, Северная Африка, Азия	3	3	
E. serrulatus (Fischer)	Разнообразные водоемы и водотоки, фитофильный	Всесветное	3	3	
Cyclops kolensis Lilljeborg	Озерный, литорально-пелагический, холодноводный	Север Евразии	3	-	
Mesocycops leuckarti Claus	Эврибионтный (преимущественно холодноводный)	Всесветное	43	43	
Paracyclops fimbrriatus (Fisch.)	Бентический	Всесветное	3	_	
Thermocyclops oithonoides (Sars)	Озерный, пелагический, избегает загрязненных вод, холодноводный	Север Евразии, кроме тундры	20	27	
Eudiaptomus graciloides (Lilljeborg) Ad, juv.	Озерный, пелагический, холодноводный	Евразия	90	70	
Harpacticoida n. det.	Бентические		_	7	
	ROTATORIA – КОЛ	ОВРАТКИ	•	•	
Anuraeopsis fissa fissa Gosse	Озерно-прудовой, тепловодный	Всесветное	3	3	
Asplanchna priodonta Gosse	Эврибионтный	Всесветное	40	37	
Bipalpus hudsoni (Imhof)	Эврибионтный (преимущественно холодноводный)	Палеарктика	27	20	
Conochilus unicornis Rousselet	Озерный, пелагический	Палеарктика	13	17	

Продолжение табл. 4.1

	,	<u> </u>		
	Xa	рактеристика видов		
Название организма	Экологические	Распространение	Встречаемость, %	
	свойства		2003 г.	2004 г.
Euchlanis dilatata lucksiana Hauer	Озерно-прудовой, преимущественно пелагический	Вероятно, всесветное	7	3
E. deflexa deflexa Gosse	Озерно-прудовой, фитофильный	Всесветное	7	10
E. triquetra Ehrenberg	Различные водоемы, литоральный	Евразия	10	23
E. calpida Myers	Различные водоемы, фитофильный	Евразия, США	_	3
Eothinia elongata elongata (Ehrenberg)	Фитофильный	Европа, Америка (США)	_	3
Kellicottia longispina longispina Kellicott	Озерный, пелагический, холодноводный	Евразия, северная Америка	37	33
Keratella cochlearis (Gosse)	Эврибионтный	Всесветное	37	33
K. quadrata quadrata (Müller)	Эврибионтный (преимущественно тепловодный)	Всесветное	_	20
Filinia longiseta (Ehrenberg)	В небольших водоемах, пелагический	Вероятно, всесветное	-	13
Lecane (s. str.) mira (Murray)	Зоросшие пруды, болота	Европа, Северная Америка	3	3
L. (s. str.) ludwigii (Eckstein)	Различные водоемы, фитофильный	Всесветное	-	3
L. (M.) constricta (Митгау)	Нет данных	Нет данных	_	3
L. (M.) lunaris (Ehrenberg)	Чаще в небольших водоемах, фито-фильный	Всесветное	_	3
L. (M.) thalera (Harring et Myers)	В щелочных и солоноватых водоемах	Европа, Америка	-	3
Mytilina ventralis ventralis (Ehrenberg)	Озерно-прудовой, фитофильный	Всесветное	3	3
Notholca squmula squamula (Müller)	В различных водоемах	В северных широ- тах	_	3

	X	Характеристика видов				
Название организма	Экологические	Распространение	Встречаемость, %			
	свойства	- Longoo panonno	2003 г.	2004 г.		
Platyias quadricornis quadricornis (Ehrenberg)	Фитофильный, чаще в прудах	Всесветное	-	3		
Ploesoma lenticularis Негтіск	Пелагический, чаще в мелких водоемах	Всесветное, кроме Австралии	_	3		
Ploesoma truncatum (Levander)	Озерный, пелагический	Всесветное, кроме Австралии	-	3		
Polyarthra euryptera Wierzejski	Озерный, пелагичес- кий, тепловодный	Северное полушарие	10	27		
P. sp.			27	17		
Trichocerca (s. str.) cylindrica (Imhof)	Озерно-прудовой, фитофильный	Северное полушарие	53	23		
T. (Diurella) sp.			_	3		
<i>Trichotria pocillum</i> (Müller)	Озерный, фитофильный	Европа, Азия, Америка	3	_		
Trichotria similies (Strenroos)	В небольших водоемах	Европа, США	-	3		
T. truncata truncata (Whitelegge)	В болотах	Евразия	-	7		

^{*} Имеет неопределенный таксономический статус (Определитель пресноводных беспозвоночных России, 1995); по определителю Е.Ф. Мануйловой (1964) близок к В. kessleri Uljanin.

(отр. Daphniiformes) и рода Eucyclops (подотр. Cyclopoida). Вторая группа включает пелагических зоопланктеров (23 %) — обитателей водной толщи. К ним относятся, как правило, организмы с нежными покровами и длинными отростками на теле. По размерам тела виды этой группы значительно различаются. Третья группа состоит из небольшого количества видов (15 %). Это бентические организмы, которые обитают в придонных слоях водоемов. В оз. Песчаное данная группа представлена в основном ракообразными. Столько же видов (15 %) составляют четвертую группу — эврибионты. Эти виды отличаются широкой экологической валентностью и могут обитать в разных биотопах. Из табл. 4.1 видно, что в оз. Песчаное встречаются холодноводные виды (10 %), из которых Mesocyclops leuckarti, Thermocyclops oithonoides и особенно Eudiap-

Таблица 4.2 Сезонная динамика видового богатства зоопланктона оз. Песчаное, 2004 г.

Зона водоема	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Литораль	20	38	24	30	25
Пелагиаль	10	13	14	13	7
Озеро	20	39	27	32	25

tomus graciloides можно отнести к обычным для данного водоема видам. Тепловодных видов всего два (3%). Из них следует отметить рачка Diaphanosoma brachyurum, который вносит заметный вклад в функционирование зоопланктоценоза озера. Более половины видов всего списка зоопланктеров озера имеют широкое распространение, причем 37% из них считаются космополитами. Обитание десятой части видов ограничено Палеарктикой.

Литоральный зоопланктон оз. Песчаное разнообразнее пелагического. Все виды, отмеченные на центральных станциях озера, встречены и на прибрежных, но по величине встречаемости прослеживается приуроченность видов к определенной зоне. Так, встречаемость пелагического вида *Holopedium gibberum* на центральных станциях в 2003 г. была равна 100 %, а в литорали — 62.

Видовое богатство зоопланктона подвержено сезонным изменениям, что можно наблюдать по данным 2004 г. (табл. 4.2). Уже в мае в озере встречаются представители трех основных групп зоопланктона — Cladocera (ветвистоусые рачки), Сорерода (веслоногие рачки) и Rotatoria (коловратки). Наиболее вероятно обнаружить в это время в пелагиали коловраток Keratella quadrata, Kellicottia longispina и молодь Cyclopoida. Коловратку Filinia longispina отмечали только в мае и лишь на центральном участке. На отдельных биотопах литорали в весенний период обнаруживается от 14 до 7 видов. Наиболее бедным по составу в это время бывает зоопланктон восточной части водоема. Молодь Cyclopoida — обязательный компонент весеннего зоопланктона всех прибрежных участков водоема.

В июне отмечен самый богатый состав зоопланктона, причем видовым разнообразием отличались все группы: Cladocera—19, Copepoda—5, Rotatoria—15 видов. По-прежнему большое значение в зоопланктоне пелагиали имели коловратка *K. longispina* и молодь Cyclopoida, но эвритопная коловратка *K. quadrata* ис-

чезла, а появились близкие к ней по экологии коловратки Keratella cochlearis и Bipalpus hudsoni, а также фитофильная Trichocerca cylindrica. Всего в центре водоема обнаружены пять видов коловраток, шесть видов ветвистоусых рачков (оба вида дафний, Chydorus sphaericus, D. brachyurum, Ceriodaphnia quadrangula, H. gibberum) и два вида веслоногих рачков (E. graciloides и M. leuckarti). Зоопланктон литорали был богат видами — 25. Кроме Daphnia cristata на прибрежных станциях встречены все виды, отмеченные в пелагиали, и многие другие (25), в том числе тепловодная Sida crystallina.

В июле пелагический зоопланктон не оскудел в видовом отношении. К «июньским» видам добавилась молодь Leptodora kindtii (крупного пелагического хищного ветвистоусого рачка) и веслоногий рачок Thermocyclops oithonoides. В прибрежье на отдельных станциях обнаруживали от 8 до 14 видов. На всем прибрежье встречали D. brachyurum, E. graciloides, C. quadrangula, Ch. sphaericus, Acroperus harpae. Общий список зоопланктеров, найденных в озере в июле, стал короче, чем за июнь, что произошло в основном за счет исчезновения коловраток. Если в июне эта группа организмов включала 15 видов, то в июле — всего 5 (Asplanchna priodonta, Conochilus unicornis, K. cochlearis, Polyarthra euryptera, Mytilina ventralis ventralis).

«Августовский» список видов зоопланктеров включал 16 видов ветвистоусых рачков, 5 видов веслоногих и 11 видов коловраток, т. е. немного расширился по сравнению с «июльским». Во всех трех группах литорального зоопланктона появились виды зарослевого и придонного комплексов (виды семейства Chydoridae, родов Eucyclops, Euchlanis, Lecane), а также обитатели болот (виды рода Trichotria). В это время на прибрежной станции у болота отмечено больше видов (25), чем на других станциях за все время наблюдений (9-18). Пелагический зоопланктон в августе по сравнению с предыдущим месяцем не изменил видовой состав. В сентябре отмечено значительное обеднение видового состава коловраток (четыре вида – P. euryptera, P. sp., Pleosoma lenticularis, K. cochlearis) и веслоногих рачков (три вида – E. graciloides, T. oithonoides, Eucyclops serrulatus). Видовой состав ветвистоусых рачков не изменился, они оставались наиболее разнообразной группой (19 видов). На литоральных станциях регистрировали от 7 (на лишенных макрофитов мелководьях) до 17 видов (у болота среди зарослей кувшинки). В центре водоема по составу зоо-

Таблица 4.3 Соотношение количества видов разных групп зоопланктона оз. Песчаное, 2004 г.

Группа организмов	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Cladocera	2	4	3	5	6
Copepoda	1	1	1	1	1
Rotatoria	3	3	1	4	4

планктон был беден — семь эврибионтных и пелагических видов, которые обычны и в литорали — E. graciloides, Ch. sphaericus, C. quadrangula, Daphnia galeata, P. euryptera, P. sp., K. cochlearis. Таким образом, наиболее разнообразным зоопланктон был в летнее время.

В среднем за сезон в зоопланктоне оз. Песчаного соотношение количества видов Cladocera: Copepoda: Rotatoria равно 3:1:3. В разные сезоны года оно меняется (табл. 4.3), но на протяжении всего времени наблюдений веслоногие рачки являются самой бедной по составу группой. Наиболее разнообразны в летний и осенний периоды ветвистоусые рачки, но весной по этому показателю они незначительно уступают коловраткам.

Неодновременное вступление в активную фазу существования отдельных видов зоопланктона и уровень их количественного развития определяют неоднозначность для разных видов такого показателя, как встречаемость, под которым понимаем отношение (долю) количества проб с данным видом к общему числу проб. В оз. Песчаное уровень величины встречаемости большинства видов в разные годы в основном сохраняется. К часто встречаемым (более 50 %) относятся молодь Cyclopoida науплиальных и копеподитных стадий и небольшое количество видов C. qudrangula, Ch. sphaericus, E. graciloides, D. brachyurum, H. gibberum, P. pediculus, A. harpae (2003 r.), S. crystallina (2004 r.), T. cylindrica (2003 г.). Встречаемость молоди циклопид и первых двух видов в этом списке равна 100 %, что позволяет назвать их постоянным компонентом зоопланктона на всей акватории водоема. Половина видов относятся к редко встречаемым в озере. Как правило, они обнаруживаются в небольших количествах или единично. Эти виды есть среди всех групп зоопланктеров (см. табл. 4.1).

Характеристика количественного развития зоопланктона по среднесезонным величинам численности и биомассы

Для характеристики количественного развития зоопланктона по средним для сезона открытой воды (среднесезонным) данным в основном пользовались материалами 2004 г., а данные 2003 г. использовали как дополнительные, поскольку в первый год исследований сборы гидробиологического материала были проведены только во второй половине лета и осенью.

Показатели среднесезонной численности и биомассы зоопланктона оз. Песчаное довольно высоки (табл. 4.4). В пелагической зоне водоема зоопланктон многочисленней, чем в литоральной. По биомассе картина противоположная. Основу ее на всей акватории создавали ветвистоусые рачки (более 78,6 % общей биомассы зоопланктонного сообщества). Коловратки имели наименьшую долю в общей численности зоопланктона и пелагиали, и литорали, и еще меньшую в создании общей биомассы (см. табл. 4.4).

Поскольку в первый год исследований (2003) наблюдения проводили во второй половине лета и осенью, то для корректных сравнений уровня развития зоопланктона в разные годы мы рассчитали средние данные численности и биомассы зоопланктона за такой же период 2004 г. (табл. 4.5, 4.6). Как видно, во второй половине сезона открытой воды в 2004 г. зоопланктон был количественно богаче, чем за тот же период в 2003 г. Особенно высока была численность зоопланктеров. Она значительно возросла как в литорали (в 3,1 раза), так и в пелагиали (в 1,7). Биомасса в 2004 г. увеличилась по сравнению с предыдущим годом, что отразилось и на величине среднесезонной биомассы зоопланктона озера – она стала немного выше в 2004 г., чем в 2003 г. (в 1,2 раза). Размерные характеристики зоопланктеров (табл. 4.7) говорят об «измельчании» средней особи зоопланктонного сообщества в 2004 г. по сравнению с 2003 г., что в основном произошло за счет снижения средней массы особи ракообразного планктона, причем как кладоцерного, так и копеподного (см. табл. 4.7). Уменьшение средней массы особи отмечено в обеих зонах – в литорали с 0,053 до 0,025 мг, в пелагиали – с 0,028 до 0,016.

По структуре зоопланктонное сообщество в разные годы имело значительное сходство. На долю ракообразных приходилось около 90 % общей численности и столько же от общей биомассы зоопланктеров, причем первостепенная роль по этому показателю принадлежала ветвистоусым рачкам (см. табл. 4.5, 4.6).

Таблица 4.4 Среднесезонные численность (N) и биомасса (B) зоопланктона оз. Песчаное, 2004 г.

Группа	Литораль	Пелагиаль	В целом для озера
Cladocera	32,2/89,4	46,2/78,6	40,2/85,2
Copepoda	48,3/9,8	40,8/19,0	44,0/13,4
Rotatoria	19,5/0,8	13,0/2,4	15,8/1,4
Всего	128,92*/3,004**	169,35*/1,953**	149,14*/2,479**

Примечание. Здесь и в табл. 4.5, 4.6 в числителе N, в знаменателе B. * тыс. экз/м³; ** г/м³; остальное – доля групп в общей численности или общей биомассе зоопланктона, %.

Таблица 4.5 Средние за период наблюдений (вторая половина лета и осень) численность и биомасса зоопланктона оз. Песчаное, 2003 г.

Группа	Литораль	Пелагиаль	В целом для озера
Cladocera	54,3/94,9	48,9/81,2	50,6/87,5
Copepoda	41,1/4,8	37,3/18,4	38,5/12,1
Rotatoria	4,6/0,3	13,8/0,4	10,9/0,4
Всего	48,58*/2,565**	107,12*/2,964**	77,86*/2,765**

Таблица 4.6 Средние за вторую половина лета и осень численность и биомасса зоопланктона оз. Песчаное, 2004 г.

Группа	Литораль	Пелагиаль	В целом для озера
Cladocera Copepoda Rotatoria	42,4/89,8 41,7/9,4 15,9/0,8	69,2/82,7 27,0/15,4 3,8/1,9	56,9/86,8 33,7/11,9 9,4/1,3
Всего	152,14*/3,949**	180,24*/2,867**	166,26*/3,398**

Таблица 4.7 Средняя масса (мг) особей зоопланктона оз. Песчаное в разные годы

Год	Cladocera	Copepoda	Rotatoria	Зоопланктон в целом
2003	0,061	0,011	0,001	0,036
2004*	0,031	0,007	0,003	0,020
2004**	0,035	0,005	0,001	0,016

^{*} Среднее за вторую половину лета и осень. ** Среднесезонные данные.

Таблица 4.8 Индекс доминирования (I_d) , встречаемость (P) и биомасса $(B, r/m^3)$ видов, входящих в комплекс доминантов зоопланктонного сообщества оз. Песчаное, 2003 г.

3 98	0.74	
2,70	0,73	0,822
3,25	0,70	0,597
2,98	0,63	0,616
2,51	0,90	0,219
2,35	0,87	0,204
1,87	1,00	0,100
1,63	0,90	0,087
1,40	1,00	0,059
	2,98 2,51 2,35 1,87 1,63	3,25 0,70 2,98 0,63 2,51 0,90 2,35 0,87 1,87 1,00 1,63 0,90

Таблица 4.9 Индекс доминирования (I_d) , встречаемость (P) и биомасса $(B, r/m^3)$ видов, входящих в комплекс доминантов зоопланктонного сообщества оз. Песчаное, 2004 г.

Вид	I _d	P	В
Ceriodaphnia quadrangula	5,05	0,98	0,523
Polyphemus pediculus	4,30	0,60	1,289
Молодь Cyclopoida	1,66	0,80	0,107
Chydorus sphaericus	1,65	0,97	0,073
Eudiaptomus graciloides	1,62	0,70	0,133
Diaphanosoma bráchyurum	1,30	0,53	0,146

В оз. Песчаное сравнительно большое количество организмов можно отнести к доминантным (структурообразующим), т. е. к тем видам, которые не только часто встречаются, но и создают значительную долю общей биомассы зоопланктонного сообщества. Рассчитанные индексы доминирования (I_d) в комплекс доминантов зоопланктонного сообщества, развивающегося в 2003 г., позволили отнести только ракообразных, а именно шесть видов Cladocera, один вид Calanoida и молодь Cyclopoida (в основном молодь M. leukarti и T. oithonoides) (табл. 4.8). В 2004 г. доминантов стало меньше (табл. 4.9). В этот комплекс из доминантов прошлого года не вошли H. gibberum и D. galeata. Оба вида предпочитают открытые пространства в водоемах и относятся к «крупным» видам. Снижение численности данных

видов привело в основном к уменьшению средней массы особей зоопланктонного сообщества озера. Остальные виды в комплексе доминантов остались те же, что были в прошлом году. На долю таких комплексов приходилось 96 % общей биомассы всего зоопланктона в 2003 г. и 92 % – в 2004 г.

Распределение зоопланктона по акватории озера

Как мы отмечали, плотность зоопланктонных организмов не однозначна в двух основных зонах оз. Песчаное — литорали и пелагиали. Кроме того, изыскания 2003 г. показали, что, как и в большинстве водоемов, зоопланктон в литорали озера распределяется более мозаично, нежели в пелагиали (табл. 4.10, 4.11), что определено наличием разнообразных биотопов в прибрежье. Основные из них следующие:

- мало заросшее макрофитами (небольшие островки рдеста) с дном, богатым непереработанными остатками водной и наземной растительности, не освещаемое солнцем средней пологости прибрежье южная сторона озера (станция 1 в 2004 г. и 1 и 2 в 2003 г.);
- с зарослями макрофитов с преобладанием кувшинки чистобелой, кубышки малой, хары, непологое (глубина у кромки от 1,5 до 2 м) прибрежье – западная сторона озера (станция 2 «у болота» в 2004 г. и 3 и 4 в 2003 г.);
- лишенное макрофитов с небогатыми донными отложениями, часто освещаемое солнцем средней пологости прибрежье северная часть озера (станция 3 в 2004 г. и 9 в 2003 г.);
- заросшее макрофитами с преобладанием тростника обыкновенного пологое прибрежье северо-восточная сторона озера (станция 5 в 2004 г. и 8 в 2003 г.);
- лишенное макрофитов пологое прибрежье с песчаным дном юго-восточная часть озера (станция 6 в 2004 г. и 10 в 2003 г., городской пляж).

Приуроченность к определенным из них характерна для многих зоопланктонных видов организмов в озере. Например, в 2003 г. рачок *P. pediculus* у водозабора в зарослях тростника обыкновенного имел численность 7,25 тыс. экз/м³, биомассу 1,378 г/м³, в то время как на соседней станции 10 (городской пляж) — всего 2,00 тыс. экз/м³ и 0,58 г/м³. Известно, что этот вид существует только стаями, которые ищут места в водоеме с гиперконцентрацией пищи (Буторина, 1969, 1990; и др.).

Таблица 4.10 Распределение плотности зоопланктона в пелагиали оз. Песчаное, 2003 г.

Пиотиости		Станция	
Плотность	5	6	7
N, тыс. экз/м ³ В, г/м ³	134,3 3,577	87,02 2,397	100,1 2,917

Таблица 4.11 Распределение численности и биомассы зоопланктона в прибрежье оз. Песчаное. 2003 г.

Плотность	Станция						
Плотность	1	2	3	4	8	9	10
N, тыс. экз/м ³ В, г/м ³	21,09 2,449	29,40 2,071	34,17 0,830	70,92 5,223	57,19 2,614	52,02 1,834	76,23 2,931

Таблица 4.12 Распределение численности и биомассы зоопланктона в прибрежье оз. Песчаное, 2004 г.

