

== МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ, ПОДДЕРЖАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ ==
И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 574.58(470.43)

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ВОДОЕМОВ
(ТОЛЬЯТТИ, САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2026 г. Т.Д. Зинченко*, Н.Г. Тарасова**, А.В. Мисюк*, В.П. Моров*

** Институт экологии Волжского бассейна Самарского федерального
исследовательского центра РАН*

Россия, 445003, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, д. 10

E-mail: zinchenko.tdz@yandex.ru, moroff@mail.ru

***Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН*

Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок, д. 109. E-mail: tnatag@mail.ru

Поступила в редакцию 05.05.2026. После доработки 15.06.2026. Принята к публикации 25.06.2026.

Представлены результаты комплексных исследований оценки экологического состояния озера Пляжное (г. Тольятти, Самарская область), выполненные на основе проведенной паспортизации состояния водоема и его рекреационных ресурсов. Включены данные природно-географических исследований, сведения по четвертичной геологии и гидрогеологии водоохраной зоны и территории водосборного бассейна; гидрографо-гидрологические, гидрохимические, гидробиологические, ландшафтно-экологические и санитарно-бактериологические показатели, интегральные экологические характеристики, рекомендации по восстановлению и сохранению водного объекта. По результатам гидрохимических и гидробиологических исследований, оценки изменений численности и биомассы основных таксономических групп с использованием различных методологических подходов изучена динамика комплекса абиотических и биотических показателей. Из сформированного набора абиотических факторов среды произведен отбор значимых параметров, определяющих экологическое состояние водоема. Определен экологический статус озера. Исследования выполнены с целью оперативного прогнозирования экокризисных ситуаций и раннего предупреждения об экологической опасности при оценке состояния водных объектов.

Ключевые слова: экологическое состояние, озеро Пляжное, бассейн озера, абиотические и биотические показатели, таксономическое разнообразие, Самарская область.

DOI: 10.24412/2542-2006-2026-2-94-137

EDN: UKMUQF

Природные водные объекты играют важную роль в формировании урбанизированного ландшафта в современном городе, где они должны выполнять рекреационную, эстетическую и экологическую функции. К сожалению, в г.о. Тольятти под влиянием антропогенного пресса возникла новая техногенная среда. Она характеризуется высоким уровнем промышленных загрязнений, специфическим тепловым режимом, угнетением растительных насаждений, хозяйственно-бытовым загрязнением водных источников. Все это приводит к необходимости в неотложных мероприятиях по охране и восстановлению природных вод. Привносимые загрязняющие вещества провоцируют изменение химического состава воды, угнетая условия существования и функционирования биологических систем. Необходимость оптимально организованного мониторинга состояния аквальных систем как основы для принятия правильных управленческих решений очевидна. В этой связи сотрудники Института экологии Волжского бассейна РАН (Гелашвили и др., 2001; Розенберг и др., 2001; Зинченко и др., 2003; Ромашкова, 2015) по заданию Администрации городского округа

формализовали соответствующие подходы и информационные системы для комплексной оценки экологического состояния городских водоемов.

По результатам такой оценки был составлен экологический паспорт озера Пляжное, расположенного в зоне инженерной и транспортной инфраструктуры в Комсомольском районе города на участке, легко доступном для рекреации (Экологический паспорт ..., 2000).

Материалы и методы

Материалом для экологического мониторинга послужили пробы воды и донных отложений, прибрежно-водная растительность, а также состояние ихтиофауны. Исследования проведены в разные месяцы вегетационных сезонов 1991-2008 гг.

Для оценки гидробиологического состояния озера и сапробиологической оценки воды анализировались данные качественного и количественного состава фитопланктона, зоопланктона, бактериопланктона и макрозообентоса.

Отбор проб воды и донных отложений производился в феврале, мае, июле и октябре на 3 основных вертикалях (ст. 1-3) продольного створа и дополнительно в прибрежной зоне (ст. 4) в районе точечного источника загрязнений.

Отбор проб бентоса производили в зонах литорали, сублиторали и бентали в течение вегетационного периода с 1991 по 2008 гг. Отбор количественных проб бентоса в бентали, сублиторали выполнен дночерпателем Экмана–Берджи с площадью захвата $1/40 \text{ м}^2$ (1-3 подъема на станции), а в прибрежной зоне пробы брали скребком с длиной ножа 16 см (протаскивание 1 м). Образцы грунта промывали через капроновый газ № 21 (размер ячеек 300-310 мкм). Пробы фиксировали 4% раствором формальдегида (Методика изучения ..., 1975; Методические рекомендации ..., 1982). При установлении видовой принадлежности разных групп гидробионтов планктона и бентоса использовали определители (Рылов, 1948; Мануйлова, 1964; Панкратова, 1970, 1977, 1983; Кутикова, 1970; Определитель пресноводных ..., 1977, 1997, 1999; Кикнадзе и др., 1991; Макаrenchенко Е., Макаrenchенко М., 1999; Cranston, 1982; Wiederholm, 1983).

Для анализа полученных данных и интегральной характеристики сообщества использовали такие показатели, как численность (N , экз./ м^2) и биомасса (B , г/ м^2) гидробионтов, относительные величины численности и биомассы (процент общей численности и биомассы организмов макрозообентоса), встречаемость видов (%), число видов.

Для оценки сообществ макрозообентоса учитывали число таксонов и видов, их частоту встречаемости (P , %), численность (N , экз./ м^2), биомассу (B , г/ м^2), индекс видового разнообразия Шеннона–Уивера (Shannon, Weaver, 1949). Для оценки видовой структуры донных сообществ использовали индекс доминирования D_i (Палий, 1961). Биотический индекс Вудивисса (Woodiwiss, 1964), использованный для оценки качества воды, основывается на соотношении количества видов, устойчивых и неустойчивых к загрязнению.

Водный баланс оз. Пляжное определялся расчетным методом (Богословский, 1960), с учетом данных наблюдений Самарской гидрогеологической экспедиции в 2000 г.

Для расчетов использовались опубликованные материалы по количеству атмосферных осадков, выпадающих на территорию г. Тольятти, испарению с водной поверхности водоемов Самарской области (табл. 1) и морфометрические показатели озера (табл. 2).

Таким образом, питание озера (без учета подпитки из подземных вод) осуществляется примерно в равных частях за счет поверхностного притока с водосборной площади и осадков на поверхность водоема. Снижение уровня воды и уменьшение объема водных масс связано в основном с потерями на испарение с акватории озера; на грунтовый сток приходится немногим более 45% от суммарного расхода воды в течение года (табл. 3). Кроме того,

наблюдения Самарской гидрогеологической экспедиции за ходом уровня в озере и в заложенной на северном склоне скважине (весной 2000 г.) показали, что исследуемый водоем находится на пути движения подземных вод, подпитывается ими весной при подъеме грунтовых вод с последующим снижением уровня воды в озере: за период апрель-сентябрь 2000 г. – на величину, примерно равную 34 см.

Химический анализ проб воды и донных отложений выполнен аккредитованными организациями Тольятти и Самары.

Таблица 1. Суммарное количество атмосферных осадков и величина испарения с водной поверхности. **Table 1.** Total amount of precipitation and evaporation from the water surface.

Составляющие	Размерность	Значения	Источник
Осадки (талые и дождевые), H	мм/год	480	«Климат Тольятти» (1987)
Испарение с 1 м ² водного зеркала, Z		560	Л.А. Выхристюк (1989)

Примечания к таблице 1: коэффициент водообмена для оз. Пляжное равен 0.33, т.е. полная смена его водных масс происходит за 3 года, однако данная расчетная величина не учитывает участия подземных вод, которое на практике обеспечивает заметно более интенсивный водообмен. Результаты расчетов элементов водного баланса, выраженные в объемных единицах и по общепринятым гидрологическим нормативам, представлены в таблицах 2-3. **Notes to Table 1:** water exchange coefficient of Lake Plyazhnoye is 0.33, which means that in 3 years its water is fully replaced. However, this value does not take into account the participation of groundwater that actually has a very significant input to the exchange. Calculation results of water balance elements (in volumetric units) that were made according to generally accepted hydrological standards, are presented in Tables 2-3.

Нормирование качества воды по комплексу контролируемых показателей проводилось с использованием индекса загрязнения воды (ИЗВ) для водоемов культурно-бытового назначения (в соответствии с планируемым использованием водоема) согласно документу «Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод» (1986), определяющим классы качества. Несмотря на то, что специалисты в настоящее время используют разные методы для оценки качества вод, мы использовали расчетные данные индекса для сопоставления многолетних данных, полученных разными методами расчета при наличии основного массива данных, обработанного в соответствии с указанным документом и послужившего основой для официально принятого паспорта (Экологический паспорт ..., 2000) в системе паспортов городских водоемов Тольятти. Введенный в 2004 году в соответствии с РД 52.24.643-2002 (2002) «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» удельный комбинаторный индекс загрязненности воды дает плохо сопоставимые с ИЗВ результаты, как наглядно показано в ряде работ. Например, для участка Воронежского водохранилища в одни и те же годы наблюдения рассчитанный уровень загрязнения вод отличался на две градации: II – «умеренно чистые» в соответствии с ИЗВ и IV – «грязные» в соответствии с удельным комбинаторным индексом (Лазарев и др., 2022).