Плотность	Станция				
Плотность	1	2	3	5	7
N, тыс. экз/м³ ∕ В, г/м³	72,38 3,169	309,13 2,436	108,37 2,077	62,55 5,468	92,18 1,876

Разница численности и биомассы зоопланктеров на разных гидробиологических станциях оз. Песчаное значительна – в 2003 г. в 3,6 и 3,5 раза; в 2004 г. – 4,9 и 2,9 раза соответственно. Высокую биомассу на станции 4 в 2003 г. определяло развитие в большом количестве рачка *Н. gibberum*, а на станции 5 в 2004 г. – *Р. pediculus*. Оба рачка относятся к «крупным» представителям зоопланктона, но первый – типичный обитатель открытых пространств, а второй предпочитает зарослевые участки. Биомасса *Н. gibberum* в 2003 г. была больше (0,822 г/м³), чем в 2004 г. (0,013). Биомасса *Р. pediculus*, наоборот, увеличилась с 0,597 г/м³ в 2003 г. до 1,289 в 2004 г. Как видно из табл. 4.11 и 4.12 и описания прибрежных биотопов озера, проявляется следующая тен-

денция в распределении биомассы зоопланктона в этой зоне — она больше там, где выше зарастаемость макрофитами. Серьезная разница в количестве зоопланктеров на разных участках озера в 2004 г. во многом обусловлена вспышкой численности мелкой колониальной коловратки *С. unicornis* на станции 2 в августе (314,00 тыс. экз/м³). На остальных станциях в оба года исследований этот вид встречался довольно редко и в небольших количествах.

Сезонная динамика количественного развития зоопланктона

После распаления льда зоопланктон начинает развиваться в оз. Песчаное очень быстро (рис. 4.1). Уже в середине мая, когда вода в озере прогрелась до 13...13,5 °C, зоопланктонные организмы были обнаружены на всех станциях озера. Численность была значительная, особенно в литорали (рис. 4.2, 4.3). Наиболее многочисленны по всему водоему были коловратки, среди которых в литорали преобладали K. quadrata (табл. 4.13), в пелагиали – K. quadrata и \hat{K} . longispina (табл. 4.14). В группу структурообразующих видов входили также рачки M. leuckarti и T. oithonoides, представленные как половозрелыми особями, так и молодью разных стадий развития (см. табл. 4.13, 4.14). Поскольку в это время в зоопланктоне обеих зон доминировали мелкие формы, биомасса зоопланктонного сообщества была низкой – не более 0,3 г/м³. Максимум численности и биомассы зоопланктон достигал на станциях 2 (у болота) и 4 (центр озера), отличающихся наибольшей глубиной.

Через месяц, в середине июня, вода прогрелась до 20 °C. Плотность зоопланктона озера возросла (см. рис. 4.1). Особенно значителен прирост численности зоопланктеров был в пелагической зоне за счет развития молоди Cyclopoida (*M. leuckarti* и *T. oithonoides*), а биомассы – в прибрежье за счет крупного рачка *P. pediculus*. Состав комплекса структурообразующих видов в зоопланктоне озера на протяжении первых 2–2,5 месяцев после ледохода менялся мало. В середине июля (температура воды 23 °C) наблюдали увеличение как численности, так и биомассы зоопланктона в литорали. В пелагиали биомасса тоже повысилась, но численность снизилась. В это время в зоопланктоне водоема отмечены серьезные структурные перестройки. При сохранившейся высокой численности молоди циклопид в пелагиа-

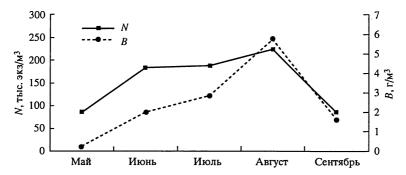


Рис. 4.1. Сезонная динамика плотности зоопланктонного сообщества оз. Песчаное, 2004 г.

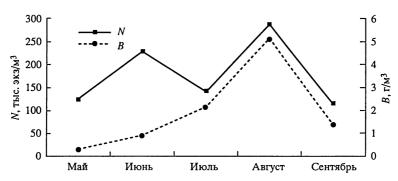


Рис. 4.2. Сезонная динамика плотности пелагического зоопланктона оз. Песчаное, 2004 г.

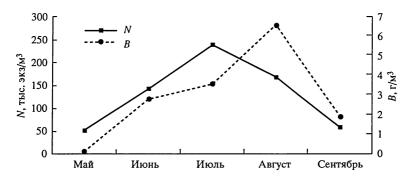


Рис. 4.3. Сезонная динамика плотности литорального зоопланктона оз. Песчаное, 2004 г.

Таблица 4.13 Сезонная динамика преобладающих видов в литоральном зоопланктоне оз. Песчаное, 2004 г.

Месяц	Название организма	Доля от общей числен- ности, %	Название организма	Доля от общей биомассы, %
Май	Keratella quadrata Cyclopoida, juv.	43,3 20,8	Holopedium gibberum Cyclopoida, juv. Eudiaptomus graciloides	28,7 26,7 16,2
Июнь	Cyclopoida, juv Kellicottia longispina	71,6 16,8	Polyphemus pediculus	93,6
Июль	Cyclopoida, juv Ceriodaphnia quadrangula	49,8 22,1	Ceriodaphnia quadrangula Polyphemus pediculus	44,6 28,0
Август	Conochilus unicornis	38,2	Polyphemus pediculus	81,0
Сентябрь	Ceriodaphnia quadrangula Cyclopoida, juv	58,0 20,3	Polyphemus pediculus Ceriodaphnia quadrangula	62,0 21,0

Таблица 4.14 Сезонная динамика преобладающих видов в пелагическом зоопланктоне оз. Песчаное, 2004 г.

Месяц	Название организма	Доля от общей численности, %	Название организма	Доля от общей биомассы, %
Май	Cyclopoida, juv Keratella quadrata Kellicottia longispina	34,5 20,0 18,5	Cyclopoida, juv Holopedium gibberum	42,7 30,9
Июнь	Cyclopoida, juv Kellicottia longispina	67,5 16,8	Cyclopoida, juv	33,8
Июль	Cyclopoida, juv	24,8	Ceriodaphnia quadrangula Eudiaptomus gaciloides	42,5 23,0
Август	Ceriodaphnia quadrangula Cyclopoida, juv Chydorus sphaericus	41,8 25,1 18,5	Ceriodaphnia quadrangula Diaphanosoma brachyurum	59,2 16,0
Сентябрь	Ceriodaphnia quadrangula	77,7	Ceriodahpnia quadrangula	76,0

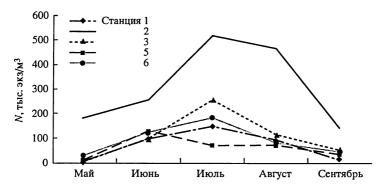


Рис. 4.4. Сезонная динамика численности зоопланктона на отдельных станциях литорали оз. Песчаное, 2004 г.

ли в сравнительно большом количестве находим веслоного рачка E. graciloides (преобладает молодь), который создает почти четвертую часть всей продуцируемой биомассы в этой зоне. В литорали оставалась многочисленной молодь циклопид. В то же время некрупный, но быстро развивающийся партеногенетическим способом, ветвистоусый рачок С. quadrangula стремительно наращивает численность на большинстве станций и создает основу биомассы зоопланктона данной зоны. В этот период для зоопланктона литоральной зоны отмечаем пик численности (236,39 тыс. экз/м³). Причем максимальную за сезон численность зоопланктеров констатировали на всем прибрежье, кроме станции 5, где она составляла всего 72,20 тыс. экз/м3. Численность зоопланктеров, зафиксированная на станции 2 (западное прибрежье у болота) и равная 515,41 тыс. экз/м³, была наибольшей за весь период наших наблюдений на озере, основу ее создавали молодь циклопид (73,7 %) и *C. quadrangula* (19 %) (рис. 4.4). Максимальная биомасса в этот летний месяц (5,712 г/м³) создавалась зоопланктоном на станции 6 за счет развития C. quadrangula (рис. 4.5).

На остальных прибрежных станциях пик биомассы зоопланктеров наступил позднее, в середине августа, когда вода охладилась до 14,5...14,8 °C, причем значения были самые большие из всех зарегистрированных за сезон (на станции 5-14,031 г/м³, 1-10,445 г/м³, доминировал P. pediculus) (см. рис. 4.5). На всех литоральных станциях этой зоны численность зоопланктона снизилась, но он все еще оставался многочисленным (см. рис. 4.5). Вы-

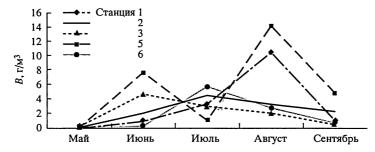


Рис. 4.5. Сезонная динамика биомассы зоопланктона на отдельных станциях литорали оз. Песчаное, 2004 г.

сокую численность литорального зоопланктона определяла колониальная мелкая коловратка C. unicornis, которая на станции 2 развилась в значительном количестве (314,0 тыс. экз/м³).

Пелагический зоопланктон в августе имел максимальные за сезон численность (287,08 тыс. экз/м 3) и биомассу (5,067 г/м 3) (см. рис. 4.2, 4.3). Наибольшая численность зоопланктонных организмов в пелагиали была выше таковой в литорали, а биомассы находились в обратной зависимости, т. е. пелагический зоопланктон в это время был «мельче» литорального. Индивидуальная масса пелагического зоопланктера равнялась 0,018 мг, литорального – 0,040 мг. В середине сентября (температура воды 10...12 °C) мы встретили в озере зоопланктонное сообщество, заметно обедненное по количественным показателям. Все группы зоопланктонных животных на всей акватории снизили численность и биомассу. Тогда же в прибрежье наиболее многочисленный зоопланктон был на станции 2 (136,39 тыс. экз/м³, 80,7 % - доля C. quadrangula в общем количестве зоопланктеров) (см. рис. 4.4). Максимальную биомассу имел зоопланктон на станции 5 (4,620 г/м³, 39,0 % – доля P. pediculus и 24,9 % – молоди Cyclopoida) (см. табл. 4.5). На центральном участке водоема рачок C. quadrangula оставался самым многочисленным зоопланктером (89,00 тыс. экз/м³), создавая значительную биомассу (до 1,068 г/м³). Его доля в общей численности и биомассе этой зоны была очень высока - 77,7 и 76,0 % соответственно (см. табл. 4.14).

Сезонная динамика плотности групп зоопланктона оз. Песчаное различается. Для большинства видов ветвистоусых рачков и в целом для этой группы характерно медленное нарастание

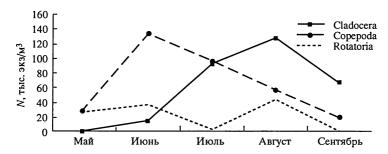


Рис. 4.6. Сезонная динамика численности таксономических групп зоопланктона оз. Песчаное, 2004 г.

численности и биомассы от весны ко второй половине лета и снижение к осени (рис. 4.6, 4.7). Такой характер сезонной динамики свойствен многим видам ветвистоусых рачков и в других водоемах Среднего Урала (Козлова, 1964, 1973; Пашкевич, 1984). Кривые, описывающие сезонное изменение численности и биомассы группы веслоногих рачков, имеют одновершинный характер, но пики наступают раньше (максимальная численность — в июне, биомасса — в июле) (см. рис. 4.6, 4.7). Раннее увеличение численности этой группы обеспечила молодь *М. leuckarti* и *Т. oithonoides* (виды, имеющие в большинстве водоемов средней полосы двувершинный характер сезонной динамики с пиками весной и осенью во время появления большого количества молоди), а пик биомассы в июле — рачок *Е. graciloides* (представитель Calanoida) за счет развития летней генерации. Сезонная динами-

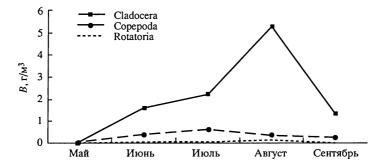


Рис. 4.7. Сезонная динамика биомассы таксономических групп зоопланктона оз. Песчаное, 2004 г.

ка численности группы коловраток имеет двухвершинный характер (см. рис. 4.6), биомассы — одновершинный (см. рис. 4.7), что определено сменой видового состава — весной довольно многочисленны мелкие формы (K. quadrata и K. longispina), во второй половине лета появились, хотя и в небольшом количестве, «крупные» виды В. hudsoni, А. priodonta, Т. cylindrica, представители рода Euchlanis.

Таким образом, сезонная динамика зоопланктона оз. Песчаное довольно проста. Кривые, описывающие изменение численности и биомассы зоопланктонного сообщества водоема с мая по сентябрь 2004 г., имеют одновершинный характер. Пик численности зоопланктонного сообщества озера наступил во второй половине лета — в августе. В это же время отмечена наибольшая его биомасса. Отношения $N_{\rm max}/N_{\rm среднесезонная}$ и $B_{\rm max}/B_{\rm среднесезонная}$ невелики — 1,5 и 2,3 соответственно (225,79:149,14 тыс. экз/м³; 5,794:2,479 г/м³). Одновершинный характер сезонной динамики количественного развития зоопланктона озера определяют рачки, прежде всего ветвистоусые.

Качество воды и трофический статус оз. Песчаное по показателям зоопланктона

Из представленного списка видов зоопланктонных организмов, отмеченных нами в оз. Песчаное (см. табл. 4.1), 38 видов (54 %) относятся к видам-индикаторам сапробности, что позволило нам дать оценку сапробности вод этого водоема (табл. 4.15). Виды по зонам сапробности распределены следующим образом: ксеносапробная (в том числе χ , χ -0) – 3 %; олигосапробная (в том числе о, 0- β) – 81; бетамезосапробная (в том числе β -0, β , β - α) – 16 %. Как видно, большая часть видов характерна для ксено- и олигосапробной зон, т. е. свойственна чистым водам. Индекс сапробности воды, рассчитанный по Пантле–Букку, для 2003 г. был равен 1,27 и несколько выше для 2004 г. – 1, 35, что соответствует α -олигосапробной зоне. Качество воды оз. Песчаное при таких величинах индекса отвечает II классу (чистая), подклассу IIб (вполне чистая) (Унифицированные методы..., 1977; Оксиюк и др., 1993).

В зоопланктонном сообществе оз. Песчаное встречены виды-индикаторы озер крайних трофических типов (олиготрофных и эвтрофных) и водоемов с экстремальными экологическими условиями (Андроникова, 1996). Однако их список очень ко-

Таблица 4.15 Зоопланктонные виды-индикаторы органического загрязнения, обнаруженные в оз. Песчаное

Mocth, s 2003 r. 2004 r. 2003 r. 2004 r.	P	Индикатор-	Балл встре	чаемости, h	h	·s
Alona quadrangularis	Вид	ная значи- мость, s	2003 г.	2004 г.	2003 г.	2004 г.
Alona quadrangularis	Acroperus harpae	1,4	9	7	12,6	9,8
A. reciangula 1,3 2 2 2,6 2,6 Biapertura affinis 1,1 1 1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1	Alona quadrangularis	1,4	5	5	5	
Biapertura affinis				2	2,6	
Ceriodaphnia quadrangula 1,15 9 9 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10,35 10	Biapertura affinis		1			
Chydorus sphaericus			9	9		10,35
Diaphanosoma brachyurum			9	9		
Eurycercus lamellatus			9	9		
Graptoleberis testudinaria		1,2	3	2	3,6	
Holopedium gibberum	l •		5	5	,	
Leptodora kindtii	Holopedium gibberum		9	7		
Peracantha truncata			3			
Pleuroxus trigonellus			7	7		
Polyphemus pediculus			_	2	_	
Pseudchydorus globosus			9	9	11.7	
Scapholeberis mucronata 2,0 7 7 14 14 14 Sida crystalline 1,3 7 9 9,1 11,7 Simocephalus vetulus 1,5 5 2 7,5 3 Eucyclops serrulatus 1,85 1 1 1,85 1,85 Mesocyclops leuckarti 1,25 9 9 1,85 11,25 Paracyclops fimbriatus 1,25 1 - 1,25 - Thermocyclops oithonoides 1,3 7 7 9,1 9,1 Eudiaptomus graciloides 1,6 9 9 14,4 14,4 Anuraeopsis fissa fissa 1,2 1 1 1,2 1,2 1,2 Asplanchna priodonta 1,55 9 7 13,95 10,85 Bipalpus hudsoni 1,0 7 7 7 7 7 7 7 7 7			_	2	_	
Sida crystalline 1,3 7 9 9,1 11,7 Simocephalus vetulus 1,5 5 2 7,5 3 Eucyclops serrulatus 1,85 1 1 1,85 1,85 Mesocyclops leuckarti 1,25 9 9 1,85 11,25 Paracyclops fimbriatus 1,25 1 - 1,25 - Thermocyclops oithonoides 1,3 7 7 9,1 9,1 Eudiaptomus graciloides 1,6 9 9 14,4 14,4 Anuraeopsis fissa fissa 1,2 1 1 1,2 1,2 Asplanchna priodonta 1,55 9 7 13,95 10,85 Bipalpus hudsoni 1,0 7 7 7 7 Conochilus unicornis 1,3 5 5 6,5 6,5 Euchlanis dilatata lucksiana 1,3 3 3 3,3 3,3 E. triquetra 1,2 5 7 6,0			7	7	14	
Simocephalus vetulus 1,5 5 2 7,5 3 Eucyclops serrulatus 1,85 1 1 1,85 1,85 Mesocyclops leuckarti 1,25 9 9 1,85 11,25 Paracyclops fimbriatus 1,25 1 - 1,25 - Thermocyclops oithonoides 1,3 7 7 9,1 9,1 Eudiaptomus graciloides 1,6 9 9 14,4 14,4 Anuraeopsis fissa fissa 1,2 1 1 1,2 1,2 Asplanchna priodonta 1,55 9 7 13,95 10,85 Bipalpus hudsoni 1,0 7 7 7 7 Conochilus unicornis 1,3 5 5 6,5 6,5 Euchlanis dilatata lucksiana 1,3 3 3 3,3 3,3 E. triquetra 1,5 3 3 4,5 4,5 E. triquetra 1,2 5 7 7 8						
Eucyclops serrulatus 1,85 1 1 1,85 1,85 Mesocyclops leuckarti 1,25 9 9 1,85 11,25 Paracyclops fimbriatus 1,25 1 - 1,25 - Thermocyclops oithonoides 1,3 7 7 9,1 9,1 Eudiaptomus graciloides 1,6 9 9 14,4 14,4 Anuraeopsis fissa fissa 1,2 1 1 1,2 1,2 Asplanchna priodonta 1,55 9 7 13,95 10,85 Bipalpus hudsoni 1,0 7 7 7 7 Conochilus unicornis 1,3 5 5 6,5 6,5 Euchlanis dilatata lucksiana 1,3 3 3 3,3 3,3 E. triquetra 1,5 3 3 4,5 4,5 E. triquetra 1,2 5 7 6,0 8,4 Kellicottia longispina longispina longispina longispina quadriata quadrata quadrata quadrata quadrata quadrata quad			5	2		
Mesocyclops leuckarti 1,25 9 9 1,85 11,25 Paracyclops fimbriatus 1,25 1 - 1,25 - Thermocyclops oithonoides 1,3 7 7 9,1 9,1 Eudiaptomus graciloides 1,6 9 9 14,4 14,4 Anuraeopsis fissa fissa 1,2 1 1 1,2 1,2 Asplanchna priodonta 1,55 9 7 13,95 10,85 Bipalpus hudsoni 1,0 7 7 7 7 Conochilus unicornis 1,3 5 5 6,5 6,5 Euchlanis dilatata lucksiana 1,3 3 3 3,3 3,3 E. deflexa deflexa 1,5 3 3 4,5 4,5 E. triquetra 1,2 5 7 6,0 8,4 Kellicottia longispina longispina 1,25 7 7 8,75 8,75 Keratella cochlearis 1,55 - 5 <t< td=""><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></t<>	1					
Paracyclops fimbriatus 1,25 1 - 1,25 - Thermocyclops oithonoides 1,3 7 7 9,1 9,1 Eudiaptomus graciloides 1,6 9 9 14,4 14,4 Anuraeopsis fissa fissa 1,2 1 1 1,2 1,2 Asplanchna priodonta 1,55 9 7 13,95 10,85 Bipalpus hudsoni 1,0 7 7 7 7 Conochilus unicornis 1,3 5 5 6,5 6,5 Euchlanis dilatata lucksiana 1,3 3 3 3,3 3,3 E. deflexa deflexa 1,5 3 3 4,5 4,5 E. triquetra 1,2 5 7 6,0 8,4 Kellicottia longispina longispina 1,25 7 7 10,85 10,85 K. quadrata quadrata 1,55 - 5 - 7,75 Platyias quadricornis quadricornis quadricornis 1,8 -				:		
Thermocyclops oithonoides 1,3 7 7 9,1 9,1 Eudiaptomus graciloides 1,6 9 9 14,4 14,4 Anuraeopsis fissa fissa 1,2 1 1 1,2 1,2 Asplanchna priodonta 1,55 9 7 13,95 10,85 Bipalpus hudsoni 1,0 7 7 7 7 Conochilus unicornis 1,3 5 5 6,5 6,5 Euchlanis dilatata lucksiana 1,3 3 3 3,3 3,3 E. deflexa deflexa 1,5 3 3 4,5 4,5 E. triquetra 1,2 5 7 6,0 8,4 Kellicottia longispina longispina 1,25 7 7 10,85 10,85 Ke quadrata quadrata 1,55 - 5 - 7,75 7 Platyias quadricornis quadricornis quadricornis 1,8 - 1 - 1,8 Polyarthra euryptera 1,2 <t< td=""><td></td><td></td><td></td><td>_</td><td></td><td></td></t<>				_		
Eudiaptomus graciloides 1,6 9 9 14,4 14,4 Anuraeopsis fissa fissa 1,2 1 1 1,2 1,2 Asplanchna priodonta 1,55 9 7 13,95 10,85 Bipalpus hudsoni 1,0 7 7 7 7 Conochilus unicornis 1,3 5 5 6,5 6,5 Euchlanis dilatata lucksiana 1,3 3 3 3,3 3,3 E. deflexa deflexa 1,5 3 3 4,5 4,5 E. triquetra 1,2 5 7 6,0 8,4 Kellicottia longispina longispina 1,25 7 7 8,75 8,75 Keratella cochlearis 1,55 7 7 10,85 10,85 K. quadrata quadrata 1,55 - 5 - 7,75 Platyias quadricornis quadricornis quadricornis 1,8 - 1 - 1,8 Polyarthra euryptera 1,2 5				7	,	9 1
Anuraeopsis fissa fissa 1,2 1 1 1,2 1,2 Asplanchna priodonta 1,55 9 7 13,95 10,85 Bipalpus hudsoni 1,0 7 7 7 7 Conochilus unicornis 1,3 5 5 6,5 6,5 Euchlanis dilatata lucksiana 1,3 3 3 3,3 3,3 E. deflexa deflexa 1,5 3 3 4,5 4,5 E. triquetra 1,2 5 7 6,0 8,4 Kellicottia longispina longi						
Asplanchna priodonta 1,55 9 7 13,95 10,85 Bipalpus hudsoni 1,0 7 7 7 7 Conochilus unicornis 1,3 5 5 6,5 6,5 Euchlanis dilatata lucksiana 1,3 3 3 3,3 3,3 E. deflexa deflexa 1,5 3 3 4,5 4,5 E. triquetra 1,2 5 7 6,0 8,4 Kellicottia longispina l					,	,
Bipalpus hudsoni 1,0 7 7 7 7 Conochilus unicornis 1,3 5 5 6,5 6,5 Euchlanis dilatata lucksiana 1,3 3 3 3,3 3,3 E. deflexa deflexa 1,5 3 3 4,5 4,5 E. triquetra 1,2 5 7 6,0 8,4 Kellicottia longispina					,	
Conochilus unicornis 1,3 5 5 6,5 6,5 Euchlanis dilatata lucksiana 1,3 3 3 3,3 3,3 E. deflexa deflexa 1,5 3 3 4,5 4,5 E. triquetra 1,2 5 7 6,0 8,4 Kellicottia longispina longis			7			
Euchlanis dilatata lucksiana 1,3 3 3,3 3,3 E. deflexa deflexa 1,5 3 3 4,5 4,5 E. triquetra 1,2 5 7 6,0 8,4 Kellicottia longispina			5	, <u>,</u>		
E. deflexa deflexa			3	3		
E. triquetra			3	3		
Keratella cochlearis 1,55 7 7 10,85 10,85 K. quadrata quadrata 1,55 - 5 - 7,75 Platyias quadricornis quadricornis 1,8 - 1 - 1,8 Polyarthra euryptera 1,2 5 7 6 8,4 Trichocerca cylindrica 1,0 9 7 9 7 Trichotria pocillum 1,1 1 - 1,1 -	•		5	7		,
Keratella cochlearis 1,55 7 7 10,85 10,85 K. quadrata quadrata 1,55 - 5 - 7,75 Platyias quadricornis quadricornis 1,8 - 1 - 1,8 Polyarthra euryptera 1,2 5 7 6 8,4 Trichocerca cylindrica 1,0 9 7 9 7 Trichotria pocillum 1,1 1 - 1,1 -			7			
K. quadrata quadrata						
Platyias quadricornis quadricornis quadricornis 1,8 - 1 - 1,8 Polyarthra euryptera 1,2 5 7 6 8,4 Trichocerca cylindrica 1,0 9 7 9 7 Trichotria pocillum 1,1 1 - 1,1 -				5	-	
cornis 1,8 - 1 - 1,8 Polyarthra euryptera 1,2 5 7 6 8,4 Trichocerca cylindrica 1,0 9 7 9 7 Trichotria pocillum 1,1 1 - 1,1 -		1,55	_		-	1,15
Polyarthra euryptera1,25768,4Trichocerca cylindrica1,09797Trichotria pocillum1,11-1,1-		1.8	_	1	_	1.8
Trichocerca cylindrica 1,0 9 7 9 7 Trichotria pocillum 1,1 1 - 1,1 -			5		6	
<i>Trichotria pocillum</i> 1,1 1 - 1,1 -	, ,,					
						<u>.</u>
T. truncata truncata 1,2 - 2 - 3,6			-	2		3.6