Результаты и обсуждение

Природно-географическая характеристика района озера Пляжное. Данное озеро представляет собой южную оконечность цепи Васильевских озер, расположенных в ложнообразном понижении – долине бывшей р. Пискалки (рис. 1). Долина направлена на

юго-запад с понижением в сторону р. Волги и в современном состоянии (по крайней мере, в течение нескольких столетий) не имеет поверхностного стока. Происхождение озера искусственное: оно возникло в результате затопления песчаного карьера грунтовыми водами после наполнения Куйбышевского водохранилища. Озеро имеет неправильную конфигурацию, вытянуто с севера на юг.

Таблица 2. Гидрографические и гидрологические характеристики оз. Пляжное.

Table 2. Hydrographic and hydrological characteristics of Lake Plyazhnoe.

№	Основные показатели	Значения
1	Географические координаты	53° 29' с.ш., 49° 30' в.д.
2	Высота бассейна, м н.у.м. БС	53-60
3	Площадь водосборного бассейна, км ²	1.2
4	Площадь зеркала озера, км ²	0.160
5	Ширина озера, м: – средняя, – максимальная	385, 261
6	Длина озера, м	620
7	Длина береговой линии, м	1987
8	Развитие береговой линии	1.4
9	Объем воды, м ³	487500
10	Глубина озера, м: – максимальная, – средняя	7.1, 3.0
11	Угол уклона дна, ‰	50
12	Показатель формы котловины	1.45 (параболоид)
13	Максимальная температура воды в летний период, °С	24.2
14	Прозрачность воды (по диску Секки), м	1.30-3.00
15	Элементы водного баланса: – поверхностный приток, л/с, – поверхностный сток, л/с, – осадки на зеркало озера, мм/год, – испарение с поверхности озера, мм/мес., – среднемесячное значение коэффициента водообмена, – водообмен с грунтовым бассейном, л/с	2.7, отсутствует, 480, 80, 0.33, 2.3

Основными факторами, определяющими формирование экосистемы озера, являются климатические и геолого-геоморфологические.

В геоморфологическом отношении нижняя часть долины р. Пискалки, в современном понимании, врезана в аллювиальные образования четвертой надпойменной террасы, слагающей на ближайших территориях останец в поле развития низких террас по левобережной части долины р. Волга (Государственная геологическая ..., 2021). Возраст террасы ранненеоплейстоценовый, соответствует интервалу, включающему мучкапское межледниковье (610-536 тыс. лет назад) и окское похолодание (536-455 тыс. лет назад; Болиховская, Молодьков, 2018). Терраса в целом имеет облик пологоволнистой аллювиальной равнины с поверхностью на абсолютной высоте до 100 м; сложена песками

коричневыми, светло-желтыми, светло-серыми, кварцевыми мелко- и среднезернистыми, вверх по разрезу до тонкозернистых и алевритов; с прослоями суглинков и супесей. Поверхностные отложения, являющиеся почвообразующими породами, представлены мощной толщей песков (мощность 10-25 м), переработанных эоловыми процессами. Эоловый рельеф имеет голоценовый возраст и представлен или вытянутым вдоль берега Волги широким плоским валом с пологим внутренним склоном, или широкими полосами дюн. Эоловые пески светло-желтого цвета, преимущественно кварцевые, бескарбонатные, с высокой водопроницаемостью, малоплодородные. Поверхность террасы осложнена неглубокими лощинами при практически неразвитой овражно-балочной сети. К одной из таких лощин приурочена долина р. Пискалки с Васильевскими озерами. Выполняющие ее аллювиальные пески имеют голоценовый возраст (моложе 11.7 тыс. лет).

Таблица 3. Некоторые показатели гидрологического режима оз. Пляжное.

Table 3. Some hydrological regime indices of Lake Plyazhnoe.

Показатели	Значения
Поверхностный приток	2.7 л/с
Поверхностный сток	отсутствует
Осадки на зеркало озера	480 мм/год
Испарение с поверхности озера	80 мм/мес.
Водообмен с грунтовым бассейном	2.3 л/с
Среднемесячное значение коэффициента водообмена	0.03

Микрорельеф зоны оз. Пляжное в пределах лощины бугристо-западинный с преобладанием аккумулятивных эоловых форм: дюн, песчаных бугров и гряд. В процессе геологической истории пески неоднократно перевеивались, о чем свидетельствует их мелкобугристость. Преобладающие здесь песчаные гряды имеют слабовыпуклые вершины, высоту 3-5 м, ширину 30-50 м. Между ними расположены неглубокие плоские понижения шириной 20-30 м.

Глубина залегания грунтовых вод в обрамляющих долину террасовых отложениях составляет 10-20 м. Водовмещающими породами являются пески с коэффициентом фильтрации 1-5 м/сут. Подземные воды безнапорные; водоупор не вскрыт. Питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и талых вод через хорошо проницаемые грунты зоны аэрации (Реконструкция биологических ..., 2021). Режим водоносного комплекса подчинен колебаниям уровня поверхностных вод Куйбышевского водохранилища, имеющего нормальный подпорный уровень на отметке 53 м БС.

Этому же комплексу принадлежит и подрусловый водоносный горизонт долины р. Пискалки, с которым связаны Васильевские озера. В ее приустьевом участке нельзя исключить как обратную фильтрацию из Куйбышевского водохранилища, так и подземный сток в сторону межплужового бьефа (уровень которого колеблется у отметки 40 м БС).

Климат территории континентальный, с холодной малоснежной зимой и жарким сухим летом. Для функционирования экосистем большое значение имеют теплоэнергетические характеристики (температурные показатели) и атмосферное увлажнение. Для исследуемой территории характерны среднегодовая температура воздуха +4.5°C, средняя температура января -11.7°C, средняя температура июля +20.6°C, сумма биологически активных температур 2420°, годовое количество осадков 480 мм (Экологический атлас ..., 1996). Коэффициент увлажнения, т.е. отношение суммы выпадающих за год осадков к годовой испаряемости, составляет несколько менее 1.

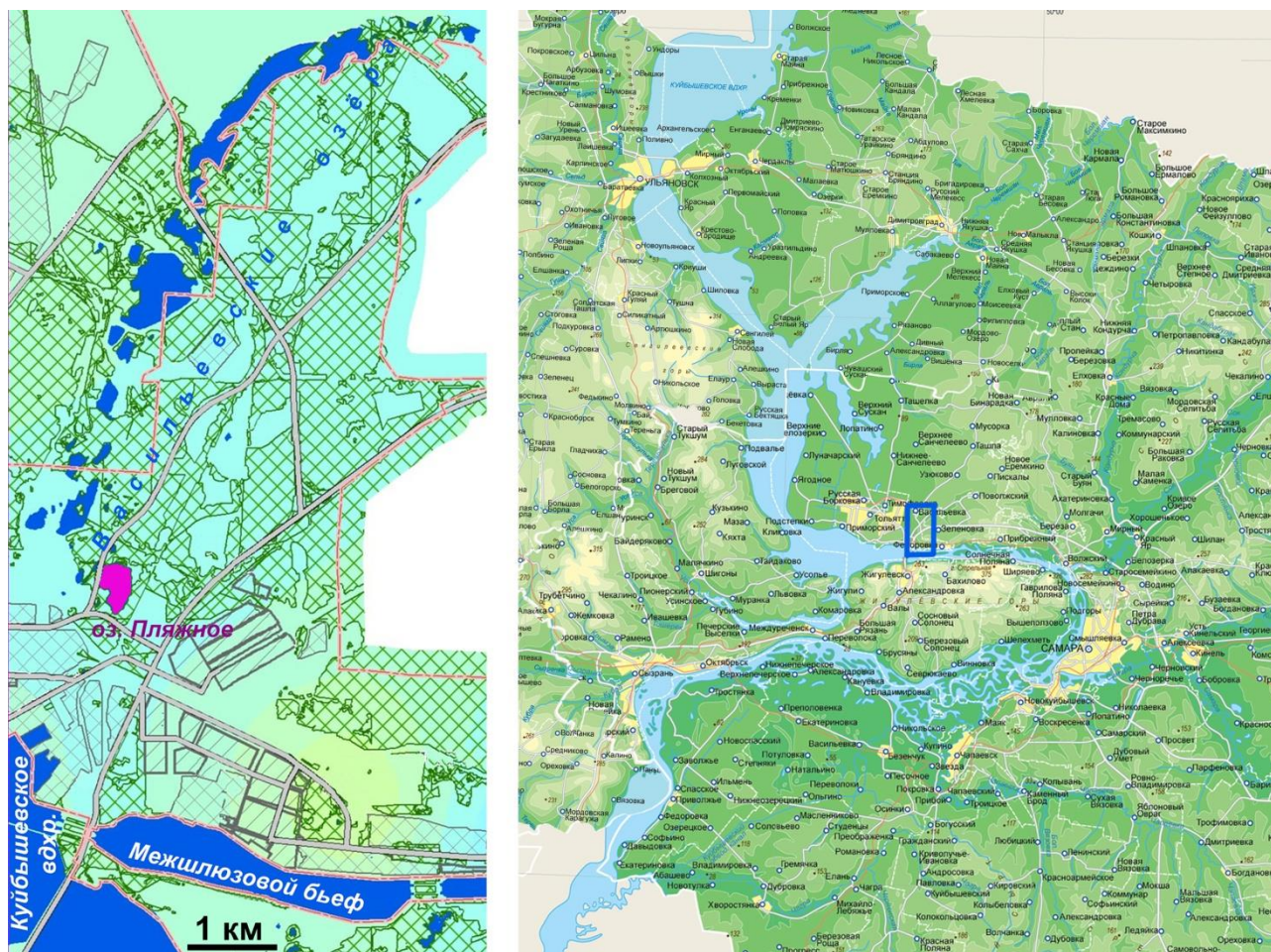


Рис. 1. Положение оз. Пляжное в системе Васильевских озер (Пространственная структура ..., 2010; Самарская область, 2026; Ульяновская область, 2026). **Fig. 1.** Location of Lake Plyazhnoe in the system of Vasilyevsky Lakes (Spatial structure ..., 2010; Samara Region, 2026; Ulyanovsk Region, 2026).

Таким образом, территория по биоклиматическим условиям относится к зоне лесостепи. Однако зональные типы растительности – широколиственные леса в сочетании со злаково-разнотравными степями – в пределах исследуемой территории не получили развитие. Песчаный субстрат обусловил произрастание сосновых лесов. Остепнение территории проявляется в наличии подлеска и травяно-кустарничкового яруса.

Почвенный покров водоохранной зоны, за исключением участков, лишенных почв, представлен внезональным типом – дерново-подзолистыми почвами, чему способствовали почвообразующие породы с наличием песчаной фракции, обусловившие формирование промывного водного режима почво-грунтов. Данные почвы относятся преимущественно к типу слабодифференцированных, у которых подзолистый горизонт не выражен (на прибрежном понижении вблизи уреза воды слабо выражен в виде белесых пятен). Гумусовый горизонт довольно мощный (12-18 см), причем связнопесчаные разности принадлежат к виду глубокодерновых почв (глубина гумусового горизонта более 15 см), а рыхлопесчаные фракции – к виду среднедерновых.

Под гумусовым горизонтом залегает желтый или буро-желтый горизонт с редкими затеками гумуса по корневым ходам и отдельными пятнами гидроксидов железа и марганца темно- и ржаво-бурого цвета. Этот горизонт постепенно переходит в светло-желтый песок.

Отдельные участки водоохранной зоны подвергаются ветровой эрозии вследствие отсутствия почвенно-растительного покрова, что связано с механическим повреждением прибрежного почвенного горизонта. Значительная часть водоохранной зоны озера занята линиями ЛЭП, автодорогами, пустырями (земли долгосрочного пользования). Высоковольтные ЛЭП проходят вблизи северного, восточного и западного берегов озера. Земли лесного фонда занимают северную, северо-восточную и северо-западную части водоохранной зоны, представлены в основном лесными культурами сосны (рис. 2).

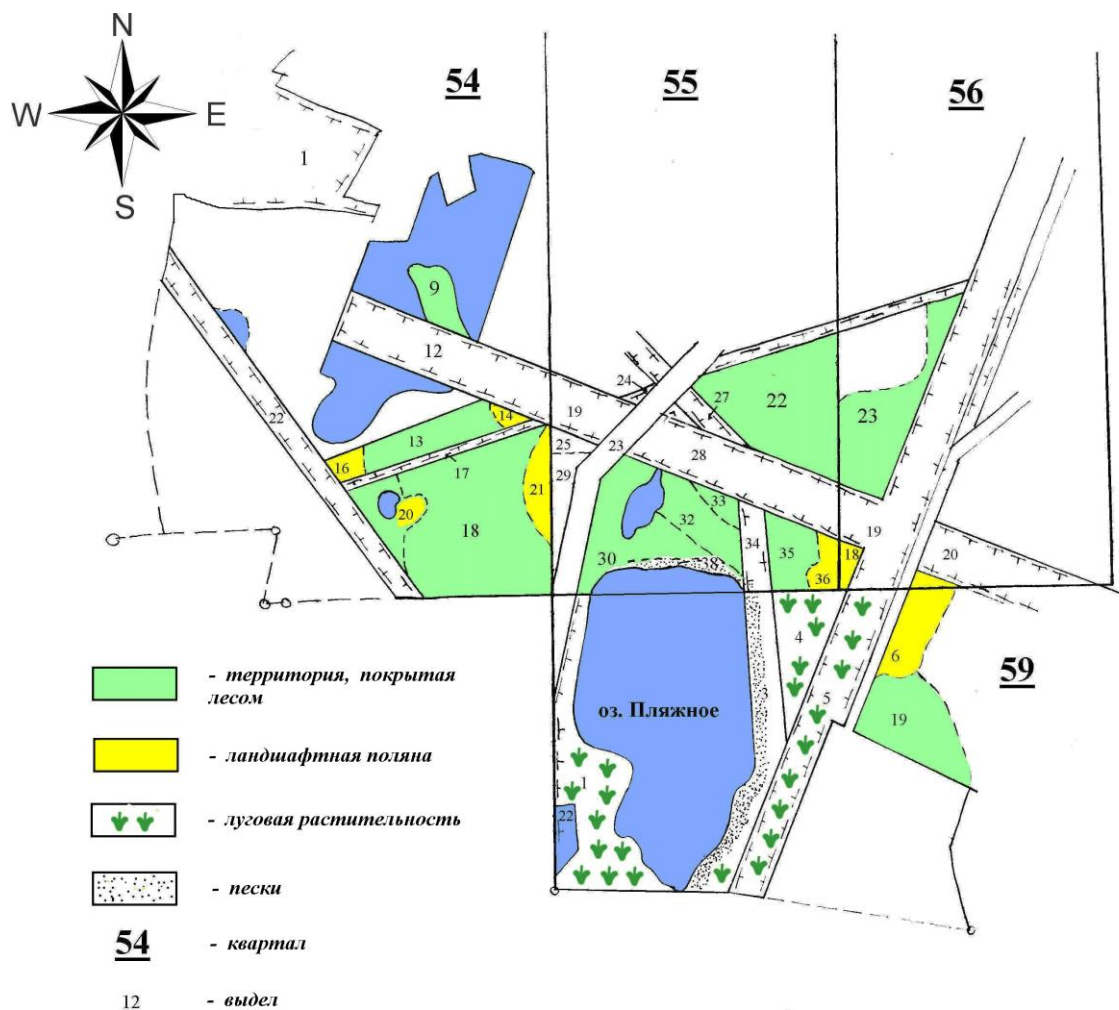


Рис. 2. Картограмма лесоустройства в районе оз. Пляжное.

Fig. 2. Schematic map of the forests around Lake Plyazhnoye.

Южные и восточные секторы водоохранной зоны между береговой линией и автодорогами представляют собой пустырь, сложенный рыхлыми мелкозернистыми полимиктовыми песками, в небольшом количестве содержащими кремневую гальку. Поверхность его на большей части плоская, пониженная, с множеством мелких бугров высотой 1.5-2 м, на отдельных участках нарушена канавами и хаотично расположенными котловинами. Склоны крутые, высотой обычно 2-3 м, с отдельными понижениями. На северо-восточном берегу имеется плоское понижение шириной около 40 м. На юго-востоке вдоль берега тянется песчаная гряда с крутыми (15-25°) склонами, высотой до 15 м, шириной 40-50 м, а к берегу обращен песчаный обрыв, представляющий собой осыпь стенки песчаного карьера, находившегося здесь ранее, крутизной около 40°. За грядой, параллельно

ей, протягивается западина шириной 60-70 м. Все положительные и отрицательные формы рельефа имеют антропогенный генезис, на что указывает несформированность почвенных профилей (почвенный покров практически отсутствует). Сорно-луговая и степная (на северо-востоке с преобладанием луговых видов) травянистая растительность разрежена, вследствие чего возможна дефляция песка: проективное покрытие травостоя вблизи пляжей составляет 3-5%, на удалении от берега достигает 30-50%.