роткий: Ch. sphaericus, K. quadrata, F. longiseta, C. kolensis (эвтрофные водоемы), H. gibberum (ацидные олиготрофные водоемы), Alonella excisa, Paracyclops fimbriatus (ацидные водоемы). Из указанных видов только рачки H. gibberum и Ch. sphaericus имели сравнительно заметное место в создании общей численности или биомассы зоопланктона озера. Видов-индикаторов полигумозных водоемов мы не обнаружили.

Представленные нами данные о структурной организации (таксономической, размерной, сезонной, пространственной) зоопланктонного сообщества оз. Песчаное говорят о том, что в водоеме не существует экстремальных условий для его существования. По «шкале трофности» (Китаев, 1984) оно относится к мезотрофным водоемам. Следует заметить, что в 2004 г. по сравнению с 2003 трофность озерной экосистемы несколько увеличилась, что видно по следующим признакам:

- повысился индекс сапробности воды, рассчитанный по зоопланктону с 1,27 до 1,36;
- уменьшилась средняя масса особи зоопланктона с 0,036 до 0,020 мг;
 - увеличилось отношение $N_{\text{Clad}}/N_{\text{Cop}}$ с 1,3 до 1,69;
 - уменьшилось отношение $B_{\text{Crus}}/B_{\text{Rot}}$ с 249 до 76;
- снизилось число доминирующих видов в зоопланктонном сообществе с 8 до 6 видов;
- уменьшилась доля Сорероda среди таксономических групп по численности с 38,5 до 33,7 %, по биомассе с 12,1 до 11,9 %.

Согласно существующей классификации (Пидгайко и др., 1968), по данным качественного и количественного развития зоопланктона оз. Песчаное можно отнести к среднекормным для планктофагов (рыб, потребляющих зоопланктон).

5. ЗООБЕНТОС ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ

Донные беспозвоночные животные являются неотъемлемой частью биоценозов пресных водоемов. Они играют важную роль в процессах трансформации веществ и энергии как внутри водных экосистем, так и между ними и наземными экосистемами, участвуют в создании качественного и количественного разнообразия водной биоты. Организмы зообентоса — важный компонент в питании рыб.

Видовой состав и количественные характеристики зообентоса служат хорошими, а в ряде случаев единственными, гидробиологическими показателями загрязнения грунта и придонного слоя воды и широко применяются в разных системах биоиндикации и гидробиологического мониторинга за состоянием водных экосистем (Баканов, 2000).

Большое практическое значение озер (рыбохозяйственное, рекреационное и т. д.) заставляет обратить особое внимание на проблему их охраны, в решении которой необходимым этапом является получение информации о естественном состоянии водной биоты, в том числе сообществ донных беспозвоночных животных. Цель наших исследований – определить качественные и количественные характеристики донной фауны оз. Песчаное, дать предварительную оценку современного состояния макрозообентоса на разных участках водоема.

В 2003 г. была проведена рекогносцировочная съемка зообентоса. Поэтому особенности структуры, а также сезонной динамики численности и биомассы донной фауны анализировались на основании данных 2004 г. За два года исследований в составе донной фауны оз. Песчаное определены 104 широко распространенных на территории России вида и таксоны более высокого ранга, относящиеся к пяти типам и девяти классам беспозвоночных животных (табл. 5.1). Обнаружены представители 17 систематических групп. В 2003 г. отмечены 76 видов и форм, в 2004 г. – 83 (см. табл. 5.1). Наибольшего разнообразия достигали водные беспозвоночные животные класса насекомых (67 таксонов), среди которых преобладали личинки амфибиотических насекомых (64,4 % от общего числа видов и форм).

Таблица 5.1 Таксономический состав донных беспозвоночных животных оз. Песчаное

Группа, вид	2003 г.	2004 г.
ТИП COELENTERATA (CNIDARIA) Класс Hydrozoa Отряд Hydrida Семейство Hydridae <i>Hydra</i> sp.	+	+
ТИП NEMATHELMINTHES Класс Nematoda Отряд Dorylaimida Семейство Dorylaimidae Dorylaimus sp. Семейство Crateronematidae Chrysonema holsaticum (Schneider, 1926)	+	+
ТИП ANNELIDES Класс Oligochaeta Отряд Naidomorpha Семейство Naididae		
Chaetogaster diaphanus (Gruithuisen, 1828) Dero dorsalis Ferronière, 1899	+	+
Nais barbata O.F. Müller, 1773	+	+ +
Ophidonais serpentina (O.F. Müller, 1773)	+	+
Pristina longiseta Ehrenberg, 1828	+	T
P. aequiseta Bourne, 1891	+	
Pristinella bilobata (Bretscher, 1903)	+	_
Ripistes parasita (Schmidt, 1847)	+	+
Stylaria lacustris (Linnaeus, 1767) Семейство Tubificidae	+	+
Limnodrilus hoffmeisteri Claparede, 1862	+	+
Peloscolex ferox (Eisen, 1879)	+	+
Tubifex tubifex (O.F. Müller, 1774)	+	<u>,</u>
Отряд Lumbricomorpha		,
Семейство Lumbriculidae		
Stylodrilus heringianus Claparède, 1862	+	+
Класс Hirudinea		•
Отряд Rhynchobdellida		
Семейство Glossiphoniidae		
Glossiphonia heteroclita (Linnè, 1761)	+	_
G. complanata (Linnè, 1758)	-	+
Helobdella stagnalis (Linnè, 1758)	+	+

Продолжение табл. 5.1

Группа, вид	2003 г.	2004 г.
Отряд Arhynchobdellida		
Семейство Erpobdellidae		
Erpobdella nigricollis (Brandes, 1900)	+	_
Erpobdella octoculata (Linnè, 1758)	+	+
ТИП MOLLUSCA Класс Bivalvia		
Отряд Astartida Семейство Pisidiidae		
Euglesa sp.		+
Neopisidium sp.	+	+
,	т	T
Класс Gastropoda		
Отряд Ectobranchia Семейство Valvatidae		
Cincinna sibirica Middendorff, 1851		
Valvata sp.	+ +	+ +
Vatvata sp. Отряд Architaenioglossa	+	+
Сем. Viviparidae		
Contectiana listeri (Forbes et Hanley, 1835)	+	+
Отряд Hygrophila	т —	
Семейство Lymnaeidae		
Lymnaea fragilis (stagnalis) (Linnè, 1758)	+	+
Семейство Bulinidae		'
Planorbarius corneus (Linnè, 1758)	+	+
Семейство Planorbidae		•
Choanomphalus rossmaessleri? (A. Schmidt, 1851)	+	+
Семейство Acroloxidae	·	·
Acroloxis lacustris (Linnè, 1758)	+	+
TUIT ARTHROPODA		
Класс Crustacea		_
Отряд Ostracoda n. det.	_	+
Класс Araneina (Arachnoidea)		
Отряд Acariformes		
Семейство Hydrachnidae	ı	
<i>Hydrachna</i> sp. Семейство Lebertiidae	+	_
<i>Lebertia</i> sp. Семейство Hygrobatidae	_	+
Hygrobates longipalpis (Hermann, 1904)	_	+
11 ygi oodies tongipuipis (Heimain, 1904)	_	

Продолжение табл. 5.1

	<u> </u>	
Группа, вид	2003 r.	2004 г.
Семейство Limnesiidae		
Limnesia connata Koenike, 1895	+	_
Отряд Aranei		
Семейство Agelenidae		
Argyroneta aquatica (Clerck, 1757)	+	+
Класс Insecta		
Отряд Odonata		
Семейство Coenagrionidae juv.	+	+
Семейство Corduliidae		
Cordulia aenea (Linnè, 1758)	+	_
Семейство Aeschnidae		
Aeschna sp.	_	+
Отряд Ephemeroptera		
Семейство Baetidae		
Cloeon simile (Eaton, 1870)	+	+
Семейство Caenidae		
Caenis horaria (Linnè, 1758)	+	+
C. rivulorum Eaton, 1884	_	+
Семейство Leptophlebiidae		
Leptophlebia submarginata (Stephens, 1835)	_	+
Paraleptophlebia cincta (Retzius, 1783)	+	+
Отряд Megaloptera		
Семейство Sialidae		
Sialis sp.	+	+
Отряд Coleoptera		
Семейство Haliplidae		
Haliplus fulvus (Fabricius, 1801)	+	_
Семейство Elmidae		
Limnius sp.	_	+
Отряд Trichoptera		
Семейство Hydroptilidae		
Ithytrichia lamellaris Eaton, 1873	_	+
Семейство Polycentropodidae		
Cyrnus flavidus McLachlan, 1864	+	+
Neuroclepsis bimaculata (Linnaeus, 1758)	_	+
Семейство Phryganeidae		
Agrypnia pagetana Curtis, 1835	+	+
Phryganea grandis Linnaeus, 1758	+	+
Семейство Molannidae		
Molanna angustata Curtis, 1834	+	+
	<u> </u>	

Продолжение табл. 5.1

Группа, вид	2003 г.	2004 г.
Семейство Sericostomatidae		
Notibolia ciliaris Linnaeus, 1761	_	+
Семейство Leptoceridae		
Leptocerus tineiformes Curtis, 1834	+	+
Mystacides niger Linnaeus, 1758	_	+
Setodes punctatus Fabricius, 1793	+	_
Семейство Limnephilidae		
Halesus radiatus (Curtis, 1834)	-	+
Limnephilus flavicornis (Fabricius, 1787)	_	+
L. fuscicornis (Rambur, 1842)	+	+
Отряд Lepidoptera		
Семейство Pyraustidae		
Parapoynx stratiotata Linnaeus, 1758	_	+
Acentria ephemerella Denis et Schiffermüller, 1775	+	+
Отряд Diptera		
Семейство Limoniidae		
Pedicia sp.	_	+
Семейство Heleidae		
Bezzia flavicornis (Staeger, 1839)	+	_
B. rubiginosa (Winnertz, 1852)	+	_
Palpomyia lineata (Meigen, 1804)	+	+
P. rufipes (Meigen, 1818)	+	_
Stilobezzia flavirostris (Winnertz, 1852)	+	+
Семейство Tabanidae		
Chryzops sp.	+	+
Tabanus sp.	_	+
Семейство Chironomidae		
Подсемейство Tanypodinae		
Ablabesmyia gr. monilis Linnè, 1758	+	_
Clinotanypus nervosus (Meigen, 1818)	+	+
Procladius choreus Meigen, 1804	+	+
P. ferrugineus Kieffer, 1919	+	+
Thienemannimyia gr. lentiginosa (Fries, 1823)	_	+
Подсемейство Orthocladiinae		
Corynoneura celeripes Winnertz, 1852	_	+
Orthocladius sp.	+	+
Paratrichocladius sp.	+	_
Psectrocladius obvius (Walker, 1856)	_	+
P. zetterstedti Brundin, 1949	_	+
Thienemanniella gr. acuticornis (Kieffer, 1925)	+	+
` ' '		

Группа, вид	2003 г.	2004 г.
Подсемейство Chironominae		
Триба Chironomini		
Chironomus plumosus (Linnè, 1758)	+	+
Cryptochironomus gr. defectus Kieffer, 1921	+	+
Cryptocladopelma viridula (Fabricius, 1805)	+	+
Demicryptochironomus vulneratus (Zetterstedt, 1860)	+	+
Dicrotendipes nervosus Staeger, 1839	+	+
Dicrotendipes tritomus (Kieffer, 1916	+	_
Einfeldia carbonaria (Meigen, 1818)	+	_
Endochironomus albipennis Meigen, 1830	+	+
Glyptotendipes glaucus (Meigen, 1818)	+	+
Microtendipes pedellus (De Geer, 1776)	+	+
Pagastiella orophila (Edwards, 1929)	+	_
Parachironomus pararostratus Harnisch, 1923	+	_
P. vitiosus (Goetghebuer, 1921)	+	_
Polypedilum bicrenatum Kieffer, 1921	+	+
P. gr. convictum (Walker, 1856)	+	+
P. exectum Kieffer, 1915	+	+
P. scalaenum (Schrank, 1803)	+	_
Pseudochoronomus prasinatus (Staeger, 1839)	+	_
Stictochironomus crassiforceps (Kieffer, 1922)	+	+
Триба Tanytarsini		
Cladotanytarsus gr. mancus (Walker, 1856)	-	+
Micropsectra recurvata Goetghebuer, 1928	_	+
Tanytarsus gr. gregarius Kieffer, 1909	+	+

^{*} Вид не отмечен.

Высокое таксономическое разнообразие установлено в группе хирономид — 33 таксона. Большой вклад в создание качественного обилия гидробионтов вносили олигохеты (14 таксонов), ручейники (13) и моллюски (9).

Литораль

Южная литораль (станция 1). Общий список донной фауны южной литорали оз. Песчаное включает 61 таксон беспозвоночных животных. В 2003 г. отмечены 29 видов и форм, в 2004 г. – 44. Наиболее разнообразно были представлены хирономиды,

Таблица 5.2 Численность и биомасса основных групп зообентоса южной литорали оз. Песчаное, 2004 г.

Группа	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Олигохеты	760/1,376	190/0,388	310/0,888	460/0,842	650/0,936
Пиявки	120/4,876	10/0,042	10/0,430	10/0,060	20/0,420
Моллюски	480/0,796	60/0,286	230/0,324	90/0,680	160/0,652
Ручейники	40/0,888	20/0,308	50/0,274	10/0,040	20/0,070
Хирономиды	520/0,488	130/0,046	1160/0,604	420/0,342	540/0,370
Всего видов	18	18	19	25	20

Примечание. Здесь и в табл. 5.4, 5.6, 5.9, 5.12, 5.14 в числителе N – численность, экз/м²; в знаменателе B – биомасса, r/m^2 .

Таблица 5.3 Комплекс доминирующих видов зообентоценоза южной литорали оз. Песчаное

Вид		2003 г.		Вид		2004 г.	2004 г.	
Вид	I_d	N	В	Бид	I _d N		В	
C. plumosus	2,8	.304	1,381	E. octoculata	4,4	22	1,072	
M. pedellus	1,9	313	0,346	S. heringianus	3,4	174	0,405	
V. sibirica	1,5	72	0,403	L. hoffmeisteri	2,8	194	0,432	
L. hoffmeisteri	1,2	118	0,608	Euglesa sp.	2,8	176	0,291	
T. gr. gregarius	1,2	172	0,091	M. pedellus	2,6	328	0,246	
M. angustata	1,0	47	0,147	P. choreus	1,4	54	0,075	
				M. angustata	1,1	14	0,068	
				T. tubifex	1,0	48	0,036	
				H. stagnalis	1,0	12	0,093	
Всего бентоса		2391	4,330	Всего бентоса	-	1360	3,580	

Примечание. Здесь и в табл. 5.7, 5.10, 5.13 I_d – индекс доминирования; N – численность, экз/м²; B – биомасса, г/м².

олигохеты и личинки ручейников. Видовой состав гидробионтов на данном участке водоема в течение вегетационного сезона изменялся незначительно — от 18 до 25 видов и форм (табл. 5.2).

В течение всего периода наблюдений в составе зообентоса по численности доминировали личинки хирономид и олигохеты. По биомассе, как правило, преобладали олигохеты и пиявки. Значительный вклад в создание общей биомассы гидробионтов

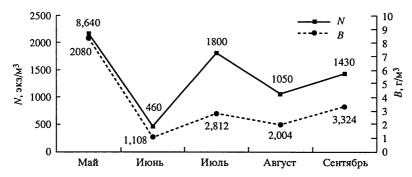


Рис. 5.1. Сезонная динамика численности и биомассы зообентоса южной литорали оз. Песчаное, 2004 г.

вносили моллюски и ручейники (см. табл. 5.2). Плотность гидробионтов изменялась от 250 до 3500 экз/м 2 , биомасса — от 0,37 до 8,79 г/м 2 . Минимум численности и биомассы донной фауны отмечен в июне.

Небольшой спад в развитии зообентоса наблюдался в августе (рис. 5.1). Сезонные изменения количественных показателей развития зообентоса определялись в основном отмиранием взрослых особей и отрождением молоди олигохет и моллюсков, а также вылетом имаго и появлением младшевозрастных групп личинок хирономид (см. табл. 5.2).

В 2004 г. организмы доминирующего комплекса формировали 75,9 % суммарной биомассы гидробионтов (табл. 5.3). В 2003 г. на их долю приходилось 68,7 %. Наряду с видами руководящего комплекса в составе донной фауны часто встречались нематоды *C. holsaticum*, олигохеты *S. lacustris*, поденки *L. submarginata*, мокрецы *Palpomyia* sp., личинки хирономид *M. recurvata* и *C.* gr. *defectus*.

Средние значения плотности и биомассы бентоса за вегетационный сезон 2004 г. составили 1364 экз/м² и 3,580 г/м²; 2003 г. – 1443 экз/м² и 3,384 г/м² соответственно. По численности преобладали олигохеты и личинки хирономид, доля которых в общей плотности беспозвоночных животных в среднем составила 88,6 % в 2003 г. и 75,3 % в 2004. В создании суммарной биомассы гидробионтов в 2004 г. снизилось значение личинок хирономид, возросла роль пиявок и ручейников (рис. 5.2). Состав видов доминирующего комплекса существенно различался в разные годы (см. табл. 5.3). За два года исследований средняя численность донных

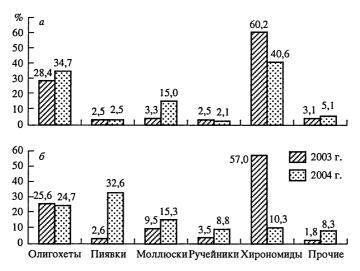


Рис. 5.2. Роль разных групп беспозвоночных животных в зообентосе южной литорали оз. Песчаное: a – численность, %; δ – биомасса, %

беспозвоночных животных составила 1876 экз/м^2 (250–3500). По величине средней (за два года) биомассы, равной $3,955 \text{ г/м}^2$, макрозообентос данного участка озера характеризуется умеренным уровнем развития (Китаев, 1984).