Западный и юго-западный сектор водоохранной зоны между береговой линией и шоссе представляет собой пустырь, сложенный песками. Поверхность его плоская, понижена, нарушена канавами антропогенного генезиса. На значительных участках почвенный покров практически полностью перекопан. Растительность представлена редким травянистым покровом, в котором преобладают сорно-луговые виды. На юго-западе имеется узкое заболоченное понижение, заросшее тростником обыкновенным и кустарниковыми ивами. На западе береговая полоса проходит вдоль шоссе, за которым расположено еще одно озеро, составлявшее ранее с Пляжным озером единый водоем, при строительстве шоссе разрезанный насыпью. На этом участке за счет зарослей кустарниковых ив на отмели сформировался островок размером до 50 м на таком же расстоянии от берега.

Северный берег озера представляет собой песчаный обрыв крутизной 20-25°, высотой 13-15 м. Между обрывом и береговой линией тянется плоская низина шириной 20-30 м, заросшая кустарниковыми ивами. Возвышенная часть северного берега представляет собой грядово-западинную песчаную равнину, засаженную лесными культурами сосны 40-60-летнего возраста. Насаждения повреждены низовыми пожарами. Подлесок редкий, из ракитника. В травостое преобладают сорно-луговые виды, с участием степных.

В прибрежной зоне озера Пляжного почти на всем ее протяжении распространены, в основном узкой полосой, густые заросли кустарниковых ив, среди которых преобладает ива трехтычинковая (*Salix triandra* L., 1753), на отдельных участках с внешней их стороны – также облепихи. Последние, очевидно, берут начало от искусственных посадок. У береговой линии встречаются хвощ речной (*Equisetum fluviatile* L., 1753), кипрей волосистый (*Epilobium hirsutum* L., 1753), зюзник европейский (*Lycopus europaeus* L., 1753), осока ложносытевидная (*Carex pseudocyperus* L., 1753), череда олиственная (*Bidens frondosa* L., 1753) – инвазивный вид. На мелководье распространены густые заросли тростника обыкновенного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., 1841), рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L., 1753), осок (*Carex* spp.) Мелководье пляжной зоны на юго-востоке свободно от растительности.

В воде и на ее поверхности обычны водные растения: рдесты (*Potamogeton* spp.), инвазивный вид элодея канадская (*Elodea canadensis* Michx., 1803), образующие густые заросли ряска маленькая (*Lemna minor* L., 1753) и ряска трехдольная (*L. trisulca* L., 1753), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L., 1753), сальвиния плавающая (*Salvinia natans* (L.) All., 1785).

Таким образом, значительная часть территории водоохранной зоны представлена пустырями, относящимися к долгосрочному пользованию. К территории водоохранной зоны примыкают промышленные предприятия, что, безусловно, снижает эстетическую и рекреационную привлекательность водоема. На восточном берегу регистрируется точечный источник загрязнения.

Низкополнотные участки лесных культур нуждаются в дополнении, участки погибших культур – в лесовосстановлении. Необходимо благоустройство рекреационной зоны отдыха.

Основные гидрографические и гидрологические характеристики озера определены на основании натурных исследований, литературных и картографических материалов и представлены в таблице 2.

Озеро Пляжное вытянуто с севера на юг с тенденцией сужения в южной оконечности (рис. 3). Наибольшая ширина (385 м) водоема – в средней его части. Берега слабо изрезаны;

извилистость береговой линии 1.40. Котловина озера имеет форму, близкую к параболической, с уклоном дна 50‰.

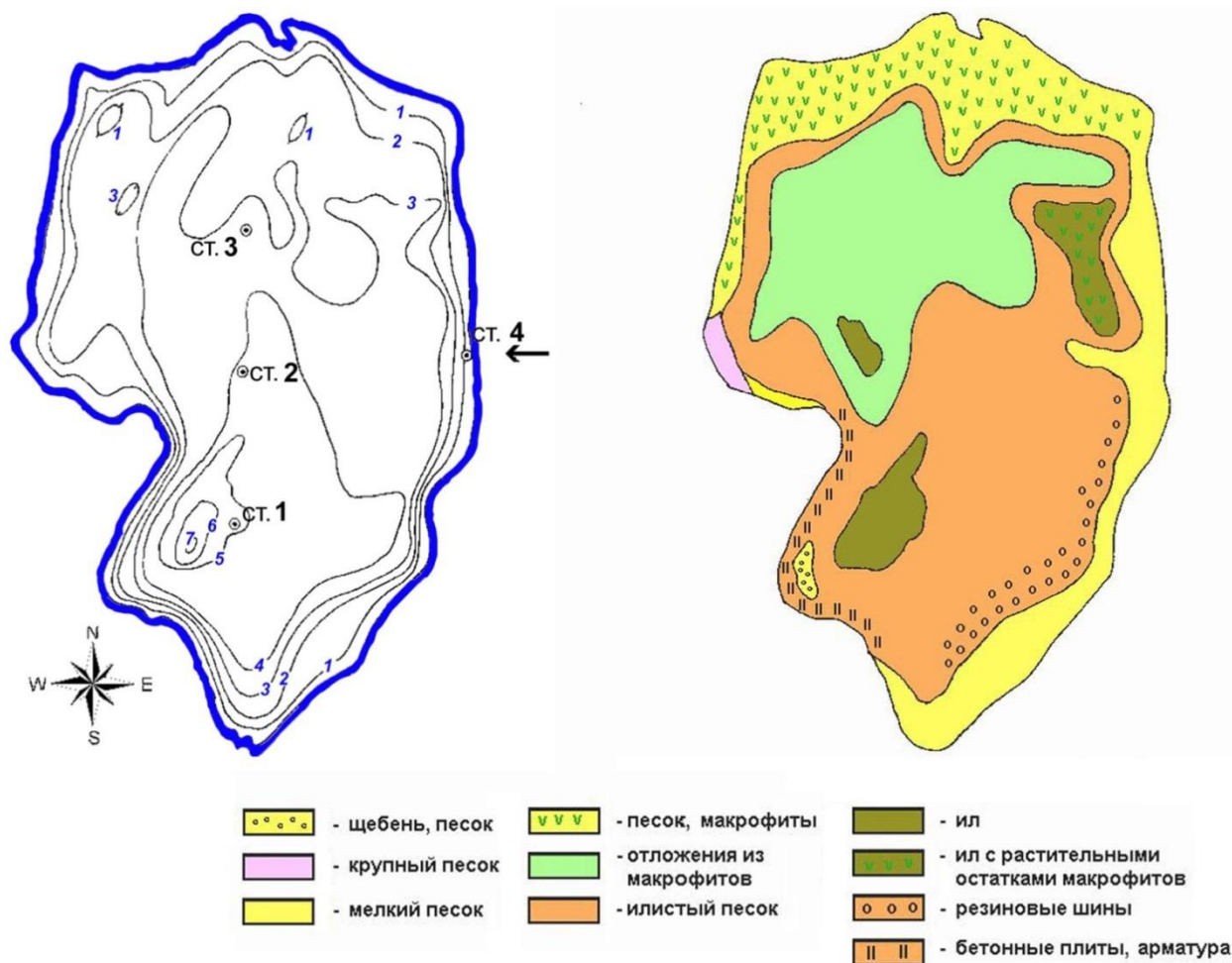


Рис. 3. Схема распределения глубин (А) и донных отложений (Б) оз. Пляжное. Условные обозначения: 1-4 – станции (вертикали) отбора проб, стрелка – точечный источник загрязнения.

Fig. 3. Schematic map of depth (А) and bottom sediment distribution (Б) for Lake Plyazhnoe. Legend: 1-4 – sampling stations, arrow – pollution source.

Озеро не имеет наземного стока. Наполнение чаши водой происходит за счет атмосферных осадков, выпадающих на зеркало водоема и на его водосборную площадь (табл. 4). Несомненно, существенное влияние оказывает и поступление подземных вод из водоносного горизонта, имеющего значительную площадь распространения и, кроме того, имеющего непосредственную гидрологическую связь с Куйбышевским водохранилищем. Уменьшение уровня озера связано с потерями воды с подземным стоком и испарением в период открытой воды. Объем водных масс озера на момент замеров глубин (июль 1999 г.) составил 487 500 м³.

Распределение глубин носит относительно сложный характер лишь в центральной части озера, в прибрежной – в общих чертах повторяет конфигурацию береговой линии. Наибольшая глубина (7.1 м) с замыкающей 7-и метровой изобатой прижата к западному берегу. Граница мелководной зоны (глубины до 1 м) практически на всем протяжении близко подходит к берегу (рис. 3А). Средняя глубина водоема 3.0 м.

Температурный режим водных масс оз. Пляжное типичен для малых водоемов. В июле вода в период исследований максимально прогревается (+23.2-23.8°C),

существенных различий в температуре воды по акватории и глубине озера в летний период не наблюдается (рис. 4). К октябрю температура снижается до $+13.4-14.2^{\circ}\text{C}$, а в подледный период в поверхностных слоях падает до $+0.2^{\circ}\text{C}$, в придонных – до $+2.6-3.2^{\circ}\text{C}$.

Таблица 4. Среднегодовые величины элементов водного баланса оз. Пляжное.

Table 4. Average annual values of water balance elements of Lake Plyazhnoe.

Приход			Расход		
Элементы баланса	значения		Элементы баланса	значения	
	м ³ /год	%		м ³ /год	%
Поверхностный приток, W_{Π}	86400	52.9	Испарение с водной поверхности, $W_{И}$	89600	54.9
Осадки на зеркало озера, $W_{О}$	76800	47.1	Грунтовый сток, $W_{Г}$	73600	45.1
Всего, Q	163200	100	Всего	163200	100

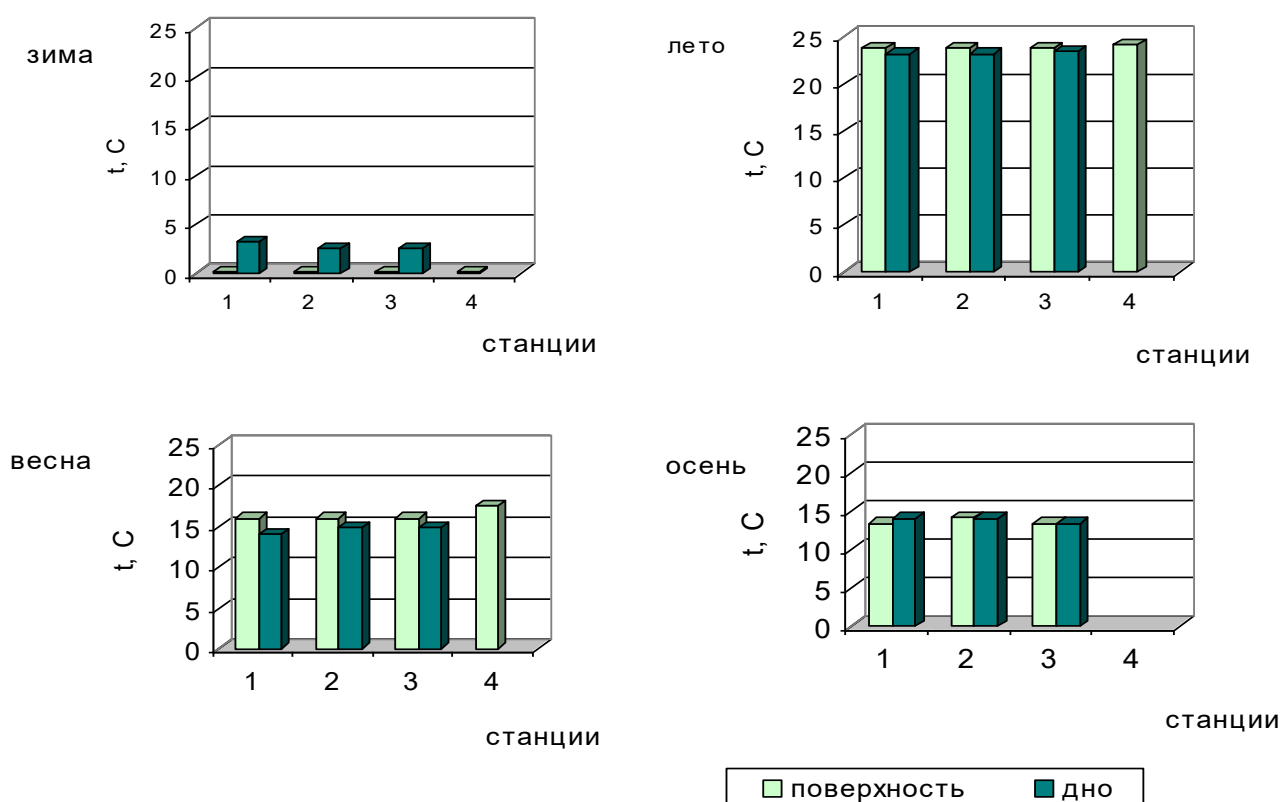


Рис. 4. Изменение температуры воды в оз. Пляжное.

Fig. 4. Water temperature changes in Lake Plyazhnoe.

Донные отложения оз. Пляжное представлены разновидностями песчаной фракции (тонкозернистый песок, заиленный песок, песок с растительными остатками), илистыми осадками; значительная часть площади дна покрыта толщей остатков макрофитной растительности. Прибрежная полоса юго-западной части озера завалена строительным

мусором (бетонными плитами, арматурой). На глубине 3-4 м вдоль юго-восточной части берега находятся скопления отработанных резиновых покрышек (рис. 3Б).

Гидрохимическая характеристика. Общесанитарные показатели состояния озера свидетельствуют об относительно благополучном состоянии водоема. Вода достаточно прозрачна – выше 100 см (табл. 2).

Кислородный режим в целом для водоема благоприятный, за исключением подледного периода, когда во всей толще воды наблюдался дефицит растворенного кислорода (0.44-1.69 мг/л) и присутствие небольших количеств сероводорода (0.014-0.032 мг/л). Содержание кислорода ниже норматива также обнаружено летом в придонном горизонте на станции 1 (2.56 мг/л), что связано с расходом его на окислительные процессы органического вещества и недостаточным насыщением воды растворенным кислородом из-за слабого перемешивания водных масс в летний период. При открытой воде диапазон изменений содержания кислорода находился в пределах 6.17-17.24 мг/л (58-196% насыщения) в поверхностных горизонтах и 4.64-10.82 мг/л (40-104% насыщения) – в придонных (рис. 5).

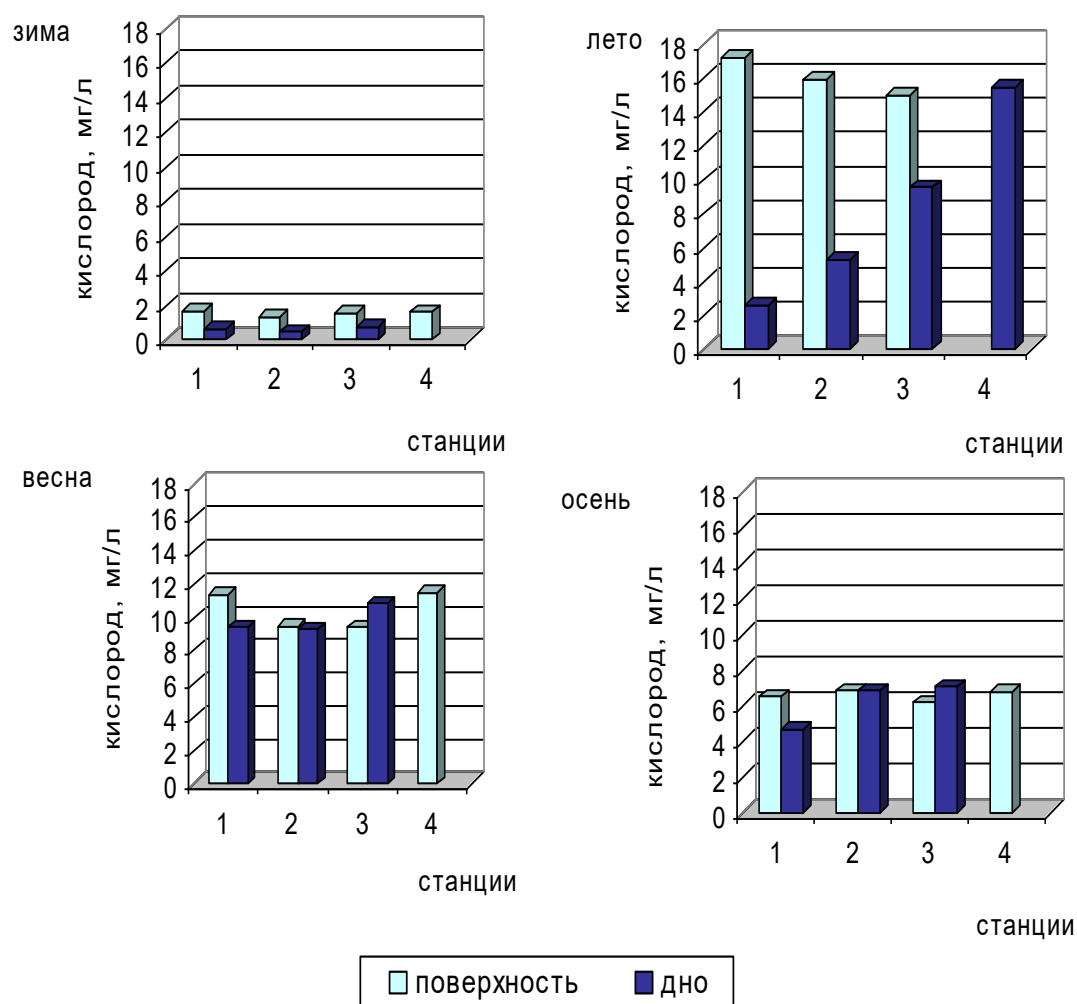


Рис. 5. Изменение концентраций растворенного кислорода в воде оз. Пляжное.