Западная литораль (станция 2). Фауна донных беспозвоночных животных растительных ассоциаций западного побережья оз. Песчаное во время исследований в 2004 г. была представлена 18 таксонами гидробионтов. Наиболее высокая встречаемость (> 50,0 %) отмечена для V. sibirica (моллюски) и M. recurvata (хирономиды). Среди олигохет по численности доминировали представители семейства Naididae (44,4 % общей численности).

Ведущую роль в создании количественных характеристик зообентоса играли хирономиды, олигохеты и моллюски (табл. 5.4). В июне 38,1 % биомассы всего бентоса приходилось на долю ручейников. Сезонная динамика количественных показателей развития зообентоса в 2004 г. характеризовалась одновершинной кривой. Пик численности и биомассы отмечен в июле (рис. 5.3).

Снижение количественных показателей развития донной фауны в июле и августе обусловлено вылетом имаго хирономид и элиминацией моллюсков. В течение вегетационного сезона

Таблица 5.4 Значение ведущих групп донных беспозвоночных животных в зообентосе западной литорали оз. Песчаное, 2004 г.

Группа	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Среднее
Олигохеты	_	120/0,114	250/0,040	50/0,160	100/0,030	104/0,069
Моллюски	50/0,340	_	350/1,430	-	50/0,640	90/0,482
Хирономиды	150/0,340	50/0,024	500/0,180	50/0,010	150/0,070	180/0,125
Всего видов	4	9	9	2	4	18

Таблица 5.5 Численность и биомасса ведущих групп зообентоса западной литорали оз. Песчаное

Группа	2003 г.	2004 г.
Олигохеты	24,7/6,4	24,3/9,1
Моллюски	20,3/26,0	21,0/63,2
Стрекозы	2,6/42,3	_
Ручейники	1,5/11,4	0,5/2,6
Хирономиды	37,4/8,3	42,1/16,4
Средняя численнность, экз/м ²	1103	428
Средняя биомасса, г/м ²	7,642	0,762
Всего видов	41	18

Примечание. Здесь и в табл. 5.8, 5.11 в числителе N – численность, %; в знаменателе B – биомасса. %.

2004 г. плотность гидробионтов в растительных ассоциациях изменялась от 100 до 1250 экз/м 2 , биомасса — от 0,170 до 1,89 г/м 2 . Минимум развития гидробионтов отмечен в июне и августе.

Для данного биотопа характерен высокий уровень доминирования брюхоногих моллюсков V. sibirica (I_d = 4,3), биомасса которых в осенний период составляла 86,5 % от общей биомассы всех беспозвоночных. В состав комплекса руководящих видов входили также хирономиды M. recurvata и поденки C. horaria, индексы доминирования которых составляли 1,2 и 1,0 соответственно. Средние за сезон величины плотности и биомассы гидробионтов были низкими — 428 экз/м² и 0,762 г/м².

В 2003 г. донная фауна западной литорали озера характеризовалась высоким уровнем качественного и количественного развития (табл. 5.5). Биомасса бентоса достигала $84,99 \text{ г/m}^2$, более 80,0% ее приходилось на долю крупных брюхоногих моллю-

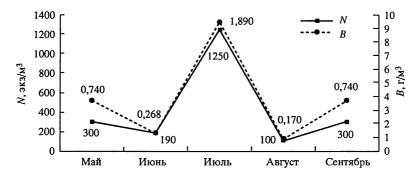


Рис. 5.3. Сезонная динамика численности и биомассы бентоса западной литорали оз. Песчаное. 2004 г.

сков C. listeri и P. corneus. Комплекс доминирующих организмов был представлен 3 видами: V. $sibirica\ (I_d=3,3)$ — моллюски, C. $aenea\ (2,1)$ — стрекозы и C. $plumosus\ (1,7)$ — хирономиды.

Количественные показатели развития зообентоса за два года исследований определяли олигохеты, личинки хирономид и моллюски (см. табл. 5.5). В 2004 г. в составе сообществ донных беспозвоночных животных рассматриваемой зоны озера не отмечены стрекозы, игравшие существенную роль в зообентоценозах в 2003 г. Список видов и форм включал 46 таксонов гидробионтов. Средние величины численности и биомассы бентоса за два года исследований составили 766 экз/м² и 4,202 г/м².

Северная литораль. Заиленные песчано-галечные биотопы с примесью растительных и древесных остатков (станция 3). Зообентос данных биотопов северной литорали озера в 2004 г. был представлен 33 таксонами гидробионтов. Количество видов и форм в течение весенне-летнего периода изменялось незначительно — от16 до 21 (табл. 5.6). В сентябре видовое обилие бентоса снизилось.

В течение всего периода наблюдений в составе зообентоса по численности и биомассе доминировали личинки хирономид и олигохеты — 82,9–96,0 % общей плотности и 66,7–83,0 % общей биомассы гидробионтов соответственно. Развитием этих групп и определялся ход сезонной динамики количественных характеристик зообентоса (рис. 5.4).

Максимальный уровень развития беспозвоночных наблюдался в мае. Осенью (в сентябре) численность донных животных снизилась почти в 6 раз, а биомасса – на порядок.

Таблица 5.6 Изменение биомассы основных групп зообентоса северной литорали оз. Песчаное (станция 3), 2004 г.

Группа	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Среднее
Олигохеты	2160/4,152	380/0,907	440/1,018	420/0,648	150/0,190	710/1,383
Пиявки	60/0,472	20/0,156	_	10/0,048	_	18/0,135
Моллюски	260/0,548	75/0,145	100/0,114	40/0,144	20/0,104	99/0,211
Ручейники	80/0,184	10/0,082	40/0,330	30/0,122	20/0,114	36/0,166
Хирономиды	540/0,744	1520/0,655	3460/1,166	430/0,228	380/0,246	1266/0,608
Всего видов	21	16	18	19	10	33

Таблица 5.7 Комплекс доминирующих видов зообентоса северной литорали оз. Песчаное

Вид		2003 г.		P	2004 г.			
Вид	I _d	N	В	Вид	I _d	N	В	
M. angustata	6,6	72	1,645	L. hoffmeisteri	4,1	354	0,6712	
M. pedellus	4,2	525	0,649	T. tubifex	3,8	210	0,363	
Euglesa sp.	1,1	111	0,107	S. heringianus	3,7	136	0,346	
V. sibirica	1,1	35	0,108	P. exectum	3,0	704	0,227	
				M. angustata	2,2	18	0,122	
				Euglesa sp.	1,8	62	0,088	
				P. choreus	1,6	78	0,182	
				M. pedellus	1,1	262	0,088	
				V. sibirica	1,1	31	0,093	

Таблица 5.8 Численность и биомасса ведущих групп зообентоса заиленных песчано-галечных биотопов западной литорали оз. Песчаное (станции 3, 9)

04 г.
4/53,5
8/5,2
5/8,2
6/6,4
0/23,5
188
584
33
•

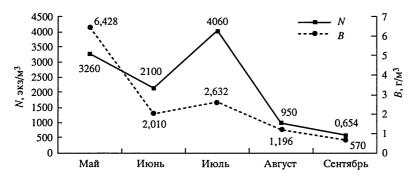


Рис. 5.4. Сезонная динамика численности и биомассы зообентоса оз. Песчаное (станция 3), 2004 г.

На долю видов доминирующего комплекса в 2004 г. приходилось 84,4 % биомассы сообщества. Ядро руководящих видов составляли олигохеты (L. hoffmeisteri, T. tubifex, S. heringianus), личинки хирономид (P. exectum) и ручейников (M. angustata). В 2003 г. 67,4 % биомассы всего бентоса складывалось за счет организмов доминантного комплекса, среди которых наибольшее значение имели ручейники M. angustata и хирономиды M. pedellus (табл. 5.7).

Для данного биотопа в течение двух лет наблюдений был характерен умеренный уровень развития зообентоса. В составе бентоценозов отмечено 43 вида и формы гидробионтов. В 2004 г. в зообентосе снизилось значение моллюсков и ручейников, и возросла роль олигохет. За вегетационный сезон средние величины численности и биомассы донных организмов в разные годы существенно не различались (табл. 5.8).

Песчаные заиленные биотопы с примесью растительных остатков (водозабор, станция 5). Сезонная динамика количественных показателей развития зообентоса в 2004 г. характеризовалась одновершинной кривой. Пик численности отмечен в июле, тогда как пик биомассы был смещен на месяц и наблюдался в августе (рис. 5.5).

Плотность гидробионтов определялась в основном изменением численности олигохет семейств Tuficidae и Lumbficulidae. В создании общей биомассы наряду с олигохетами большое значение имели пиявки и моллюски (табл. 5.9). В мае в составе донных беспозвоночных доминировали ручейники — 66,7 % общей биомассы. Из 36 видов и форм беспозвоночных животных, отмечен-

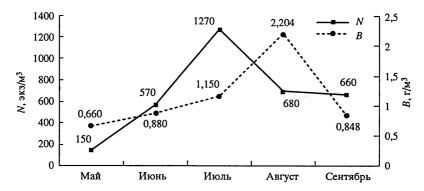


Рис. 5.5. Сезонная динамика численности и биомассы зообентоса в районе водозабора оз. Песчаное, 2004 г.

ных на данном участке водоема в 2004 г., по числу таксонов преобладали личинки хирономид (12) и олигохеты (9), составляющие 65,4 % от общего списка организмов.

Группа руководящих видов была представлена 5 таксонами: L. hoffmeisteri, S. heringianus, T. tubifex — олигохеты, E. octoculata — пиявки, Euglesa sp. — моллюски (табл. 5.10). Они обеспечивали своим развитием 72,5 % суммарной биомассы зообентоса. Наряду с указанными таксонами часто встречались P. ferox (олигохеты), M. pedellus, P. exectum, M. recurvata (хирономиды). В 2003 г. в состав доминирущего комплекса организмов кроме олигохет (L. hoffmeisteri, S. heringianus, T. tubifex) входили моллюски (V. sibirica), личинки слепней (Chryzops sp.), ручейников (M. angustata), хирономид (P. exectum) — их доля в общей биомассе составила 69,0 %.

Общий список гидробионтов, зарегистрированных в северной литорали водоема за два года исследований, включает 46 видов и форм. По числу таксонов превалировали личинки хирономид (17) и олигохеты (12). Численность донной фауны определяли олигохеты и личинки хирономид (табл. 5.11). Большую роль в создании биомассы сообществ донных беспозвоночных животных играли моллюски, пиявки и личинки ручейников. Уровень развития зообентоса в течение двух лет был низким. Средние величины численности и биомассы составили 879 экз/м² и 1,209 г/м².

Восточная литораль (станция 6). Донная фауна чистых и слабо заиленных песков восточного прибрежья озера в 2004 г. была представлена девятью видами беспозвоночных живот-

Таблица 5.9 Значение разных групп беспозвоночных животных в донных сообществах в районе водозабора оз. Песчаное, 2004 г.

Группа	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Среднее
Олигохеты	100/0,220	340/0,788	850/0,774	380/0,566	430/0,542	420/0,578
Пиявки	_	-	50/0,354	120/1,394	-	34/0,350
Моллюски	-	10/0,012	70/0,224	30/0,204	60/0,180	34/0,124
Ручейники	50/0,440	_	10/0,012	_	20/0,048	16/0,100
Хирономиды	-	185/0,067	220/0,062	110/0,024	130/0,046	129/0,040
Всего видов	3	17	18	14	14	36

Таблица 5.10 Доминирующий комплекс беспозвоночных животных оз. Песчаное (водозабор, станция 5)

D		2003 г.		D	2004 г.			
Вид	I _d	N	В	Вид	I _d N		В	
S. heringianus	3,5	102	0,334	L. hoffmeisteri	4,6	195	0,255	
L. hoffmeisteri	2,1	160	0,116	S. heringianus	3,3	81	0,207	
V. sibirica	2,1	35	0,113	T. tubifex	2,1	95	0,084	
Chryzops sp.	2,1	13	0,115	E. octoculata	2,0	28	0,298	
M. angustata	1,8	20	0,177	Euglesa sp.	1,1	22	0,042	
T. tubifex	1,5	134	0,057					
P. exectum	1,5	48	0,027					
Всего бентоса	_	1092	1,195	Всего бентоса	_	666	1,223	

Таблица 5.11 Численность и биомасса ведущих групп зообентоса северной литорали оз. Песчаное

Группа	2003 г.	2004 r.
Олигохеты	55,6/45,3	63,1/47,3
Пиявки	3,2/3,7	5,1/28,7
Моллюски	7,3/12,0	5,1/10,2
Ручейники	1,8/14,8	2,4/8,2
Хирономиды	24,0/13,0	19,4/3,3

Таблица 5.12 Значение (?) разных групп беспозвоночных животных в составе зообентоса восточной литорали оз. Песчаное, 2004 г.

Группа	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Среднее
Олигохеты	60/0,160	45/0,110	50/0,156	40/0,094	90/0,092	57/0,122
Поденки	-	_	-	_	10/0,020	2/0,004
Прочие	20/0,008	25/0,006	20/0,004	10/0,002	30/0,006	21/0,005
Хирономиды	-	40/0,015	_	-	20/0,006	12/0,004
Число видов	2	4	2	3	5	9

Таблица 5.13 Комплексы доминирующих видов зообентоса восточной литорали оз. Песчаное в разные годы

Вид		2003 г.		Dur		2004 г.	
Бид	I _d	N	В	Бид	I _d N		В
L. hoffmeisteri	8,5	220	0,242	L. hoffmeisteri	6,1	32	0,079
D. vulneratus	1,1	10	0,040	S. heringianus	3,4	25	0,044
Всего бентоса	_	295	0,337	Всего бентоса	-	92	0,136

ных. Численность и биомасса зообентоса за период наблюдений изменялись незначительно — от 50 до 150 экз/м 2 и от 0,096 до 0,168 г/м 2 (табл. 5.12). Минимальные значения отмечались в августе.

Количественные характеристики гидробионтов определяли малощетинковые черви. По биомассе в составе зообентоценозов доминировали L. hoffmeisteri и S. heringisnus — 74,2—97,9 % от суммарной биомассы всего бентоса. Средние значения плотности и биомассы донных организмов за вегетационный сезон составили 92 экз/м² и 0,136 г/м² (табл. 5.13).

За два года исследований на слабо заиленных песчаных биотопах восточной литорали оз. Песчаное отмечено 16 видов и форм гидробионтов. В составе сформировавшегося здесь зообентоценоза преобладают малощетинковые черви семейств Tubificidae и Lumbriculidae, доля которых в общей численности и биомассе бентоса в 2003 г. составила 81,4 и 78,9 %; в 2004 г. – 62,0 и 90,4 % соответственно. Абсолютным доминантом являлся L. hoffmeisteri – 58,1 (2004 г.) и 71,8 % (2003 г.) от общей биомассы всего бентоса. Большую роль играли S. heringianus и

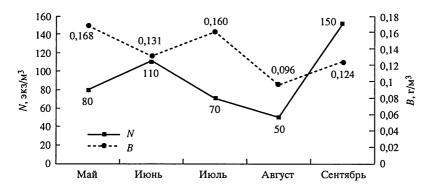


Рис. 5.6. Динамика численности и биомассы зообентоса восточной литорали оз. Песчаное, 2004 г.

D. vulneratus (см. табл. 5.13). Уровень количественного развития донных беспозвоночных животных был очень низким. Плотность и биомасса гидробионтов изменялись незначительно (рис. 5.6).

Пелагиаль

Зообентос центральных участков оз. Песчаное отличался низким уровнем видового разнообразия. За весь период наблюдений в его составе отмечено девять таксонов, что составляет 8,7 % от общего списка видов и форм. В мае и сентябре донные беспозвоночные животные в пробах отсутствовали. Количественные показатели зообентоса определяли олигохеты и личинки хирономид (табл. 5.14).

В 2003 г. в зообентоценозах центральной зоны озера доминировали хищные личинки хирономид P. ferrugineus — 34,9 % от общей биомассы. Руководящими по биомассе формами в составе зообентоса пелагиали в 2004 г. являлись M. pedellus, L. hoffmeisteri — 27,8—100,0 и 37,2—44,4 % от биомассы всего бентоса соответственно. Средняя численность зообентоса за два года исследований составила 56 экз/м², биомасса — 0,058 г/м². Величины биомасс характеризуют пелагиаль озера как зону с очень низким уровнем развития донной фауны (Китаев, 1984).

В целом за весь период исследований в составе макрозообентоса оз. Песчаное установлено 104 вида и таксона более высокого ранга (см. табл. 5.1). Наиболее широко были представлены

Таблица 5.14 Количественные характеристики зообентоса пелагиали оз. Песчаное

Голина		2003 г.			
Группа	Июнь	Июль	Август	Среднее	Среднее
Олигохеты	_	60,0/37,2	66,7/72,2	53,4/52,8	19,2/4,4
Поденки	_	10,0/20,3	_	3,3/8,6	5,8/22,2
Мокрецы	_	_	_	_	7,7/15,6
Хирономиды	100,0/100,0	30,0/42,5	33,3/27,8	43,4/38,6	67,3/57,8
Численность, экз/м ²	50	100	150	60	52
Биомасса, г/м ²	0,020	0,148	0,180	0,070	0,045
Всего видов	1	3	3	4	7

хирономиды, олигохеты, ручейники и моллюски. Личинки амфибиотических насекомых составляли 64,4 % от общего числа видов и форм. Высокое таксономическое разнообразие отмечено в группе хирономид — 33 таксона, среди которых преобладали представители подсемейства Chironominae (81,8 % от общего количества видов семейства). Большой вклад в создание качественного обилия гидробионтов вносили олигохеты, ручейники и моллюски.

Наиболее разнообразна донная фауна литоральной зоны озера, где зарегистрированы все представители беспозвоночных животных, отмеченных в водоеме. В северной литорали водоема обнаружены 58 (55,8 % от общего числа видов) таксонов гидробионтов, южной -52 (50,0), западной -31 (29,8). Для зообентоса песчаных биотопов восточной литорали характерно небольшое число таксонов – 16 видов и форм (15,4 % от общего количества). Наиболее часто в сообществах донных беспозвоночных животных встречаются пелофильные виды олигохет семейств Tubificidae и Lumbriculidae – T. tubifex, L. hoffmeisteri, L. variegatus; пиявки – H. stagnalis; моллюски – V. sibirica, Euglesa sp.; ручейники – M. angustata, хирономиды — M. pedellus, P. exectum, M. recurvata, P. choreus и личинки мокрецов. В зарослях высших водных растений среди олигохет по численности преобладают фитофильные представители семейства Naididae. В группе хирономид большую роль играют зарослевые формы семейства Orthocladiinae: C. celeripes, виды родов Psectrocladius и Orthocladius.

Экологические условия (характер грунта, наличие вышей водной растительности и т. д.) на разных участках прибрежной

Таблица 5.15 Качественные и количественные характеристики зообентоса на разных участках оз. Песчаное, 2003—2004 гг.

Показатель		П			
Показатель	Южная	Северная	Северная Западная Вос		Пелагиаль
Число видов	29/44	36/45	23/18	9/9	7/4
Доля от общего числа таксонов, %	35,8/53,0	44,4/54,2	28,4/21,7	10,8/10,8	8,6/4,8
Средняя числен- ность, экз/м ²	2391/1360	1275/1427	1103/428	295/92	52/60
Средняя биомасса, г/м ²	4,330/3,580	2,458/1,904	7,642/0,762	0,337/0,136	0,045/0,070

Примечание. В числителе данные 2003 г., в знаменателе – 2004.

зоны водоема неодинаковы и оказывают влияние на развитие зообентоса, его видовой состав, количественные характеристики и определяют комплекс доминирующих видов гидробионтов.

Ведущую роль в создании численности и биомассы зообентоценозов озера играли, как правило, олигохеты, хирономиды и моллюски. Значение этих групп гидробионтов в течение вегетационного периода и в разные годы может существенно меняться и определяться жизненными циклами массовых видов зообентоса. Для большей части литорали оз. Песчаное характерен умеренный уровень развития гидробионтов. Средние (за два года исследований) значения биомассы зообентоса на южных, северных и западных участках прибрежной зоны были одного порядка и составляли в среднем 3,955, 2,181 и 3,821 г/м² соответственно. Песчаные биотопы восточного прибрежья озера за весь период изучения отличались низким уровнем развития донных беспозвоночных – средние величины составляли 194 экз/м² и 0,236 г/м² (табл. 5.15).

Центральные участки водоема отличаются очень низким уровнем развития гидробионтов — 56 экз/м² и 0,058 г/м², что, на наш взгляд, определяется характером грунта, представленного в основном неструктурированными илами с большим количеством неразложившихся растительных остатков (см. табл. 5.15). На структурированных илистых биотопах пелагиали могут быть очень высокие биомассы бентосных организмов (до 50 г/м²), как это наблюдали на некоторых озерах Свердловской области (Богданов и др., 1995; Ковалькова, 1975; и др.).

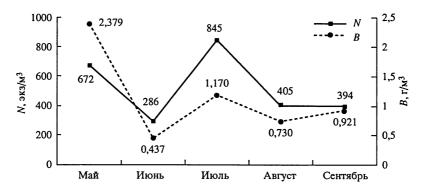


Рис. 5.7. Сезонная динамика численности и биомассы зообентоса оз. Песчаное

Ход динамики средних значений численности и биомассы бентоса озера отражает общую картину сезонного изменения количественных показателей развития донной фауны на разных участках водоема и носит одновершинный характер (см. рис. 5.1, 5.3–5.7). Снижение количественных характеристик зообентоса в июне определяется элиминацией взрослых особей олигохет, моллюсков и вылетом имаго хирономид. Увеличение численности и биомассы гидробионтов в июле связано с отрождением молоди этих групп беспозвоночных животных.

Количественные показатели развития донной фауны как разных зон оз. Песчаное, так и всего водоема в целом, в 2004 г. были ниже, чем в 2003 г. (см. табл. 5.15, 5.16). Средневзвешенные значения численности и биомассы кормового для рыб зообентоса, рассчитанные с учетом площадей пелагиали и литорали озера, составили 515 экз/м² и 1,127 г/м² соответственно. С учетом крупных брюхоногих моллюсков (С. listeri, Р. corneus) средневзвешенная биомасса донных беспозвоночных животных увеличивается в 2,5 раза и составляет 2,827 г/м². По величине средней биомассы донной фауны за два года исследований (1,54 г/м²) оз. Песчаное можно отнести к малокормным для рыб водоемам с низким уровнем развития зообентоса (Китаев, 1984; Пидгайко и др., 1968).

Согласно значениям биотического индекса Вудивисса и величине относительной численности олигохет, зона южной литорали оз. Песчаного в районе станции 1 и северной литорали в районе станции 3 соответствовали классу чистых вод (табл. 5.17). Западная литораль водоема (станция 2) по величине биотическо-

Таблица 5.16 Средние величины численности и биомассы зообентоса оз. Песчаное

Показатель	2004 г.						2003 г.		
	Май	Июнь	Июль	Август	Сен- тябрь	Среднее	Июль	Сен- тябрь	Среднее
Численность, экз/м ² Биомасса, г/м ²	672 2,379	286 0,437	845 1,170	405 0,730	394 0,921	515 1,127	651 2,399	651 1,509	651 1,954

Таблица 5.17 Величины биотического индекса Вудивисса и относительной численности олигохет на разных участках оз. Песчаное (средние за сезон), 2004 г.

Индекс	Станция								
индекс	1	2	3	5	6				
N _o /N _b	39,7	33,3	33,1	62,9	65,5				
ВІ Класс вод	6,4 Чистые	3,4 Умеренно загрязненные	6,0 Чистые	4,0 Умеренно загрязненные	2,6 Загрязненные				

го индекса характеризовалась умеренным уровнем загрязнения. Относительная численность олигохет отвечала классу чистых вод. Участки акватории озера в районе водозабора (станция 5) соответствовали классу умеренно загрязненных вод.

На основании полученных величин индексов восточная литораль водоема (станция 6) соответствовала классу загрязненных вод. В пелагиали озера низкие значения биотического индекса (станция 1), на наш взгляд, определяются не уровнем загрязнения центральных участков, а характером грунта, как отмечалось выше.

6. ИХТИОФАУНА ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ

По литературным сведениям, ранее в оз. Песчаное обитали окунь, плотва, щука, карась, линь, озерный гольян (Архипова, 1981; Галактионов, 1990). Озеро по природному комплексу обитающих в нем рыб относится к типичным окунево-плотвичным водоемам таежной зоны Горного Урала. Рыбопродуктивность таких небольших по площади (0,36 км²) уральских озер невысока — 15–17 кг/га (Матюхин, 1977). Встречаемость, соотношение видов, биологические характеристики рыб оз. Песчаного ранее не изучались.

По устным сообщениям, после суровой зимы 1968—1969 гг. отмечалась массовая гибель щуки в озере, так как из-за промерзания проточность его нарушилась. Около 10—15 лет назад в уловах рыбаков-любителей присутствовали преимущественно окунь и плотва, редко серебряный карась и линь. Рыбаки нередко выпускают в озеро пойманных в других близлежащих водоемах рыб, но натурализации их не происходит.

В наших уловах встречался только окунь - Perca fluviatilis (Linnaeus, 1758). Возрастной состав рыб из сетных уловов включал пять групп окуней от шести до десяти лет (табл. 6.1), причем 66 % особей были в возрасте семи и восьми лет. Все окуни были половозрелыми, самки составляли большинство (свыше 70 %). Такое соотношение полов у окуня связано с созреванием самцов в более раннем возрасте (на один-два года раньше самок) и более ранней их смертностью, в результате чего самки преобладают среди старшевозрастных окуней. То же отмечено у окуня и в других озерах Урала (Экология озера Большое Миассово, 2000). Коэффициент зрелости гонад у самок в период ледостава колебался от 8,2 до 9,6 %, индивидуальная абсолютная плодовитость изменялась от 12,8 до 22,6 тыс. икринок, увеличиваясь с возрастом. Значение индивидуальной абсолютной плодовитости окуня в оз. Песчаное сопоставимо с таковым из озер Северо-Запада России и Карелии (Дрозжина, Федорова, 1982; Первозванский, 1986) и выше, чем у окуня из Ильменского заповедника (Экология озера Большое Миассово, 2000). Масса тела и промысловая плина пойманных рыб свидетельствуют о невысоких темпах рос-

Таблица 6.1 Биологические показатели окуня, оз. Песчаное, 2003 г.

Показатель	Возраст, лет							
Показатель	5+	6+	7+	8+	9+			
Масса тела, г	51,9	62,3	78,2	114,0	199,0			
Промысловая длина, см	15,2	16,1	16,7	18,7	22,5			
Плодовитость, тыс. икр.	_	_	12,8	13,8	22,6			
Коэффициент зрелости гонад, %	_	_	9,6	8,2	8,8			
Упитанность (по Фультону)	1,48	1,50	1,68	1,74	1,75			

та рыб. Это подтверждается их сравнительно низкими упитанностью и жирностью (1 балл по шкале Прозоровской). Большинство окуней в период ледостава не питалось. Только у 22 % рыб в желудках найдены жуки и личинки стрекоз.

В результате исследований установлено, что в последние годы окунь стал практически единственным видом рыб в оз. Песчаное. Такое явление отмечалось для других уральских озер И.С. Мухачевым (1971) и озер Западной Сибири Г.И. Никоновым (1998). Численность окуня в оз. Песчаное крайне мала. За оба года изучения не удалось обнаружить молодь окуня и других рыб, что свидетельствует о крайне низкой эффективности их воспроизводства.

Сравнительно с другими видами обитающих в уральских озерах рыб окунь лучше переносит изменения активной реакции воды в сторону закисления, что отмечается и в оз. Песчаное. Высокая плодовитость, раннее созревание, экологическая пластичность (заселение разнообразных биотопов и всеядность, толерантность к закислению воды) позволяют ему существовать в небольших гумифицированных озерах таежной зоны.

7. КРОВОСОСУЩИЕ КОМАРЫ СОСНОВОГО ЛЕСА ОКОЛО ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ

Кровососущие комары — важный компонент биогеоценозов на берегах оз. Песчаное. Развитие и существование комаров (Diptera, Culicidae) замечательно тем, что их личинки развиваются в воде, а взрослые насекомые (имаго) переходят в совершенно другую среду — наземно-воздушную, где осуществляют расселение и размножение. Комары являются основной частью гнуса. Вредоносное действие кровососов заключается в том, что самки кроме растительных соков пьют кровь человека, млекопитающих, птиц и других животных. При этом комары могут переносить возбудителей болезней человека. Наиболее опасны малярия, сап, туляремия, клещевой энцефалит, омская геморрагическая лихорадка и другие трансмиссивные заболевания.

Отметим, что кровососущие комары играют и большую положительную роль в природе. Они входят в состав водных (временных и постоянных водоемов) и наземных экосистем, способствуют переносу вещества и энергии из водной среды в наземновоздушную, распределению их по территории. Личинками комаров и взрослыми насекомыми питаются многие птицы, рыбы, хищные беспозвоночные. Важная биоценотическая роль личинок комаров заключается в потреблении отмершей растительности. В результате их жизнедеятельности размельчается растительная масса, а благодаря экскрементам личинок, где содержится повышенное количество подвижных форм азота и витаминов группы В, активизируется работа микрофлоры.

Изучение личиночных сообществ и сообществ взрослых комаров в разных типах леса, на трансформированных территориях важно для оценки их биоценотического значения в экосистеме, аллергенного потенциала и эпидемиологического значения для человека.

В табл. 7.1 представлены виды комаров на личиночной стадии и стадии взрослого насекомого, которых собрали на берегу оз. Песчаное. В весенне-летний период здесь были зарегистрированы комары рода Ochlerotatus (11 видов), комары родов Aedes (1), Culiseta (1) и Coquillettidia (1).

Таблица 7.1 Встречаемость и структура доминирования в сообществах личинок и имаго кровососущих комаров на берегу оз. Песчаного

		Личин	ки	Имаго			
Вид	<i>N</i> , экз.	Доля, %	Структура доминиро- вания	<i>N</i> , экз.	Доля, %	Структура доминиро- вания	
1. Culiseta morsitans Theob.	2	0,3	Kp				
2. Coquillettidia richiardii Fic.				3	1,2	P	
3. Ochlerotatus cantans Mg.	4	0,6	Kp	1	0,4	Kp	
4. Oc. excrucians Walk.				3	1,2	P	
5. Oc. flavescens Mull.	1	0,2	Kp	1	0,4	Kp	
6. Oc. communis Deg.	113	17,4	Эд	52	21,5	Эд	
7. Oc. punctor Kirby	290	44,8	Эд	101	41,9	Эд	
8. Oc. diantaeus H.D.K.	24	3,7	Сд	15	6,2	Д	
9. Oc. intrudens Dyar	4	0,6	Kp	44	18,2	Эд	
10. Oc. pullatus Coq.				2	0,8	Kp	
11. Oc. impiger Walk.	203	31,3	Эд	1	0,4	Kp	
12. Oc. cataphylla Dyar				5	2,1	Сд	
13. Oc. leucomelas Mg.				1	0,4	Kp	
14. Aedes (Aedes) cinereus Mg.	7	1,1	P	13	5,3	д	
Число видов			9			12	
Эудоминант (Эд), > 15 %			3			3	
Доминант (Д), 5,1-15 %						2	
Субдоминант (Сд), 2,1–5 %			1			1	
Редкий (P), 1,1-2 %			1			1	
Крайне редкий (Kp), < 1,1 %			4			5	

Личинки комаров. Разные виды комаров различаются по времени отрождения личинок из яиц. Одни виды появляются в холодных водах временных и постоянных водоемах после таяния снега (*Oc. punctor*) – это ранневесенние виды; другие относятся к средневесенним (*Oc. flavescens*); есть и поздневесенние виды, развитие которых протекает при более высоких температурах (например *Ae. cinereus*).

Комаров из временных водоемов возле оз. Песчаное отлавливали во II (18.V) и III декадах (26.V) мая 2004 г. Личинок кровососущих комаров 18 мая собирали в небольших лужах на болотистых участках северного берега озера. Водоемы расположены между березами, осинами и небольшими соснами в понижениях,

Таблица 7.2 Возрастной состав поселений преимагинальных стадий комаров во II и III лекадах мая (%)

Стадия раз	вития	Соотношение возрастных групп								
Водоемы (18 мая)										
		1	(19)*	1	2 (60)	1	3 (88))	
Личинки	H		10,5		11	1,7		6,8		
	Ш		89,5		65,0			44,3		
	IV				23,3			46,6		
Куколки					2,3					
	Водоемы (26 мая)									
		1 (104)	2 (195)	3 (33)	4 (57)	5 (15)	6 (62)	7 (16)	8 (5)	
Личинки	II	2,9	0,5				1,6			
	Ш	33,6	48,7	18,2	1,8	46,7	1,6			
	IV	63,5	50,8	81,9	98,2	53,3	96,8	100	100	

^{*} В скобках указано количество личинок, экз.

где растут осока и сфагнум. Среди кочек находятся лужи размером 0.5×0.4 ; 1×0.5 ; 1.5×0.2 м и меньше. Глубина их 10-30 см, а температура воды от 9 до 11 °C. Плотность поселений личинок в разных местах таких водоемов составляла от 72.7 до 1090.5 экз/м² водной поверхности. Такая плотность обычна для южной и северной тайги, а также урбанизированных территорий Урала (Некрасова, 1983, 1990, 1995). В водоемах 18 мая обитали личинки II—IV стадий развития, в основном III. Личинки II стадии были редки (табл. 7.2).

В третьей декаде мая (26) личинок собирали в тех же местах, что и в середине месяца – в водоемах между болотными кочками, корнями деревьев. Температура воды в них была от 12 до 17 °C. Плотность населения личинок колебалась от 72 до 2181 экз/м². В этот период мы отлавливали личинок разных возрастов, но преобладали личинки старших стадий развития. Следует отметить, что в водоемах со сфагнумом температура была от 8 до 11 °C, а в одной луже на глубине 30 см только +5 °C. Здесь жили личинки III и IV стадий, а плотность составляла всего 28,3 экз/м².

В каждом из водоемов, где изучен возрастной состав личинок (см. табл. 7.2), мы определили соотношение видов комаров, чтобы охарактеризовать структуру эфемерных (временных) личи-

Таблица 7.3 Видовой состав сообществ личинок комаров в эфемерных водоемах

Вид	Доля, %									
		В	одоем	ы	(18 мая)				
	1 (19)			2 (60)				3 (88)		
Oc. cantans				6,7						
Oc. flavescens				100				1,1		
Oc. communis Oc. punctor	10.5			18,3				44,3		
Oc. diantaeus	10,5			21,7 8,3				19,3 5,7		
Oc. intrudens	3,3			0,5				4,6		
Oc. impiger	84,2*			43,3				21,6		
Ae. cinereus	,			1,7				1,1		
Oc. sp.								2,3		
	Водоемы (26 мая)									
	1 (104)	2 (195)	3 (33	3)	4 (57)	5 (15)	6 (6	52)	7 (16)	8 (5)
Cs. morsitans	1,9									
Oc. communis		1,0	3,0		87,7		4,	8	31,25	40
Oc. punctor	63,6	42,8	75,8	- 1	10,5	20,0	88,		50,0	20
Oc. diantaeus		3,1	3,0	- 1			4,	8	12,5	20
Oc. impiger	32,7	46,7	15,2	2		80,0			605	
Ae. cinereus	0,9	0,5	2.0		1,8			_	6,25	20
Oc. sp.	0,9	0,5	3,0				1,0	b		

^{*} Полужирным шрифтом выделен доминант.

ночных сообществ, что важно при исследовании адаптационного разнообразия таких сообществ. В любом из данных водоемов число видов кровососущих комаров колеблется от двух до семи (табл. 7.3). Доминируют в основном три вида (Ochlerotatus punctor, Oc. impiger, Oc. communis), хотя соотношение их обилия бывает разным.

Взрослые комары (имаго). Учеты нападающих на человека кровососущих комаров самок проводили днем у северо-западного края озера. В конце мая на человека за 20 минут нападало 55 комаров (температура воздуха 25 °C), 21 июля – 16 экз. (25 °C), 17 августа – 9 экз. (17 °C). Такое снижение числа нападающих комаров закономерно, поскольку в конце мая и начале июня происходил массовый вылет взрослых насекомых из водоемов, где шло их преимагинальное развитие. К концу лета комары гибнут.

Таблица 7.4 Сезонные изменения состава нападающих комаров возле оз. Песчаное

	Количество нападающих самок комаров, %						
Вид	Третья декада мая (97)	Вторая декада июля (112)	Вторая декада августа (33)				
Oc intrudens	45,4						
Oc. communis	18,6	22,3	27,4				
Oc. diantaeus	15,5		,				
Oc. punctor	14,4	61,6	54,6				
Oc. cataphylla	4,1		3,0				
Oc. impiger	1,0						
Oc. leucomelas	1,0						
Oc. pullatus			6,0				
Oc. excrucians		1,8	3,0				
Oc. flavescens		0,9					
Oc. cantans		0,9					
Ae. cinereus		9,8	6,0				
Coq. richiardii		2,7					

В течение летнего сезона изменяется и качественный состав нападающих комаров (табл. 7.4). Все лето интенсивно нападают комары Oc. punctor, Oc. communis, которые доминировали в водоемах. В конце мая был активен Oc. intrudens, чьи самки в значительном количестве нападают в лесу на человека. Летом численность этого вида падает, поэтому мы не встретили его в наших следующих отловах. Болотистые участки с водной растительностью пригодны для обитания личинок Coquillettidia richiardii. Взрослые комары данного вида нападали в июле. Смену одних видов другими в течение весенне-летнего сезона мы наблюдали и в северной тайге Свердловской области, и в г. Нижний Тагил, который расположен в подзоне южной тайги (Некрасова, 1983; Некрасова и др., 2003а).

В сборах 2004 г. по личинкам определены 9 видов комаров, по взрослым — 13 (см. табл. 7.1). Индекс разнообразия Макинто-ша у сообществ личинок равен 0,44, у имаго — 0,52. Фаунистическое сходство между этими сообществами оказалось невысоким (коэффициент Жаккара 0,57), вероятно, потому что сообщество взрослых насекомых пополняется комарами, прилетающими из других мест.

В сообществах личинок доминировали *Oc. punctor*, *Oc. communis*, *Oc. impiger* (относительное обилие каждого из них выше 5 %). По эколого-географической характеристике они представляют собой три группы: интразональных (болотных), полизональных и лесных комаров.

У имаго число доминантных видов больше: Oc. punctor, Oc. communis, Oc. intrudens, Oc. diantaeus, Ae. cinereus, а список специализаций комаров шире: интразональные (Oc. punctor), полизональные (Oc. communis, Oc. intrudens), лесные (Oc. diantaeus) и присущие лесной и лесостепной зонам (Ae. cinereus) виды. Даже среди доминантных видов, условия для которых благоприятнее, чем для других, соотношение эколого-географических групп кровососущих комаров в целом такое же, как в южной тайге Свердловской области и сосняках в окрестностях Екатеринбурга (Некрасова, Вигоров, 2002, 2007; Некрасова и др., 2003б).

Анализ структуры доминирования комаров в разных средах обитания показал, что и в сообществах личинок, и среди нападающих комаров было по три вида-эудоминанта (см. табл. 7.1). Среди них Oc. punctor и Oc. communis обильны как на личиночной стадии, так и на стадии имаго. Несмотря на то что оз. Песчаное окружено сосновым лесом, встречаемость болотного обитателя Oc. punctor наиболее велика и почти одинакова среди личинок и имаго (44,8 и 41,9 %). Третьим эудоминантом в сообществе личинок был Oc. impiger, а среди имаго - Oc. intrudens. Это обусловлено тем, что водоемы мы обследовали на болотистом берегу озера. Такие водоемы благоприятны для развития как личинок интразонального (болотного) Oc. punctor и полизонального (от лесотундры до южной тайги включительно) Ос. impiger. Полизональный (от лесотундры до лесостепи) вид Oc. intrudens зарегистрирован среди нападающих взрослых комаров. Доминантами среди нападающих комаров были лесной Oc. diantaeus и лесо-лесостепной Ae. cinereus. Это средневесенние и поздневесенние виды, чьи личинки продолжают отрождаться и в июне, поэтому в наших майских сборах среди личинок они встречались реже -3.7 и 1.1 % (см. табл. 7.1).

Отметим, что в июле в пруду центра пос. Северка, расположенного в 4 км от озера, мы отловили личинок малярийного комара Anopheles messeae Fall. Возрастной состав их был таков: I стадия -7 экз., II -4, III -2, IV -1 экз. Температура воды у берега в день взятия пробы была 25...26 °C. В августе в этом постоянном водоеме были пойманы четыре личинки I стадии и пять личинок II стадии развития An. messeae. Следовательно, постоянные водоемы поселка анофелогенны на протяжении всего

летнего периода. При взятии проб из канав, расположенных вдоль шоссе и заполненных водой, 17 августа мы обнаружили личинок комаров *Culex pipiens* L. и *Cx. modestus* Fic. Таким образом, весеннее разнообразие личинок *Ochlerotatus* дополняется благодаря появлению нескольких видов родов *Aedes*, *Culex* и *Anopheles*.

Из 14 видов кровососущих комаров, зарегистрированных возле оз. Песчаного, шесть являются потенциальными переносчиками возбудителей инфекционных заболеваний человека. Туляремию способны переносить Coq. richiardii, Oc. excrucians, Oc. flavescens, Oc. communis, Ae. cinereus; омскую геморрагическую лихорадку (ОГЛ) – Coq. richiardii, Oc. excrucians, Oc. flavescens; вирусы клещевого энцефалита – Oc. punctor, Oc. excrucians, Oc. flavescens (Кухарчук, 1981). Из пос. Северка и водоемов вдоль дороги к озеру могут долететь малярийные комары (дальность их однократного перелета около 3 км; ветром комары переносятся на десятки километров) и Сх. modestus, который переносит возбудителя ОГЛ.

8. ПОЧВЕННЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ КАК ИНДИКАТОРЫ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ОЗЕРО ПЕСЧАНОЕ

Для биологической индикации наземных экосистем чаще выбирают таких животных, которые обильны и достаточно оседлы. Этими свойствами обладают многие виды беспозвоночных животных.