Fig. 5. Changes in oxygen concentrations dissolved in the water of Lake Plyazhnoe.

Величина pH свидетельствует о смещении реакции воды в слабощелочную сторону: в поверхностном слое pH изменялась в пределах 7.70-8.64, в придонном – от 7.58 до 8.25 при среднем значении 8.37 и 7.92 соответственно (рис. 6).

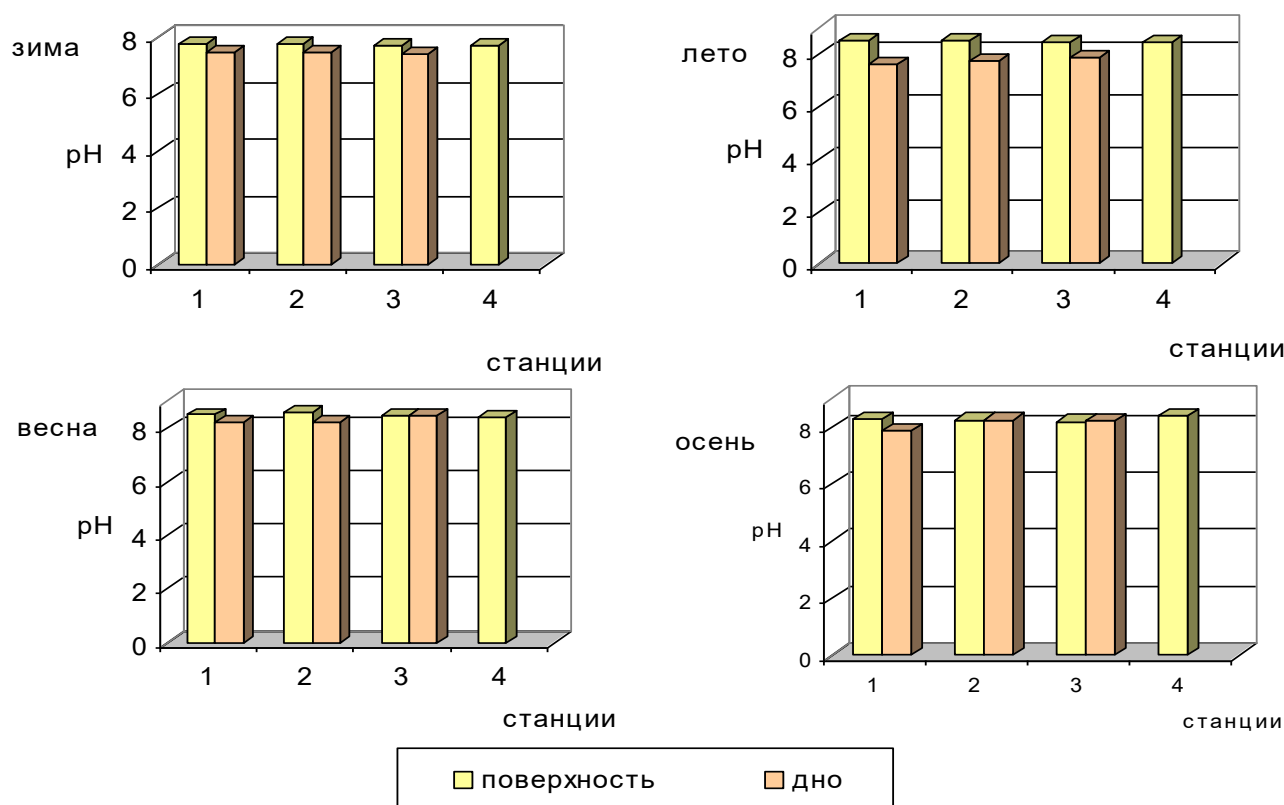


Рис. 6. Изменение величины pH воды оз. Пляжное. **Fig. 6.** pH changes of Lake Plyazhnoye.

По общей минерализации водная масса озера однородна; средние ее значения для поверхностного слоя – 256 мг/л, для придонного – 258 мг/л, что свидетельствует о хорошем перемешивании водных масс и слабом влиянии подземного водоносного горизонта на придонные слои воды водоема. По соотношению главных ионов вода озера относится к гидрокарбонатному классу и кальциевой группе; по величине общей жесткости (3.7 мг-экв./л) характеризуется как умеренно жесткая.

Концентрации общего органического вещества (ОВ) во всей водной толще не превышают показателей допустимых концентраций для вод культурно-бытового водопользования (ПДКк-б), за исключением летнего времени. Именно этот тип (далее – ПДК, без уточнения) применяется в данной работе, т.к. основное предполагаемое направление использования водоема – рекреационное. Среднегодовые концентрации органического вещества в поверхностных слоях воды по ХПК и БПКп составляли 0.75 и 0.72 ПДК, в придонных – 0.63 и 0.68 ПДК (табл. 5). В июле при наиболее интенсивном развитии фитопланктона значения ОВ достигают 1.1-1.3 ПДК. В этот период года и содержание его легкоокисляемой фракции (БПК) также выше нормативов в 1.5-1.8 раз (рис. 7).

Биогенными элементами (минеральные формы азота, фосфаты, железо) вода обеднена.

Концентрации фосфатов во всей водной толще в летне-осенний сезон ниже предела обнаружения (< 0.016 мг/л); некоторое их накопление (0.06-0.82 мг/л) происходит в зимне-весенний период за счет высвобождения минеральных форм фосфора при минерализации органических веществ на границе вода – донные отложения. Средние концентрации фосфатов находятся в пределах 0-0.36 мг/л в поверхностном горизонте и 0-0.82 мг/л у дна (табл. 5).

Минеральные формы азота ($N-NO_2$, $N-NO_3$, $N-NH_4$) присутствовали в низких концентрациях – значительно менее ПДК, особенно летом и осенью. Содержание нитритного

азота в летний период в поверхностном слое находилось в пределах 0.02-0.09 ПДК, в придонном – 0.04-0.05 ПДК; зимой, соответственно, 0.40-0.51 и 0.32-0.35 ПДК; в среднем за период наблюдений концентрация нитритного азота составила 0.14 ПДК. Содержание нитратного азота во все сезоны года не превышало сотых долей ПДК. Изменение величин аммонийного азота в среднем по акватории озера составило 0.19 ПДК, у дна – 0.26 ПДК, максимум концентрации (0.86 ПДК) – зимой в придонном горизонте (ст. 1) южной части водоема (табл. 5; рис. 7).

Таблица 5. Состояние загрязнения воды оз. Пляжное. **Table 5.** Water contamination of Lake Plyazhnoye.

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ и показателей загрязнения	Горизонт	Содержание за период наблюдений (в ПДК)	
			Среднее значение	Пределы изменения
1	БПК _п	Поверхностный придонный	0.72 0.68	0.17-1.71 0.10-1.83
2	ХПК		0.75 0.63	0.25-1.30 0.10-1.17
3	Марганец		0.53 0.84	0.20-1.10 0.40-1.70
4	Нефтепродукты		0.44 0.38	0.00-1.50 0.00-0.80
5	Азот аммонийный		0.19 0.26	0.09-0.36 0.11-0.86
6	Железо		0.29 0.46	0.13-0.60 0.27-0.90
7	Свинец		0.17 0.19	0.07-0.23 0.03-0.57
8	Цинк		0.02 0.03	0.00-0.07 0.00-0.15
9	Медь		0.01 0.01	0.00-0.02 0.00-0.04
10	Кадмий		0.10 0.10	0.00-0.20 0.00-0.20
11	Фосфаты, мг/л		0.06 0.13	0.00-0.36 0.00-0.82
12	Растворенный кислород, мг/л		8.73 5.59	1.30-17.24 0.44-10.82
13	Растворенный кислород, % насыщения		91 55	9-196 3-107
14	Сероводород, мг/л		не обнаружено 0.014	– 0.000-0.032

Примечания к таблицам 5 и 6: α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДЭ, ДДТ не обнаружены.

Notes to Tables 5 and 6: α-HCH, γ-HCH, DDE and DDT were not found.