Беспозвоночные животные, обитающие в почве (мезофауна), являются одним из структурно-функциональных звеньев наземных экосистем. Об их большой роли в процессах превращения вещества и энергии в экосистеме свидетельствует уже то, что они составляют 70–80 % всей биомассы наземных сообществ (Гиляров, Криволуцкий, 1971), поэтому беспозвоночные необходимы для почвообразовательного процесса. Они могут служить хорошими биоиндикаторами изменений окружающей среды, в том числе антропогенного происхождения (Криволуцкий, 1994; Некрасова, 1993; Комплексная экологическая оценка..., 1992; Chudzicka, Skibinska, 1998а, в).

Численность и биомассу мезофауны на берегах оз. Песчаное оценили на участках с разной степенью рекреационной нагрузки. Различия между ними хорошо видны по двум показателям табл. 8.1. Общая численность на третьем участке в километре от лагеря была больше, чем на других в 1,9 и 3 раза, а биомасса — в 1,49 и 1,56. Если не учитывать на участке около спортлагеря одну из проб, в которую попал слой земли с дождевыми червями, то различия по биомассе становятся еще больше (в 385 и 575 раз). Видна четкая тенденция увеличения численности и биомассы животных с удалением от жилья человека. Разную степень рекреационной нагрузки прекрасно характеризует также величина дернины (табл. 8.2). Из-за сильного вытаптывания она отсутствует на первом участке вблизи спортивного студенческого лагеря.

Судя по $\hat{}$ числу основных таксономических групп, наибольшее разнообразие наблюдается в километре от лагеря. На участке 3 отмечено семь групп, на участке 2-5, 1-4. На всех трех

Таблица 8.1 Численность и биомасса основных групп почвенных беспозвоночных животных на берегу оз. Песчаное

	Расстояние от спортлагеря «Буревестник» УГТУ-УПИ, м							
Систематическая группа	50 – yч	асток 1	< 500 -	участок 2	< 1000 – участок 3			
	N	В	N	В	N	В		
Lumbricidae	41,12 (82,1)	22 422,0	50,24 (62,9)	23 234,0	77,60 (54,5)	34 560,0		
Chilopoda	2,24 (4,5)	10,24	6,88 (8,6)	20,96	13,76 (9,2)	56,64		
Aranea	-	-	9,12 (11,5)	176,0	4,48 (3,0)	44,16		
Insecta, общее	6,72	57,60	13,60	141,28	54,72	490,72		
Hemiptera	2,24 (4,5)	15,36	-	_	2,24 (1,5)	9,44		
Elateridae	4,48 (8,9)	35,52	11,36 (14,2)	123,20	43,36 (28,8)	462,24		
Chrysomelidae	-	-	-	-	2,24 (1,5)	2,24		
Coleoptera, прочие	-	_	2,24 (2,8)	18,08	6,88 (4,6)	16,80		
Bcero	50,08 (100)	22 483,12	79,84 (100)	23 572,24	150,56 (100)	35 151,52		
Всего (без червей в одной из проб в 50 м от лагеря)	8,96	61,12	79,84	23 572,24	150,56	35 151,52		

Примечание. Численность (N) измеряется в экз/м², биомасса (B) – в мг/м²; в скобках приведена доля от общей численности, %.

участках преобладали дождевые черви. Из-за малого количества особей других беспозвоночных на участке 1 их доля достигала 82 %. На участке 2 следующими по численности были жукищелкуны (14,2 %) и пауки (11,5). На участке 3 (самом дальнем от лагеря) за дождевыми червями следуют щелкуны (28,8 %) и многоножки (9,2).

Дождевых червей в наших сборах было 41,12–77,6 экз/м², т. е. приблизительно столько же, что и в южной тайге Пермской области – от 52,8 до 96,0 экз/м² (Воронова, 1987) и сосново-березовом лесу на границе Ильменского заповедника – 78,4 экз/м² (Некрасова, 1993). Известно, что наличие в почве дождевых чер-

Таблица 8.2 Характеристики участков, где были взяты пробы беспозвоночных животных

Показатель		Расстояние от спортлагеря «Буревестник» УГТУ-УПИ, м					
		50 - участок 1	< 500 – участок 2	< 1000 - участок 3			
Опад, см	Среднее	0,243	1,428	0,357			
	<i>N</i>	7	7	7			
	Лимит	0,1–0,5	1,0-2,0	0,3–0,5			
Подстилка, см	Среднее	1,0	0,773	1,140			
	<i>N</i>	2	11	5			
	Лимит	-	0,3–1,5	0,5–2,0			
Дернина, см	Среднее	-	6,958	8,083			
	<i>N</i>	-	12	12			
	Лимит	-	6,0–10,0	5,0–12,0			

вей и многоножек свидетельствует об отсутствии больших концентраций разных поллютантов, вредных для животных. Важно, что значительное число дождевых червей (сапрофагов) способствует более быстрому разложению опавшей листвы. Так, на участке 3 толщина опада была в 4 раза меньше, чем на участке 2 (см. табл. 8.2).

Итак, данные о мезофауне четко показали влияние рекреационной нагрузки на лесную береговую экосистему. При этом на поросшем сосновым лесом северном берегу оз. Песчаное уровень численности и биомассы беспозвоночных животных на мало вытоптанных участках, удаленных от спортлагеря УГТУ-УПИ, незначительно отличается от соответствующих параметров других экосистем южной тайги Урала.

9. РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ БЕРЕГОВ ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ

Согласно ботанико-географическому районированию Среднего Урала (Горчаковский, Никонова, Фамелис, 1994), оз. Песчаное расположено в Белоярском пенепленовом округе горной части Урала. Округ характеризуется плоско-увалистым рельефом с высотами до 300 м над уровнем моря. Почвы дерновосредне- и слабоподзолистые, торфянисто- и торфяно-подзолисто-глеевые, а также торфяные и торфяно-глеевые верховых болот. Коренная растительность — лиственнично-сосновые леса среднетаежного типа: зеленомошные, травяно-кустарничковые, местами с ракитником русским в подлеске, и сосновые с лиственницей, часто с липой в подлеске; травяные леса южнотаежного типа с несомкнутым моховым покровом. Большую часть занимают вторичные березовые и осиновые травянистые леса. Имеются довольно большие массивы сфагновых болот, часто облесенных.

С севера, востока и юга оз. Песчаное окружено сосновыми лесами, произрастающими по склонам горы Пшеничной, крутым уступом подступающей к озеру с севера, по пологим склонам гор Липовка и Безымянная, окружающим озеро с юго-востока, юга и юго-запада (Архипова, 1981).

Современная растительность

Северный берег озера является подножием южного склона горы Пшеничной. Выровненная часть берега представлена узкой полосой, которая быстро переходит в крутой (30–40°) горный склон южной экспозиции, покрытый сосновым лесом. По кромке берега единично встречаются взрослые особи сосны и ольхи, а также подрост ольхи и рябины. Корневая система деревьев подмывается волнами, сосны имеют угнетенный вид – в верхней части кроны есть сухие ветви. Травяной покров разнотравно-злаковый, разрежен вследствие высоких рекереационных нагрузок, общее проективное покрытие неравномерное, ко-

леблется на разных участках от 30 до 60 %. Преобладают мятлик однолетний (*Poa annua*), щучка дернистая (*Deschampsia cespitosa*), подорожник большой (*Plantago major*), клевер ползучий (*Amoria repens*).

Крутой склон горы Пшеничной к озеру покрыт разреженным сосняком – мертвопокровным на большей части лесной площади. Сомкнутость крон 0,5–0,6, высота стволов 10–12 м при среднем диаметре 10–15 см. Жизненное состояние сосен среднее: заметно общее угнетение, в верхней части кроны имеются сухие ветви, местами встречаются суховершинные деревья. Корневые системы сосен оголены и подвержены рекреационному воздействию отдыхающих. На стволах есть следы низового пожара.

Подлесок по склону к озеру практически отсутствует, изредка встречаются единичные кусты ракитника русского (*Cytisus ruthenicus*). Подрост представлен единичными угнетенными деревцами сосны.

На расстоянии 35-40 м от выровненной части берега вверх по склону травяной покров и гумусный горизонт почвы в сосняке отсутствуют, обнажены минеральные горизонты почвы. Растительность представлена единичными особями разнотравья, покрывающими не более 1 % площади. Выше данного участка, в пределах этого же сосняка, на небольшом понижении на склоне расположена полоса шириной 5 м с разнотравным покровом. Общее проективное покрытие трав 60 %, средняя высота травостоя 15 см. Преобладают кошачья лапка (Antennaria dioica), вейник тростниковый (Calamagrostis arundinacea), клевер ползучий (Amoria repens). Единичны брусника (Vaccinium vitis-idaea), земляника лесная (Fragaria vesca), клевер люпиновидный (Lupinaster pentaphyllus), звездчатка жестковолосистая (Stellaria holostea) и др. Местами, по незначительным террасам склона, сформировался покров из тысячелистника обыкновенного (Achillea millefolium), клевера ползучего, подорожника большого, одуванчика лекарственного (Taraxacum officinale), мятлика лугового (Poa pratensis), вероники дубравной (Veronica chamaedrys) и др. Виды распределены неравномерно, формируются одновидовые и смешанные пятна разного размера (до 6×10 м), что свидетельствует о неустойчивости сообществ, представляющих одну из первых стадий восстановительной сукцессии. Далее по всему склону до привершинной части травяной покров сосняка очень разрежен, фрагментарен. Описанные выше пятна чередуются с участками без растительности, покрытыми редкой лесной подстилкой из

опада сосен (хвои, шишек, мелких ветвей). Почвенный покров повсеместно деградирован, гумусный горизонт полностью отсутствует.

В привершинной менее крутой части горного склона древостой разрежен, есть прогалины, заметна примесь березы. Появляются обильный подрост сосны высотой 30–50 см удовлетворительной жизненности, распределенный неравномерно среди разреженного подроста ивы козьей (Salix caprea) и осины высотой 1,3 м, и хорошо выраженный кустарниковый ярус из ракитника. Травяной покров разнотравно-вейниковый высотой 40–50 см, общее проективное покрытие 90 %. Этот участок леса близок по структуре и видовому составу к зональному березово-сосновому лесу.

Итак, общее покрытие растительности по северному горному склону колеблется от 1 % на выровненных участках до 60 % по понижениям и небольшим террасам. Напочвенный покров образуют синантропные виды трав, типичные для мест с высокими антропогенными нагрузками (клевер ползучий, подорожник большой, мятлик однолетий, тысячалистник). Виды лесных трав и кустарничков, оставшиеся от исходного сообщества, угнетены, встречаются редко вокруг стволов сосен. Преобладают участки, лишенные почвенно-растительного покрова с пылеватой поверхностью иссушенных минеральных горизонтов почвы.

Восточный берег озера пологий, с единичными небольшими возвышениями, ограничен подходящим близко к берегу шоссе. Расстояние от него до уреза воды около 100 м. Коренной растительный покров — сосновый разнотравно-кустарничково-злаковый лес. Местами имеются выходы материнских пород на дневную поверхность в виде крупных валунов и скальной породы, приуроченные к возвышенностям. Почвообразующая порода — песок. Древостой разрежен, а местами отсутствует. Подлесок представлен куртинами из рябины и ракитника русского. Подроста нет.

Травяной покров фрагментарный, общее проективное покрытие растительности 20–50 %. Преобладают участки, лишенные напочвенного покрова, с разбитым в пыль песком, перемешанным с опадом сосен. На участках с травяным покровом сохраняются фрагменты угнетенной лесной растительности из трав и кустарничков (вейника тростникового, мышинного горошка (Vicia cracca), мятлика лугового, горошка заборного (Vicia sepium), чины весенней (Lathyrus vernus), костяники (Rubus

saxatilis), брусники и др.), чередующихся с пятнами синантропных видов (клевером ползучим, подорожником большим, мятликом однолетним и др.). Берег, где сосредоточены отдыхающие (песчаный пляж), лишен растительности.

Растительный покров южного берега представлен сосновым разнотравно-злаковым с липой лесом, покрывающим склон северной экспозиции к озеру. Древостой из сосны обыкновенной с примесью березы хорошей жизненности без следов угнетения. Густой подлесок слагают липа, ракитник русский, рябина обыкновенная. Подрост сосны и березы обилен. По краю берега у воды единично и куртинно ольха.

Травяной покров высотой 50–60 см, общее проективное покрытие 90 %. Обильны вейник тростниковый, ежа сборная (Dactylis glomerata), полевица (Agrostis gigantea), василистник обыкновенный (Thalictrum minus), чина весенняя, местами – крапива двудомная, герань лесная (Geranium sylvaticum), грушанка средняя (Pyrola media) и др. Склон пересекают тропы, ведущие к озеру.

В зоне 20–60 м от уреза воды вдоль берега озера древостой разрежен, подлесок отсутствует, в травяном покрове преобладают злаки. Высота растений снижается до 20–15 см. Здесь сформирована сеть тропинок, лишенных растительности и гумусного горизонта почвы. Тропинки проложены параллельно отсыпной пешеходной дорожке шириной до 1 м, песчаный пляж 5 м. Тропинки сходятся, сужая зону рекреационной трансформации растительности до 20 м, или расходятся, расширяя ее до 50–60 м. Часто тропинки направляются к озеру и здесь заканчиваются кострищами или местами для купания, где образуются очаги синантропной растительности, прерывающейся пятнами оголенной почвы.

Синантропная растительность южного берега отличается от растительности северного и восточного берегов озера. Она более разнообразна по видовому составу, поскольку здесь выровненная часть берега широкая, берег низкий и влажный, почвы богаты перегноем. Участки с преобладанием синантропной растительности типичны. Кроме клевера ползучего, подорожника и мятлика однолетнего обильны гравилат алеппский (Geum aleppicum), репешок (Agrimonia pilosa), манжетка (Alchemilla sp.), лапчатка гусиная (Potentilla anserina), крапива (Urtica dioica). Кострища обычно лишены растительности. По сырым участкам у уреза воды единично встречаются осоки, а вокруг стволов ольхи — папоротники.

В западной части поймы озера расположено достаточно древнее болото, возраст которого определяется в пределах 10 тыс. лет (Панова, Коротковская, 1990). Общая глубина торфяно-болотных отложений достигает 7 м, из них 3,25 м приходится на осоковый торф, а глубже залегают торфяно-сапропелевые и сапропелевые отложения. Растительный покров обводненной части болота, сообщающейся с озером, представлен разнотравно-осоково-рогозовой растительностью. Здесь обильны осоки волосистоплодная, вздутая, топяная (Carex lasiocarpa, C. rostrata, C. limosa), сабельник болотный (Comarum palustre), вахта трехли-(Menyanthes trifoliata), пушица многоколосковая (Eriophorum polystachion). Участки верхового болота облесены угнетенной болотной сосной. Разреженный ярус кустарников образует ерник (Betula nana). В напочвенном покрове много мхов, клюквы болотной (Oxycoccus palustris), хвоща болотного (Equisetum palustre) и болотных кустарников – мирта болотного (Chamaedaphne calyculata), багульника болотного (Ledum palustre) (Нифонтова, Маковский, 1995).

Пограничную с болотом часть озера активно заселяют водные растения. Так, до 100–150 м от болота озеро обильно заросло кувшинкой чисто-белой (*Nymphaea candida*), кубышкой малой (*Nuphar pumila*), рдестами стеблеобъемлющим и гребенчатым (*Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus*). Расселение макрофитов отмечено практически по всему периметру озера. Они расселяются пятнами диаметром до 6–10 м. На участке истока речки из озера сформировались заросли рогоза широколистного (*Typha latifolia*).

10. ОЗЕРО ПЕСЧАНОЕ КАК ЭКОСИСТЕМА

Экосистема оз. Песчаное представляет собой водосборный бассейн, в состав которого в качестве элементарных экосистем входят:

- само озеро, аккумулирующее все стоки с окружающих его берегов (водная аккумулятивная экосистема);
- окружающие озеро береговые склоны, покрытые растительностью, транзитные экосистемы, сток с которых поступает в озеро;
- примыкающее к озеру с запада болото (болотная аккумулятивная экосистема), объединенное с озером общим водоемом.

Все элементарные экосистемы водосборного бассейна оз. Песчаное связаны через обмен веществом и энергией в одну экосистему. Загрязнение или деградация растительности береговых участков напрямую скажутся на состоянии водной экосистемы озера как составной части (подсистемы) всей экосистемы водосборного бассейна.

Окружающие озеро леса играют значительную средообразующую и средозащитную роль через водоохранную и водорегулирующие функции, наивысшая степень проявления которой обнаруживается в условиях крутых склонов горы Пшеничная. Средозащитная роль леса оценивается (Лебедев, 1998) по:

- почвозащитной роли (большую роль в задержании твердого стока играет такой элемент леса, как напочвенный покров);
- влагосохраняющей роли (лес повышает относительную влажность воздуха на 30 %, задерживает сток атмосферных осадков и т. д.);
 - водоочистительной роли;
 - задержанию техногенных загрязнений атмосферы;
 - задержанию радиоактивного загрязнения окружающей среды;
 - снижению уровня шума.

Можно считать, что эти леса выполняют ресурсо-резервационную роль, сохраняя определенный гидрологический режим оз. Песчаное, улавливая и задерживая значительную часть атмосферного и радиоактивного загрязнения, предотвращая их сток с береговых склонов в озеро.

Кустарничково-травяной покров также играет большую роль в формировании водного режима экосистем и сохранении почвенного покрова. Это выражается (Ипатов, Кирикова, 1999):

- в задержании атмосферных осадков от 14 до 95 % в зависимости от количества выпавших;
- в конденсате влаги из воздуха: 28-33 мм/га за вегетационный сезон, что соизмеримо с конденсатом древостоя;
- в конденсате влаги из почвы: прибавка влаги к содержащейся в почве составляет днем 32 %, ночью 62 %;
- в увеличении влажности воздуха на 40 % в пространстве до 40 см над землей относительно непокрытой растительностью территории;
- в регулировании горизонтального стока воды на склонах по поверхности почвы, что во много раз сокращает смыв почвы; по данным Е.С. Павловского (1978), искусственный травяной покров с подземной массой (корней) 7,5 т/га сократил смыв почвы с 253 до 12 кг/га, т. е. более чем в 20 раз!

Водоочистительная функция леса выражается в способности лесных почв существенно повышать качество вод, в определенной мере очищая их от техногенных загрязнений, что особенно важно в условиях высокого промышленного загрязнения в данном районе Урала. Исследования показали, что леса увеличивают щелочность, уменьшают жесткость и улучшают органолептические свойства воды (запах, цвет, прозрачность). Бактериологическое состояние воды, поступающей в водоемы из лесов, существенно лучше по сравнению с водой, стекающей с открытых площадей (Николаенко, Плотников, Воронин, 1980). На химический и бактериологический показатели стоковых вод влияет лесная подстилка.

Ширина полосы леса, выполняющей непосредственно водоочистительную роль, зависит от сложности вертикальной структуры леса — наличия кустарникового яруса и напочвенного покрова, а также почв и подстилающих пород. Обычно наиболее важной является прибрежная полоса леса шириной 100 м (Николаенко, Плотников, Воронин, 1980).

Роль сосновых лесов водосборного бассейна оз. Песчаное в очистке атмосферного воздуха характеризуют следующие по-казатели (Лебедев, 1998): 1 га соснового леса за год задерживает на своей кроне до 35 т пыли, 100 кг хлоридов, 20–25 кг фторидов. В условиях загрязнения SO_2 леса накапливают до 2,1–9,8 % атмосферной серы на 1 кг сухого вещества, способ-

ны поглощать и метаболизировать окислы азота, аммиак и углеводороды.

Известно, что загрязнение и эвтрофирование водоемов сдерживается происходящими в них процессами самоочищения, под которыми понимается совокупность всех природных гидрологических, химических и биологических процессов. Основная роль в самоочищении принадлежит последним (Винберг, 1973). В деструкции органического вещества участвуют все гидробионты. Вода освобождается от загрязняющих веществ в результате их биологического перемещения на дно и захоронения в грунт. В оз. Песчаное толщина донных отложений значительна – до 2 м. Наши исследования показали, что скорость деструкции органического вещества в озере пониженная. Происходит накопление илов, в которых наблюдается повышенное содержание углеводородов (преимущественно природных) и тяжелых металлов (железа, меди и цинка) как природного, так и антропогенного происхождения. Увеличенная концентрация тяжелых металлов в оз. Песчаное обусловлена большей частью геохимическими особенностями территории, но загрязнение атмосферы, вызванное антропогенным влиянием развитой промышленности Среднего Урала (СУМЗ) и близостью мегаполиса (Екатеринбурга), также может быть значительным. Данное озеро – гумифицированный, периодически заморный водоем, в котором идет процесс закисления и понижена деструкция органического вещества. Это оказывает решающее влияние на формирование современной структуры биологического сообщества озера.

Экологическая емкость оз. Песчаное определяется скоростью удаления загрязнений в донные осадки путем седиментации и микробного разрушения. Чем выше продукция живого вещества, тем больше емкость водоема (Протасов, 1994). Ее можно считать низкой, а устойчивость экосистемы как способности сохранять свою структуру и функциональные особенности при воздействии внешних факторов – слабой (Реймерс, 1990).

11. ОЗЕРО ПЕСЧАНОЕ КАК РЕКРЕАЦИОННЫЙ РЕСУРС

В свете современного понимания природных ресурсов экосистема водосборного бассейна оз. Песчаное является ценным биосферным, ландшафтным и социальным ресурсом. В социальном аспекте наиболее велика роль рекреационной функции. Она заключается в удовлетворении потребностей населения в отдыхе с сохранением целостности природной экосистемы. Осуществление принципа рационального рекреационного использования природных экосистем предусматривает решение задач трех основных аспектов (Тарасов, 1987):

- социального (охватывает задачи организации необходимой для общественной жизни смены труда и отдыха граждан);
- экологического (включает задачи формирования правильного взаимоотношения человека с природой);
- хозяйственного (охватывает задачи организации и обслуживания отдыхающих).