Низкое содержание основных биогенных элементов в озере связано, в том числе, с отсутствием интенсивного «цветения» водоема. Растворенные формы азота и фосфора

используются в процессах продуцирования высшей водной растительности, с последующим накоплением этих веществ в донных отложениях после отмирания и разложения водных растений в осенне-зимний период.

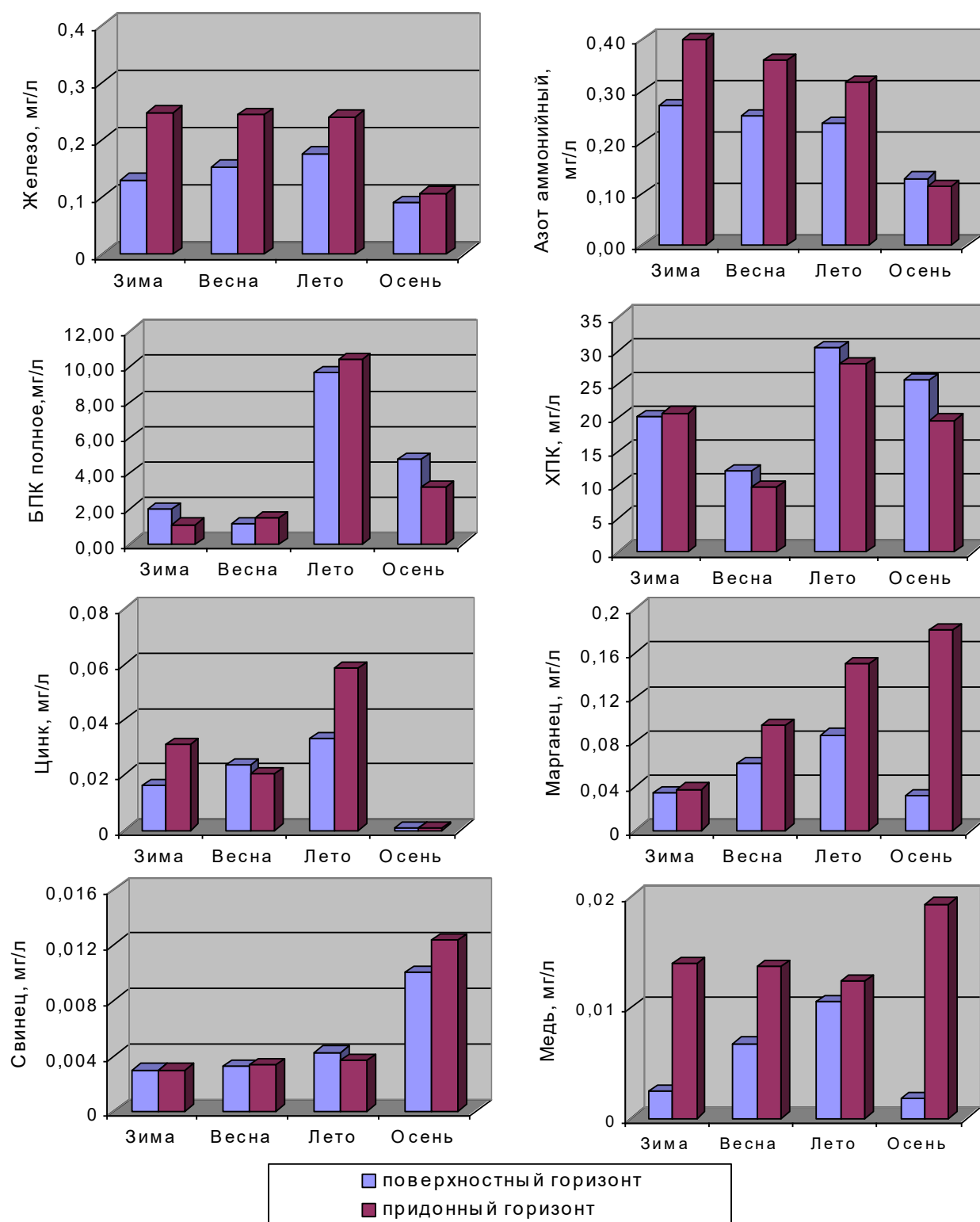


Рис. 7. Концентрации химических веществ в воде оз. Пляжное.

Fig. 7. Chemicals concentration in Lake Plyazhnoe.

Количество железа во все сроки наблюдений в поверхностных слоях находилось в пределах 0.13-0.60 ПДК, в придонных – 0.27-0.90 ПДК (табл. 5; рис. 7). Во временном интервале наибольшее количество железа наблюдалось летом в поверхностном горизонте (0.8-0.9 ПДК), минимальное – осенью во всей водной толще (0.29-0.36 ПДК).

Содержание микроэлементов (медь, цинк, свинец, кадмий) в воде значительно ниже ПДК (табл. 5), за исключением марганца, концентрации которого в летний период в придонном горизонте на всех станциях превышают ПДК в 1.4-1.7 раз, в поверхностном – соответствуют уровню ПДК (рис. 7) в прибрежной части водоема (ст. 4). Содержание меди и цинка, соответственно, ниже ПДК в 30-50 и 100 раз. Концентрации свинца составляют 0.07-0.23 ПДК в поверхностных слоях и 0.03-0.57 у дна, средние значения – 0.17 и 0.19 ПДК.

Из прочих исследуемых загрязняющих веществ (нефтепродукты, фенолы, СПАВ, хлорорганические соединения) концентрации выше ПДК регистрируются только для нефтепродуктов. В поверхностных слоях воды их содержание в летне-осенний сезоны составляет 1.1-1.4 ПДК с максимальным значением 1.5 ПДК на станции 4. В остальные сезоны на всей акватории озера величины концентраций нефтепродуктов не достигают ПДК. Средние их значения лежат в пределах от 0 до 1.5 для поверхностного слоя и 0-0.80 ПДК для придонного (табл. 5). Поступление нефтепродуктов связано, главным образом, с поверхностным смывом с площади бассейна, с окружающих озеро с южной и западной сторон автомобильных трасс и с точечным источником загрязнения, в воде которого концентрация нефтепродуктов достаточно высока: от 5.7 до 32.7 ПДК (рис. 8).

В небольших количествах (0.011-0.015 мг/л) присутствуют СПАВ; хлорорганические пестициды и фенолы не обнаружены.

К основным веществам, которые накапливаются в водных массах водоема и превышают в разной степени нормативы, относятся органические соединения (1.17-1.83 ПДК), марганец (1.10-1.70 ПДК) и нефтепродукты (до 1.5 ПДК).

В донных отложениях накоплены значительные количества микроэлементов, таких как железо, марганец, хром, цинк, в меньшей степени – медь, никель, свинец и кобальт. Среднее содержание железа в донных осадках (для сухого грунта) составило 15863 мг/кг с.г., максимальное – 23700 мг/кг с.г., марганца, соответственно, 320 и 527 мг/кг с.г., цинка – 72 и 148.9 мг/кг с.г., хрома – 58 и 115 мг/кг с.г., меди – 30 и 61.8 мг/кг с.г., никеля – 28 и 49.1 мг/кг с.г., свинца – 22 и 45.9 мг/кг с.г. и кобальта – 6 и 9,5 мг/кг с.г. Наиболее загрязнены металлами донные отложения на станции 2, как результат влияния стоков (рис. 3А; табл. 6).

По накоплению металлов состояние донных отложений оценивается как «чрезвычайная экологическая ситуация» (табл. 7). Вместе с тем следует отметить, что состояние донных отложений принято характеризовать прежде всего, содержанием тяжелых металлов и нефтепродуктов. При этом в основу всех методик положено сравнение фактического содержания элемента с его ПДК (либо кларком) в почве. В то же время для донных отложений отсутствует понятие «предельные допустимые концентрации». Это связано с санитарно-токсикологической сущностью данного показателя, что значительно затрудняет представление смысла термина «загрязнение» (Фокин, Фрумин, 2011). Следует помнить, что, металлы в природной среде, особенно в донных отложениях, пребывают в постоянной миграции. В естественных водоемах большая часть тяжелых металлов накапливается в донных отложениях. Сорбция тяжелых металлов донными отложениями определяется особенностями их состава и содержанием органических веществ, когда концентрация металлов в донных отложениях может на несколько порядков превышать их содержание в воде (Панин, 2011). Для поиска выхода из ситуации на сегодняшний день в работах зарубежных и отечественных авторов для оценки качества донных отложений используется триадный подход, который включает изучение состояния бентосного сообщества, показателей

биотестирования и геохимических характеристик в донных отложениях (Томилина и др., 2008; Березина, Петухов, 2023).

В соответствии с критериями ИЗВ (табл. 8), вода оз. Пляжное характеризуется высокими показателями, т.е. «очень чистая» и «чистая». «Очень чистая» вода I класса отмечена зимой для поверхностного слоя, «чистая» II класса – в весенне-летне-осенний периоды во всей толще и зимой в придонном слое. И только вода придонного горизонта станции 1 осенью относилась к III классу – «умеренно загрязненная» (табл. 9; рис. 9-10).