Экосистема оз. Песчаное давно используется для организованного отдыха. На северном – северо-восточном берегах озера на склоне горы Пшеничная 50 лет существует спортивный лагерь студентов УПИ (сейчас – УГТУ), в котором ежегодно отдыхает несколько сот студентов. На юго-восточном и южном берегах расположены пионерский лагерь и ведомственные дома отдыха. Таким образом, два аспекта рекреационого применения экосистемы озера (обеспечение активного отдыха населения со сменой обстановки и хозяйственная организация отдыха) решались в полном объеме. Однако решение задач экологического аспекта долгое время оставалось под вопросом.

В последние годы озеро стало очень популярным местом неорганизованного отдыха граждан, облюбовавших преимущественно восточный берег озера — между студенческим лагерем и забором дома отдыха. Причины, увеличившие популярность озера у населения, особенно с личным автотранспортом, следующие:

– сообщение в СМИ о чистоте воды в озере при значительном загрязнении всех известных водоемов в черте Екатеринбурга и его ближайших окрестностях;

- относительно близкое расположение к Екатеринбургу и Первоуральску;
- удобное расположение относительно дорог с твердым покрытием (основная масса отдыхающих приезжает на личном автотранспорте);
 - чистый воздух сосновых лесов;
 - красота типичного среднеуральского пейзажа.

Рекреационную нагрузку несут как водоем (озеро), так и леса по его берегам. Рекреационная ценность безусловно возрастает благодаря облесенности берегов сосновыми лесами. Они оказывают на человека высокое оздоровительное воздействие, усиливая эффект от «водных процедур».

Экологическая оценка оздоровительной (гигиенической) функции леса заключается в определении степени ионизации кислорода как продуцируемого растительностью на данной территории, так и приносимого ветром из других мест и в выделении химически активных летучих органических веществ, в первую очередь — фитонцидов.

Гигиенический эффект ионизации кислорода оценивается через коэффициент униполярности, отражающий соотношение тяжелых и легких ионов в воздухе. По данным А.А. Минха (1963), для нижних слоев атмосферы он составляет 1,1-1,2. Чем выше концентрация легких положительных и отрицательных ионов, тем ниже коэффициент униполярности, более чистым и благоприятным в гигиеническом отношении считается воздух. На его ионизацию в лесах оказывают влияние смолистые и ароматические вещества, выделяемые деревьями в процессе жизнедеятельности (Сверчков, 1964, цит. по: Лебедев, 1998). Среди прочих лесов сосновые характеризуются самым низким коэффициентом униполярности и богаты фитонцидами, очищающими воздух от вредных бактерий, поэтому оказывают на отдыхающих самое благоприятное и оздоровительное воздействие (Власюк, 1975). В последнее время есть мнение, что фитонциды играют роль и в очищении атмосферного воздуха, непосредственно влияя на летучие загрязнения от транспорта и промышленности, осаждая, окисляя или нейтрализуя их (Доклады Международной комиссии..., 1989).

При оценке рекреационной роли лесного массива учитывается степень устойчивости лесной экосистемы к воздействию рекреационной нагрузки, которая является интегрированным показателем рекреационного воздействия, определяемым количест-

вом отдыхающих на единицу площади, временем их пребывания на объекте отдыха и видом отдыха. При измерении рекреационных нагрузок обычно устанавливают или единовременное количество отдыхающих на единице площади (1 га) в среднем за учетный период (год), или суммарное время отдыха на единице площади за учетный период.

При расчете допустимых рекреационных нагрузок учитывается возраст лесов, рельеф почвы, группа типов леса. Так, для спелых лесов Свердловского горлесхоза в условиях пересеченной местности допустимы следующие среднегодовые единовременные рекреационные нагрузки (Лебедев, 1998), чел/га:

- сосняк брусничный 0,10;
- сосняк ягодниковый 0,23;
- сосняк липняковый разнотравный 0,43;
- сосняк травяно-зеленомошный 0,23;
- сосняк мшисто-хвощовый 0,1;
- сосняк сфагновый 0,03.

Для березовых лесов этих же групп леса допустимые нагрузки значительно выше. На склонах более 10° допустимая нагрузка находится через понижающий коэффициент 0,6, т. е. по склонам горы Пшеничная она равна: $0,1\times0,6=0,06$ чел/га, т. е. на 100 га бруснично-зеленомошного леса на склоне с крутизной более 10° в течение дня в году может находиться в среднем шесть человек.

Степень подготовленности леса к рекреационным нагрузкам оценивается по длине организованной дорожно-тропиночной сети в м/га. Она увеличивает допустимые рекреационные нагрузки (Лебедев, 1998). Существуют ГОСТы на размеры площадей зеленых насаждений вокруг населенных пунктов для отдыха людей, разработанные с учетом допустимых рекреационных нагрузок.

Причины деградации растительного покрова на берегах озера

Как отмечено выше, оз. Песчаное издавна является местом организованного отдыха студентов. В 1954 г. Уральскому политехническому институту была передана территория площадью 8 га: 7 га «прибрежной лесистой территории соснового леса для организации спортивного лагеря и 1 га водоема» (из документов на отвод). Вырубка леса разрешалась только частично для обустройства жилой территории и спортивных площадок. Позднее, в

1967 г., было разрешено вырубить 3 га леса для постройки постоянных корпусов. По данным администрации лагеря, за летний сезон в нем отдыхают 800–1300 студентов. Обслуживающий персонал составляет 50 человек.

В 1967 г. рядом со студенческим лагерем на восточном берегу озера появилась база отдыха завода пластмасс площадью 2,7 га, которая в 1990-е гг. была передана УГТУ-УПИ.

В пионерском лагере лесотехнического института за лето отдыхало до 300 человек (сейчас лагерь не функционирует), взрослого населения в ведомственных домах отдыха — до 100 человек за лето. Таким образом, за летний период на берегах озера долгие годы организованно отдыхало около 2000 человек (с учетом обслуживающего персонала).

В настоящее время озеро стало излюбленным местом летнего неорганизованного отдыха населения с автотранспортом. Значительно меньшее число отдыхающих приезжает электричками. В будний день, по нашим наблюдениям, на озере собирается до 100 легковых машин. При условии неполной загрузки машин днем на озере находится до 200—300 человек. К вечеру поток машин к озеру возрастает, их количество увеличивается до 200. Общее число горожан, посетивших озеро за один будний день в жаркую погоду, составляет до 400—600 человек. В выходные погожие дни оно возрастает до 2000—3000 человек.

Таким образом, общее число всех отдыхающих на оз. Песчаном за летнее время составляет порядка 20 тыс. человек. На озеро площадью 39 га средняя за лето нагрузка около 500 чел/га. Однако купающиеся сосредоточены в прибрежнной части площадью до 2 га, нагрузка на которую составляет в среднем за сезон до 10 тыс. чел/га, или 1 м² на человека.

Наибольшие рекреационные нагрузки испытывают северный и восточный берега озера. На северном берегу, у подножия горы Пшеничная, расположен спортивный лагерь, где за лето отдыхает до 1300 студентов. Отдыхающие также активно посещают этот берег. Часть берега (более 3 га) занимают постройки лагеря – жилые корпуса, столовая, кухня, спортивные площадки, стоянки машин и др. Большая часть берега, вплоть до болота, применяется как рекреационная зона для прогулок, посиделок у костра и т. д. Ширина активно используемой территории берега достигает 100–200 м от уреза воды вверх по склону. По нашим наблюдениям, студенты прогуливаются по склону горы Пшеничная, особенно в зоне 100 м от уреза воды озера и до 300 м

длиной вдоль озера за пределами лагеря. При отмеченных размерах рекреационная зона с наибольшими нагрузками составляет 3 га. Таким образом, только студенческий лагерь в течение летнего времени формирует на прибрежные леса по крутому склону горы совокупную рекреационную нагрузку более 433 чел/га, или 4,8 чел/га ежедневно в течение 90 дней, что соответствует среднегодовой единовременной рекреационной нагрузке более 1,2 чел/га. И эта нагрузка сохраняется десятки лет! Она превышает допустимую нагрузку для сосняка брусничного в условиях выровненного местоположения в 12 раз. Поскольку крутизна склона горы Пшеничная к озеру более 10°, то допустимая рекреационная нагрузка снижается умножением на коэффициент 0,6 и составляет всего 0,06. Следовательно, реальная среднегодовая единовременная рекреационная нагрузка на растительный покров прибрежной зоны по крутому склону превышает допустимую в 20 раз. В результате проведенного 29 июня 2006 г. общественного экологического аудита установлено, что на прибрежной полосе длиной 1,5 км насчитывалось 30 свалок твердых бытовых отходов (5 т мусора) и 40 костровищ (Информационное издание..., 2006).

Восточный берег, используемый под пляж приезжими отдыхающими, привлекает наиболее удобным для купания местом: песчаным берегом, песчаным пологим дном. Все это рядом со стоянкой автотранспорта. Поэтому здесь наиболее многолюдно в жаркие дни. Ширина пляжной зоны с деградированным растительным покровом составляет 60–100 м. При длине пляжа вдоль берега озера до 100 м площадь его составляет 0,6–1 га. Средняя за сезон совокупная рекреационная нагрузка на прибрежную территорию восточного берега просто огромна – до 10 тыс. чел/га, что соответствует среднегодовой единовременной нагрузке 27 чел/га, превышающей допустимую рекреационную нагрузку 0,43 чел/га в 63 раза!

Южный берег озера приезжие отдыхающие используют в меньшей степени, поскольку он не занят организованными купальными местами (не огорожен забором), значительно удален от шоссе и имеет меньше удобных для купания мест. Часть его занимают пионерский лагерь и старые дома отдыха. На остальной территории устроена прогулочная зона – отсыпана широкая пешеходная дорожка (единственная на берегах озера), рядом с которой проложено несколько грунтовых троп, есть несколько кострищ. Зона, активно используемая под отдых, значительно

уже, составляет 20–60 м, то расширяясь, то сужаясь. Выше по склону растительный покров практически не нарушен и представлен типичным южно-таежным разнотравным сосновым лесом со смешанным древостоем и густым подлеском. Средняя за сезон рекреационная нагрузка здесь наименьшая — приблизительно 0,3–1 чел/га, распределяется по берегу неравномерно.

Таким образом, в настоящее время очевидны результаты продолжительных высоких рекреационных нагрузок, которые стали причиной глубокой деградации лесной растительности на берегах озера. Визуально ее признаки прослеживаются в значительном снижении проективного покрытия травяного покрова и деградации лесных почв. На склонах горы Пшеничная напочвенный покров нарушен на 60–80 % площади. Как следствие практически весь склон лишен лесной подстилки и гумусного горизонта почв, они уничтожены пожаром и рекреацией.

Деградация травяного покрова, отсутствие лесной постилки и гумусового горизонта в сосновом лесу на крутом горном склоне способствует возрастанию твердого стока, смыва нижних почвенных горизонтов маломощных горных почв в период весеннего таяния снега и летними дождями, оголению и иссущению корневых систем деревьев. Сведены к нулю функции лесных почв по водосбережению и водоочищению, а также участие в очистке стоковых вод.

Очевидно, что уничтожение почвенно-растительного покрова на склоне горы Пшеничная имеет несколько отрицательных последствий как для древостоя сосны, так и для озера. Древостой существует в значительно ухудшенных условиях водного режима, не защищен от прямого механического воздействия на корневую систему при хождении отдыхающих по склону горы. Ухудшение водного режима в лесной экосистеме по склону горы отрицательно влияет на водный режим всей экосистемы оз. Песчаного, с одной стороны. С другой – в озеро во много раз возрос твердый сток. В совокупности последствия уничтожения почвенно-растительного покрова на обширной территории по склону к водоему способствуют усыханию соснового леса и обмелению озера. Исчезновение лесной подстилки и почв может сказаться на качестве воды.

Высокие рекреационные нагрузки (вытаптывание) на оголенную почву также увеличивают снос нижних горизонтов почвы через распыление их верхних слоев, которые затем легко сносятся ветрами и дождевыми потоками в озеро. Кроме того,

почва, лишенная растительности, перегревается и иссушается, что отрицательно сказывается на состоянии соснового древостоя. Нижние горизонты почв уплотнены вследствие вытаптывания и менее способны впитывать атмосферные осадки, что усиливает их сток вниз по склону, повышая смыв мелкозема. Общее состояние древостоя и напочвенного покрова ухудшается низовыми пожарами, признаки которых заметны на склоне горы Пшеничная к озеру. Причиной пожаров также являются отдыхающие.

Растительный покров восточного берега озера — излюбленного места отдыха горожан — уничтожен на 70–80 % территории. Почва здесь менее каменистая, подстилающая порода — песок. После сведения травяно-кустарничкового покрова и гумусового горизонта почвы оголяется разбитый бесструктурный сыпучий мелкий песок. Напочвенный покров сохранился островками по понижениям нанорельефа, под куртинами кустарника среди отдельных сосен. Местами имеется разреженный древостой сосны без напочвенного покрова. Ближе к шоссе древостой становится гуще, встречаются участки с угнетенным, но не уничтоженным исходным напочвенным покровом. В связи с тем что крутизна склона берега здесь незначительна, твердый сток заметно ниже, чем на северном берегу, но сильнее ветровая эрозия. Следует отметить, что сеть тропинок с твердым покрытием по берегам озера отсутствует.

Таким образом, длительное рекреационное использование экосистемы водосборного бассейна оз. Песчаное без проработки экологического аспекта проблем сформировало огромные антропогенные нагрузки на прибрежную растительность.

Большой интерес горожан к оз. Песчаное в последние годы усугубляет создавшееся неблагоприятное положение с высокими рекреационными нагрузками и порождает дополнительные проблемы, которые необходимо решать. Их можно разделить на две группы.

Низкая комфортность отдыха граждан: а) отсутствие раздевалок и туалетов; б) отсутствие организованного вывоза мусора; в) отсутствие удобных парковок, невозможность выехать (разъехаться) при значительном скоплении автомащин, а при большом скоплении в конце рабочего дня или в выходной — вообще нельзя подъехать близко к озеру.

Перегрузка экосистемы озера. Озеро Песчаное – относительно небольшой водоем. Нагрузка в летний период составляет

до 20 тыс. человек за сезон (с учетом организованных отдыхающих). При отсутствии туалетов для неорганизованной части отдыхающих (до 10 тыс. человек) и прибрежной растительности можно предполагать, что минимум 2 т мочевины поступает в водоем ежегодно.

Рекреационная значимость оз. Песчаное определяет необходимость повышенного внимания администрации Екатеринбурга к проблеме организации отдыха горожан. Введение в 2004 г. платного проезда и создание охраняемых парковок за три года не решила задачу сохранения экосистемы водоема. В июне 2006 г. был проведен общественный экологический аудит прибрежной полосы озера. Главной его целью были выработка рекомендаций для обустройства водоохраноой зоны озера и передача их администрации. На сайте «Вода. Экология. Здоровье» (www.ceti.ur.ru) представлены неутешительные результаты обследования берегов озера общественностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на малые размеры оз. Песчаное имеет большое рекреационное значение для Екатеринбурга. Поток отдыхающих с каждым годом увеличивается, растет и нагрузка на экосистему озера. Настоящее исследование дает информацию о современном экологическом состоянии водоема.

В донных отложениях оз. Песчаное аккумулировано повышенное количество тяжелых металлов и нефтепродуктов, что произошло в результате многолетних миграций поллютантов. Причем тяжелые металлы в основном оседают в торфяно-илистых отложениях. Песчаные донные отложения остаются значительно чище. По гидрохимическим параметрам озеро характеризуется как водоем, в котором идут процессы закисления и отмечена низкая скорость деструкционных процессов.

В зимний период в снеге на акватории озера установлено повышенное содержание меди, свинца, кадмия, цинка, возрастающее по направлению с южного берега к северному и свидетельствующее о существовании их атмосферного переноса со стороны СУМЗа.

Флора водорослей оз. Песчаное отличается видовым разнообразием и представлена 241 видом (273 с учетом разновидностей и форм), относящимся к 110 родам, 24 порядкам и 9 отделам. Такие особенности развития фитопланктона, как высокое видовое обилие, интенсивное развитие синезеленых водорослей, преобладание наннопланктонных организмов, слабое развитие диатомовых центрических водорослей, характеризуют водоем как гумифицированный олигоацидный. Состояние фитопланктона свидетельствует о слабом загрязнении воды озера органическими веществами и позволяет отнести их к II—III классу чистоты.

В оз. Песчаное за период исследований было зарегистрировано 70 видов зоопланктонных организмов – коловраток и ракообразных. Данные структурной организации зоопланктонного сообщества озера говорят о том, что в этом водоеме в настоящее время не существует экстримальных условий для его функционирования. В 2004 г. по сравнению с 2003 трофность озера несколько повысилась, но оно, по сведениям за оба года, относит-

ся к мезотрофным водоемам с вполне чистой водой. В рыбохозяйственном отношении его можно назвать среднекормным для планктофагов.

В составе донной фауны оз. Песчаное определено 83 вида и формы гидробионтов. Встречались представители 17 систематических групп. По данным исследования зообентоса, воды пелагиали, южной и северной литорали озера соответствовали категории чистых. Участки акватории в районе лагеря УГТУ-УПИ отвечали классу умеренно загрязненных вод. По состоянию донной фауны оз. Песчаное можно отнести к водоемам с низким уровнем развития кормовой базы рыб-бентофагов.

Озеро по природному комплексу обитающих в нем рыб можно отнести к типичным окунево-плотвичным водоемам таежной зоны Горного Урала. Ранее в нем обитали окунь, плотва, щука, карась, озерный гольян, в настоящее время практически один окунь. Ихтиофауна озера обедненная, что стало следствием закисления и зимнего замора. Восстановление ихтиофауны при сохранении существующих условий остается проблематичным.

Озеро Песчаное использует для размножения серая жаба, которая может откладывать икру только в водоемы с чистой или умеренно загрязненной водой, что косвенно свидетельствует об относительно хорошем качестве воды.

Исследования показали, что почвенно-растительный покров северного и восточного берегов оз. Песчаное претерпел глубокую трансформацию. Заметны деградация древостоя сосны (усыхание ветвей в верхней части кроны и поверхностных корневых систем, суховершинность отдельных деревьев), отсутствие возобновления древостоя, нет подлеска и травяного покрова на большей части прибрежной территории. Имеющиеся островки растительности сложены типичными синантропными видами трав. Деградация почвенно-растительного покрова связана с повышенной рекреационной нагрузкой, превышающей допустимую в десятки раз и сформировавшейся как следствие отсутствия проработки экологического аспекта проблемы организации отдыха людей.

Влияние рекреационной нагрузки на береговую лесную экосистему четко демонстрирует состояние почвенной фауны. В прибрежной полосе состав и структура мезофауны обедненные. На участках, удаленных от спортлагеря УГТУ-УПИ, уровень численности и биомассы беспозвоночных животных лишь незначительно отличается от других экосистем южной тайги Урала.

Высокие концентрации дождевых червей на удаленных от озера участках свидетельствуют о том, что поллютанты не лимитируют продуктивность мезофауны в данном районе.

Приоритетными направлениями природоохранной деятельности на оз. Песчаное можно назвать: восстановление растительности в прибрежной полосе, благоустройство рекреационной зоны, организацию стоянок для транспорта, соблюдение запрета на использование моторного маломерного флота. Для повышения рекреационных ресурсов озера необходимо расширить мелководную песчаную полосу за счет привезенного в район восточного берега песка.

В 2004 г. был введен платный въезд машин к озеру в период купального сезона. В определенной мере это организовало поток отдыхающих, который в последние годы стал весьма значительным, но не сняло проблемы деградации прибрежной полосы. Введение платы за въезд к озеру с юридической точки зрения можно оспорить, но организация платных охраняемых стоянок и мелкой торговли должна помочь администрации Екатеринбурга найти средства для уборки мусора (который продолжает накапливаться на берегах озера и убирается в основном благодаря энтузиастам-экологам) и благоустройства пляжа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абакумов В.А., Свирская Н.Л., Иголкина Е.Д. Закисление озер Карелии и водные биоценозы // Мониторинг фонового загрязнения природных сред, 1990. Вып. 6. С. 179–185.

Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 269 с.

Андроникова Й.Н. Структурно-функциональная организация зоо-планктона озерных экосистем. СПб.: Наука, 1996. 189 с.

Архипова Н.П. Природные ресурсы пригородной зоны Свердловска и их охрана // Охрана природы на Урале. Памятники природы. Вып. IV. Свердловск: Комиссия по охране природы УФАН, 1967. С. 5–19.

Архипова Н.П. Окрестности Свердловска. Свердловск: Среднеуральское кн. изд-во, 1981. 191 с.

Балабанова З.М., Сысолятина Т.Л. Водоемы Большого Свердловска // Тр. Уральского отдел. СибНИИРХ, 1966. Т. 7. С. 107–133.

Баканов А.И. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах. Борок, 1987. 63 с. Рукопись деп. в ВИНИТИ. № 8593—В87.

Баканов А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Биология внутренних вод, 2000. № 1. С. 68–82.

Балонов И.М. Подготовка водорослей к электронной микроскопии // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.

Богданов В.Д., Лугаськов А.В., Ярушина М.Й. и др. Анализ современного состояния экосистемы озера Шарташ // Проблемы экологии и охраны окружающей среды: Тез докл. науч.-практ. конф. «Урал-экология». Екатеринбург, 1995. С. 86–87.

Боруцкий Е.В., Степанова Л.А., Кос М.С. Определитель Calanoida пресных вод СССР. СПб.: Наука, 1991. 503 с.

Бульон В.В. Общая характеристика некоторых озер Южной Карелии, разнотипных по степени ацидности и гумифицированности // Реакция озерных экосистем на изменение биотических и абиотических условий. СПб., 1994. С. 5–28.

Буторина Л.Г. О причинах образования стай у Polyphemus pediculus (L) // Инф. бюл. ИБВВ АН СССР, 1969. № 3. С. 68–71.

Буторина Л.Г. Экологические аспекты поведения водных беспозвоночных на примере Polyphemus pediculus (L.), Cladocera: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1990. 40 с.

Васина М.Н. Аятское водохранилище и его гидрохимический режим // Тр. УралСибНИИРХ, 1975. Т. IX. С. 193-200.

Васина М.Н., Ярушина М.И. Экологическая характеристика Исетского водохранилища // Рыбохозяйственное освоение водоемов Урала. Л.: ГосНИОРХ, 1984. С. 61–68.

Виноградова К.Л., Голлербах М.М., Зауер Л.М., Сдобни-кова Н.В. Зеленые, красные и бурые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. Л.: Наука, 1980. Вып. 13. 248 с.

Винберг Г.Г. Биологические процессы и самоочищение на загрязненном участке реки. Минск, 1973. 192 с.

Власю к В. Н. Экономическая оценка санитарно-гигиенической оценки

леса. Вильнюс, 1975.

Воронова Л.Д. Почвенная фауна южной тайги Пермской области // Почвенная фауна Северной Европы. М.: Наука, 1987. С. 59-65.

Галактионов С.А. Озера Урала. Свердловск, 1990. 117 с.

Гиляров М.С., Криволуцкий Д.А. Радиоэкологические исследования в почвенной зоологии // Зоол. журн., 1971. Т. 50, вып. 3. С. 329–342.

Глухова В.М., Нарчук Э.П. Culicidae. Настоящие комары // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4. Высшие насекомые. Двукрылые. СПб.: ЗИН РАН, 1999. С. 137–151, 508–561.

Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. Синезеленые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Сов. наука, 1953. Вып. 2. 651 с.

Горностаева Р.М., Данилов А.В. Комары Москвы и Московской

области. М.: KMK Scientific Press, 1999. 342 с.

Горчаковский П.Л., Никонова Н.Н., Фамелис Т.В. Растительность и ботанико-географическое деление территории // Определитель сосудистых растений Среднего Урала. М.: Наука, 1994. С. 6-12.

Гусева К.А. К методике учета фитопланктона // Тр. Ин-та биол. водо-

хранилищ, 1959. Т. 2, вып. 5. С. 44-51.

Гуцевич А.В., Мончадский А.С., Штакельберг Ф.Ф. Комары сем. Culicidae. Фауна СССР. Насекомые двукрылые. Л.: Наука, 1970. Т. 3, вып. 4. 384 с.

Пепусенко-Щеголева Н.Т., Голлербах М.М. Желтозеленые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. Вып. 5. 230 с.

Дедусенко-Щеголева Н.Т., Матвиенко А.М., Шкорбатов Л.А. Зеленые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959. Вып. 8.

Диатомовые водоросли СССР (Ископаемые и современные). СПб.: Наука,

1988. Т. II, вып. 1. 116 с.; 1992. Т. II, вып. 2. 125 с.

Добровольский В.В. Роль органического вещества почв в миграции металлов // Российская наука: нам гранты думать и жить помогают: Сб. ст. М.: Октопус-Природа, 2004. С. 132-137.

Доклады Международной комиссии по окружающей среде и развитию:

Пер. с англ. М.: Прогресс, 1989. 376 с.

Дрозжина K.C., Федорова Г.В. Плодовитость окуня Ладожского озера// Тр. ГосНИОРХ, 1982. Вып. 179. С. 99-107.

Ерофеева Г.П. Заморное озеро Здохня и его гидрохимический ре-

жим // Тр. УралСибНИИРХ, 1971. Т. 8.

Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И. и др. Диатомовые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Сов. наука, 1951. Вып. 4. 619 с.

Задачи и вопросы по химии окружающей среды / Н.П. Тарасова, В.А. Куз-

нецов, Ю.В. Сметанников и др. М.: Мир, 2002. 365 с.

Информационное издание «Вода, Экология, Здоровье», 2006. № 6 (7). Ин-

тернет-ресурс ceti.ur.ru.

Ипатов В.С., Кирикова Л.А. Фитоценология. СПб.: Изд-во С.-Петерб. гос. ун-та, 1999. 316 с.

Киселев И.А. Пирофитовые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Сов. наука, 1954. Вып. 6. 212 с.

Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. Л.: Наука, 1984. 207 с.

Ковалькова М.П. Донная фауна заморного озера Вашты // Тр. Урал-СибНИИРХ, 1971. Т. 8. С. 189–193.

Ковалькова М.П. Макрозообентос некоторых озер среднего Урала: Дис ... канд. биол. наук. Л., 1975. 26 с.

Козлова И.В. Зоопланктон озер Шарташ, Балтым, Исетское, Половинное // Тр. УралГосНИОРХ, 1964. Т. б. С. 77-83.

Козлова И.В. Зоопланктон заморного оз. Вашты // Тр. УралСибНИ-ИРХ, 1971. Т. 8. С. 183–188.

Козлова И.В. О роли ракообразных в общей продуктивности зоопланктона мезотрофного озера Таватуй // Водоемы Сибири и перспективы их рыбохозяйственного использования. Томск, 1973. С. 160–161.

Количественные методы в почвенной зоологии / Ю.Б. Бызова, М.С. Гиля-

ров, В. Дунгер и др. М.: Наука, 1987. 288 с.

Колосова С.И. Исследование микрофлоры некоторых водоемов окрестностей г. Свердловска // Уч. зап. Казанского гос. ун-та, 1939. Т. 9, кн. 1. С. 45–61.

Комов В.Т., Лазарева В.И. Причины и последствия антропогенного закисления поверхностных вод Северного региона на примере сравнительно-лимнологического исследования экосистем Дарвинского заповедника // Структура и функционирование экосистем ацидных озер. СПб., 1994. С. 3–30.

Комплексная экологическая оценка техногенного воздействия на экосистемы южной тайги / А.М. Степанов, З.З. Кабиров, Т.В. Черненькова и др. М.: ЦЭПЛ, 1992. 246 с.

Кондратьева Н.В. Синьо-зелені водорості – Суапорнуtа // Визначник прісноводних водоростей Українской РСР. Вып. 1, ч. 2. Класс Гормогониевые – Hormogoniophyceae. Київ: Наук. думка, 1968. 523 с.

Кордэ Н.В. История альгофлоры некоторых озер Среднего Урала //

Тр. лаборатории сапропелевых отложений, 1949. Вып. 3. С. 68–100.

Коротков А.И., Павлов А.Н. Гидрохимический метод в геологии и гидрогеологии. Л.: Недра, 1972. 182 с.

Косинская Е.К. Десмидиевые водоросли // Флора споровых растений СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. Т. V. Коньюгаты (2). 706 с.

Криволуцкий Д.А. Почвенная фауна в экологическом контроле. М.: Наука, 1994. 269 с.

Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука, 1970. 744 с.

Кухарчук Л.П. Экология кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) Сибири. Новосибирск: Наука, 1981. 232 с.

Лебедев Ю.В. Эколого-экономическая оценка лесов Урала. Екатеринбург, 1998. 215 с.

Лепнева С.Г. Ручейники. М.; Л.: Наука, 1964. Т. II, вып. 1. 562 с.; 1966. Т. II, вып. 2. 560 с.

Линник П.Н., Васильчук Т.А., Линник Р.П. Гумусовые вещества природных вод и их значение для водных экосистем (обзор) // Гидробиол. журн., 2004. Т. 40, № 1. С. 81–107.

Лукин А.А., Даувальтер В.А., Новоселов А.П. Экосистема Печоры в современных условиях. Апатиты: Кольский науч. центр РАН, 2000. 192 с.

Любимова Т.С. Планктон заморного озера Здохня // Тр. УралСибНИ-ИРХ, 1971. Т. 8. С. 253–258.

Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. Л., 1974. 53 с.

Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки (*Cladocera*) фауны СССР. М.: Наука, 1964. 320 с.

Матвиенко А.М. Золотистые водоросли // Определитель пресновод-

ных водорослей СССР. М.: Сов. наука, 1954. Вып. 3. 188 с.

Матвіенко О.М. Золотисті водорості — Chrysophyta // Визначник прісноводних водоростей Українской РСР. Київ: Наук. думка, 1965. Вып. 3, ч. 1. 365 с.

Матвієнко О.М., Догадіна Т.В. Жовтозелені водорості — Хапthophyta // Визначник прісноводних водоростей Українской РСР. Київ: Наук. думка, 1978. Вып. 10. 512 с.

ук. думка, 1976. Бын. 10. 512 С

Матвіенко О.М., Литвиненко Р.М. Пірофитові водорости— Руггорнута // Визначник прісноводних водоростей Українской РСР. Київ: Наук. думка, 1977. Вып. 3. 384 с.

Матюхин В.П. Оценка состояния промысловых запасов рыб в озерах Урала // Известия ГосНИОРХ. Л.: 1977. Т. 126. С. 107–112.

Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (Cu, Zn, Pb, Ni, Cd) в пробах почв атомно-абсорбционным анализом. РД 51.18.191–89.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л.: Ленуприздат, 1982. 33 с.

Методические указания. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтяных компонентов в донных отложениях с идентификацией их состава и происхождения. РД 52.24.505—95.

Минх А.А. Ионизация воздуха и ее гигиеническое значение. М.: Медгиз, 1963. 352 с.

Михайлова Л.В. Разработка нормативов загрязняющих веществ в донных грунтах (на примере нефти) // Тез. докл. VIII Съезда Гидробиол. о-ва РАН. Калининград, 2001. Т. II. С. 152–153.

Моисеенко Т.И. Влияние закисления на водные экосистемы // Экология, 2005. № 2. С. 110–119.

Мошкова Н.А., Голлербах М.М. Зеленые водоросли. Класс улотриксовые (1) // Определитель пресноводных водорослей СССР. Л.: Наука, 1986. Вып. 10 (1). 360 с.

Мухачев И.С. О скорости заселения озер окунем *Perca fluviatilis* L. // Вопр. ихтиол., 1971. Т. 11, вып. 3. С. 522–524.

Некрасова Л.С. Влияние медеплавильного производства на почвенную мезофауну // Экология, 1993. № 5. С. 83–85.

Некрасова Л.С. Материалы по фауне и экологии кровососущих комаров (Culicidae) северной тайги Свердловской области // Паразитология, 1983. № 1. С. 80–83.

Некрасова Л.С. Развитие личинок кровососущих комаров рода *Aedes* на техногенных территориях Южного Урала // Экология, 1995. № 5. С. 403—406.

Некрасова Л.С. Экологический анализ перенаселенности личинок кровососущих комаров. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 123 с.

Некрасова Л.С., Вигоров Ю.Л. Эколого-географический анализ кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) Среднего Урала // Вестник Челяб. гос. пед. ун-та. Сер. 10, 2002. № 3. С. 79–93.

Некрасова Л.С., Вигоров Ю.Л. Анализ фауны кровососущих комаров Екатеринбурга и его окрестностей // Синантропизация растений и животных: Мат-лы Всерос. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН им. Б.В. Сочавы, 2007. С. 218–221.

Некрасова Л.С., Вигоров Ю.Л., Вигоров А.Ю. Особенности сообществ кровососущих комаров растительных подзон Свердловской области // Леса Урала и хозяйство в них. Екатеринбург: УГЛТУ, 2003а. Вып. 23. С. 65–72.

Некрасова Л.С., Вигоров Ю.Л., Рощектаева О.М. Соотношение и сезонная динамика численности разных экологических групп кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) Нижнего Тагила и растительных подзон Урала // Вестник Челяб. гос. пед. ун-та, 2003б. № 4. С. 37–49.

Никаноров А.М., Лапин И.Л. Оценка буферной емкости пресноводных экосистем к антропогенному загрязнению // Докл. АН УССР, 1990. Т. 314, № 6. С. 1507–1510.

Николаенко В.Т., Плотников Л.П., Воронин А.П. Лесизащита водоемов от загрязнения. М.: Лес. пром-сть, 1980.

Никонов Г.И. «Живое серебро» Обь-Иртышья. Тюмень: СофтДизайн, 1998. 176 с.

Никулина В.Н. Особенности фитопланктонных сообществ светловодно-ацидных и гумифицированных озер Южной Карелии // Реакция озерных экосистем на изменение биотических и абиотических условий. СПб., 1994. С. 29–47.

Нифонтова М.Г., Маковский В.И. Содержание радионуклидов в торфяной залежи низинных болот // Экология, 1995. № 6. С. 448—454.

Одум Ю. Основы экологии. М.: Наука, 1975. 740 с.

Оксиюк О.П., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П. и др. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн., 1993. Т. 29, № 4. С. 62–76.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Низшие беспозвоночные. СПб.: Наука, 1994. Т. 1. 394 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Ракообразные. СПб.: Наука, 1995. Т. 2. 628 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Высшие насекомые. СПб.: Наука, 1999. Т. 4. 998 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Высшие насекомые. СПб.: Наука, 2001. Т. 5. 836 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Моллюски. Полихеты. Немертины. СПб.: Наука, 2004. Т. 6. 526 с.

риторий. Моллюски. Полихеты. Немертины. СПб.: Наука, 2004. Т. 6. 526 с. Оценка состояния и устойчивости экосистем. М.: ВНИИприрода, 1992. 127 с.

Павловский Е.С. Почвозащитное значение естественных кормовых угодий // Естественные кормовые ресурсы СССР и их использование. М.: Наука, 1978. С. 74–78.

Павлюк Т.Е. Использование трофической структуры сообществ донных беспозвоночных для оценки экологического состояния водотоков: Дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1998. 24 с.

Паламарь-Мордвинцева Г.М. Зеленые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. Л.: Наука, 1982. Вып. 2. 620 с.

Панова Н.К., Коротовская Т.Г. Палинологические исследования торфяника у озера Песчаное // Лесоэкологические и палинологические исследования болот на Среднем Урале. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. С. 47–55.

Панкратова В.В. Личинки и куколки комаров подсемейства Chironominae фауны СССР (Diptera, Chironomidae=Tendipedidae). Л.: Наука, 1970. 343 с.

Панкратова В.В. Личинки и куколки комаров подсемейства Tanypodinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae=Tendipedidae). Л.: Наука, 1977. 152 с.

Панкратова В.В. Личинки и куколки комаров подсемейства Orthocladiinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae=Tendipedidae). Л.: Наука, 1983. 295 с.

Паньков Н.Н. Структурные и функциональные характеристики зообентоценозов р. Сылвы (бассейн Камы). Пермь: Изд-во Перм. гос. ун-та, 2004. 161 с.

Пашкевич А.И. Зоопланктон озера Шарташ – его продукция и роль в экосистеме // Итоги изучения гидробионтов Урала. Препринт. Свердловск, 1984. С. 32–43.

Первозванский В.Я. Рыбы водоемов района Костомукшского же-

лезнорудного месторождения. Петрозаводск: Карелия, 1986. 216 с.

Пидгайко М.Л., Александров Б.М., Иоффе Ц.И. и др. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов северо-запада СССР // Известия ГосНИОРХ, 1968. Т. 67. С. 205–228.

Попова Т.Г. Определитель пресноводных водорослей СССР. Эвгленовые водоросли. М.: Сов. наука, 1955. Вып. 7. 282 с.

Протасов А.А. О концепции емкости среды и экологический емкости // Гидробиол. журн., 1994. Т. 30, № 4. С. 3–13.

Прыткова М.Я., Якушенко О.Ф. Восстановление экосистем малых озер. СПб.: Наука, 1994. 143 с.

Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 639 с.

Рогозин А.Г. Коловратки (Rotifera) Челябинской области. Миасс: ИГЗ, 1995. 126 с.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 239 с.

Рылов В.М. Фауна СССР. Ракообразные. Т. III, вып. 3. *Cyclopoida* пресных вод. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. 319 с.

Смирнов Н.Н. Фауна СССР. Ракообразные. Т. 1, вып. 2. Chydoridae фауны мира. Л.: Наука, 1971. 530 с.

Смирнов Н.Н. Фауна СССР. Ракообразные. Т. 1, вып. 3. Macrothricidae и Moinidae фауны мира. Л.: Наука, 1976. 236 с.

Тарасов А.И. Экономическая оценка рекреационной функции лесов // Экспресс-информ., 1987. Вып. 8. С. 30–32.

Толкачев Г.Ю. Тяжелые металлы в системе вода – донные отложения // Тез. докл. Междунар. и молодеж. конф. «Экологические проблемы крупных рек – 3». Тольятти. 15–19 сент. 2003 г. С. 285.

Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия, 1973. 376 с.

Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. III. Методы биологического анализа вод. Приложение 1. Индикаторы сапробности. М.: Изд-во «Секретариат СЭВ», 1977. 91 с.

Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей среды. РД 52.18.595–96.

Хироси Х. Загрязнение крупных районов. Кислотные дожди // J. Publ. Health. Pract., 1992. V. 56, No. 3. C. 204–208.

Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев: Наук. думка, 1990. 208 с.

Черняева Л.Е., Черняев А.М., Еремеева М.Н. Гидрохимия

озер. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 336 с.

Черняева Л. Е., Черняев А. М., Могиленских А.К. Химический состав атмосферных выпадений (Урал и Уральский район). Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 177 с.

Шилкова Е.В. Бентос заморного озера Здохня // Тр. УралСибНИИРХ,

1971. T. 8. C. 179–181.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. Кн. 1. М.: Наука, 2005. 281 с.

Экологическое состояние водных объектов Нижнего Новгорода / Д.Б. Гелашвили, А.Г. Охапкин, А.И. Доронина и др. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2005. 414 с.

Экологическое состояние притоков Нижней Оби (реки Сыня, Войкар, Собь) / В.Д. Богданов, Е.Н. Богданова, О.А. Госькова и др. Екатеринбург: УрО PAH, 2002. 136 c.

Экология озера Большое Миассово. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 2000. 318 с.

Ярушина М.И. Фитопланктон и качество воды озера Шувакиш // Тез. докл. VIII Междунар. симп. Чистая вода России-2005. Екатеринбург, 2005. C. 107-108.

Ярушина М.И. Состав и структура фитопланктона оз. Песчаное // Биологические ресурсы и рациональное рыбохозяйственное использование водоемов Урала. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2006. С. 44-67.

Ярушина М.Й., Васина М.Н. Качество воды Исетского водоемаохладителя по гидрохимическим и гидробиологическим показателям // Биологические ресурсы водоемов Урала и их рациональное использование: Тез. докл. II Регион. сов. гидробиологов Урала. Пермь, 1983. Ч. І. С. 82-83.

Chudzicka E., Škibinska E. Monitoring and role of invertebrates in bioindicatory evaluation of environment condition and changes // Memorabilia zoological, 1998a. V. 51. P. 3-12.

Chudzicka E., Skibinska E. Diversity of reactions of insect communities as a response to anthropogenic pressure // Memorabilia zoological, 1998b. V. 51. P. 13-30.

Goodnight C.J., Whitkey L.S. Oligochaetes as indicators of pollution // Proc. 15-th Ind. Waste Conv., 1961. V. 106. P. 139-142.

Senesi N. Metal-humic substances complex in the environment // Biogeochemistry of trace metals, 1992. P. 429–496.

Starmach K. Chryophyceae und Haptophyceae // Supowasserflora von Mitteleuropa, 1985. Bd 1. 515 s.

Woodiwiss F.S. The biological system of stream classification used by the Trent Board // Chemia. Ind., 1964. No. 11. P. 443–447.

ОГЛАВЛЕНИЕ

введение	3
1. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКИ	5
2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ	12
3. ФИТОПЛАНКТОН ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ	29
4. ЗООПЛАНКТОН ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ	59
5. ЗООБЕНТОС ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ	82
6. ИХТИОФАУНА ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ	103
7. КРОВОСОСУЩИЕ КОМАРЫ СОСНОВОГО ЛЕСА ОКОЛО ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ	105
8. ПОЧВЕННЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ КАК ИНДИКАТОРЫ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ОЗЕ- РО ПЕСЧАНОЕ	112
9. РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ БЕРЕГОВ ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ	115
10. ОЗЕРО ПЕСЧАНОЕ КАК ЭКОСИСТЕМА	120
11. ОЗЕРО ПЕСЧАНОЕ КАК РЕКРЕАЦИОННЫЙ РЕСУРС	123
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	131
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	134

Научное издание

Владимир Дмитриевич Богданов Елена Николаевна Богданова Ольга Александровна Госькова Любовь Степановна Морозова Любовь Степановна Некрасова Леонид Николаевич Степанов Маргарита Ивановна Ярушина

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РЕКРЕАЦИОННОЙ ЕМКОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА ПЕСЧАНОЕ

Рекомендовано к изданию ученым советом Института экологии растений и животных и НИСО УрО РАН

Редактор М.О. Тюлюкова
Технический редактор Е.М. Бородулина
Корректор Г.Н. Старкова
Компьютерная верстка Г.П. Чащиной

НИСО УрО РАН № 103(07)-6. Сдано в набор 23.10.07. Подписано в печать 19.11.07. Формат 60×84 1/16. Бумага типографская. Печать офсетная. Усл. печ. л. 9. Уч.-изд. л. 9. Тираж 300. Заказ 275.

Оригинал-макет изготовлен в РИО УрО РАН. 620219, Екатеринбург, ГСП-169, ул. Первомайская, 91.

Отпечатано в типографии «Уральский центр академического обслуживания». 620219, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18.