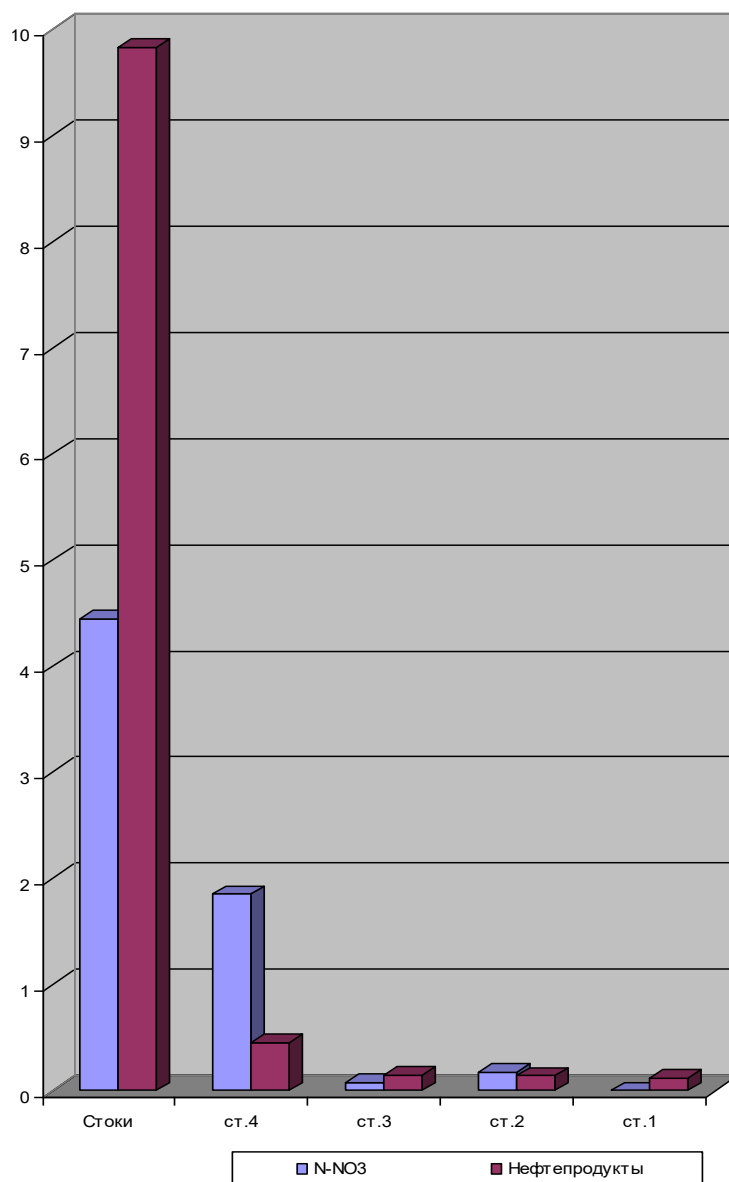


Рис. 8. Влияние сточных вод на содержание нефтепродуктов и нитратного азота в поверхностном слое воды оз. Пляжное. **Fig. 8.** The influence of waste water on the petroleum products and nitrate nitrogen in the surface layer of Lake Plyazhnoe.

Концентрации некоторых химических веществ в озере незначительно отличаются от их природных (фоновых) значений. Так, содержание таких компонентов, как марганец и органические соединения, превышают их фоновые величины не более чем в 1.2 раза. Накопление аммонийного и нитратного азота превышает фон в 1.8-3.9 и 1.9-4.0 (табл. 10).

В целом оз. Пляжное по всем контролируемым показателям в воде оценивается как водоем с относительно удовлетворительной экологической ситуацией.

Гидробиологическая характеристика озера включает данные качественного и количественного состава его фитопланктона, зоопланктона, бактериопланктона и зообентоса, а также результаты сапробиологического анализа, которые указывают на степень загрязнения водоема органическими веществами.

Фитопланктон. Всего за исследуемый период в фитопланктоне озера зарегистрировано 123 вида, форм и разновидностей водорослей. Среди них 66 видов составляют зеленые, 16 – цианопрокариоты, 13 – пирифитовые, 11 – диатомовые, 9 – эвгленовые, по 4 вида – желто-зеленые и золотистые водоросли (рис. 11).

В сезонной динамике фитопланктона минимальные количественные показатели наблюдаются *весной* (средняя численность – 0.2 млн. кл./л, биомасса – 0.009 г/м³). Доминируют по численности цианопрокариоты *Microcystis pulverea* (H.C. Wood) Forti, 1907, составляя 60% от общей численности водорослей. Наибольшая биомасса – у диатомовых (58%).

Таблица 6. Содержание некоторых загрязняющих веществ в донных отложениях оз. Пляжное.
Table 6. Content of some pollutants in the bottom sediments of Lake Plyazhnoe.

№ п/п	Наименование веществ	Концентрация, мг/кг с.г.			
		Средняя по водоему	№ станции		
			1	2	3
1	Железо	15863	8390	27300	11900
2	Марганец	320	200	527	232
3	Цинк	72	32.1	148.9	35.9
4	Хром общ.	58	321	115.4	27.7
5	Медь	30	10.2	61.8	14.7
6	Никель	28	16.6	49.1	17.8
7	Свинец	22	9.3	45.9	11.8
8	Кобальт	6	4.3	9.5	3.5
9	Кадмий	1	1.0	1.1	0.45

Летом преобладают зеленые и пирифитовые водоросли. Высокое видовое разнообразие представителей мелких зеленых водорослей обуславливает 52% от их общей численности, тогда как крупные размеры пирифитовых определяют биомассу, составляющую более 50% от общей биомассы водорослей. Высокие показатели биомассы составляют два вида пирифитовых: *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin, 1841 (олигосапробный вид, индикатор чистых вод) и *Parvodinium pusillum* (Penard) Carty, 2008 (олиго-β-мезосапробный вид). Средние показатели биомассы водорослей летом составляют 1.05 г/м³, численности – 5.5 млн. кл./л (при максимальных величинах в августе: 12.2 тыс. кл./л и 5.1 г/м³). Биомасса водорослей к началу осени обусловлена диатомовыми *Fragilaria crotonensis* Kitton, 1869.

Осенью средние значения численности и биомассы снижаются до 2.5 млн. кл./л и 0.5 г/м³. В фитопланктоне преобладают зеленые водоросли.

Коэффициент сапробности в среднем за сезон составил 1.58, что соответствует олиго-бета-мезосапробному типу водоема, классу качества II воды (табл. 11).

Цианопрокариоты, несмотря на высокую их численность весной, имеют небольшие размеры клеток и не вызывают цветения воды.

Концентрация хлорофилла «а» в воде озера в среднем за сезон составила 7.2 ± 3.5 мг/м³ при максимальном значении 24.69 мг/м³, что относит водоем к мезотрофному типу (табл. 11).

Отмечен максимум концентрации хлорофилла «а» в донных отложениях в конце августа. Причиной этому служит снижение концентраций кислорода в придонном горизонте и, соответственно, низкая деструкция органического вещества в донных отложениях.

В донном горизонте в зимний период анаэробные процессы преобладают над аэробными, в результате чего наблюдаются заморные явления. Состояние придонной части озера соответствует также мезотрофному состоянию озера.

Судя по фитопланктону, качество воды в течение вегетационного периода соответствует классу качества II – «чистая», экологическое состояние озера – «относительно удовлетворительное».

Таблица 7. Критерии оценки экологического состояния оз. Пляжное по гидрохимическим показателям. **Table 7.** Criteria for assessing the ecological state of Lake Plyazhnoe based on its hydrochemical indicators.

№ п/п	Показатели	Параметры	Экологическое состояние
1	Запахи, привкусы, в баллах: – поверхностный горизонт, – придонный горизонт	1, 2	Относительно удовлетворительное
2	Плавающие примеси: – нефть и нефтепродукты	Отсутствие	–
3	Реакция среды, pH	8.3	Относительно удовлетворительное
4	Растворенный кислород, % насыщения: – поверхностный горизонт, – придонный горизонт	91, 55	Относительно удовлетворительное
5	Биогенные вещества: – нитриты (NO ₂), ПДК, – нитраты (NO ₃), ПДК, – соли аммония (NH ₄), ПДК	<1, <1, <1	Относительно удовлетворительное
	– фосфаты (PO ₄), мг/л: – поверхностный горизонт, – придонный горизонт	0.06, 0.13	Относительно удовлетворительное
6	КДА (коэффициент донной аккумуляции): – марганец, – железо, – медь, – кобальт, – никель, – цинк, – свинец, – кадмий	$5.0 \cdot 10^3$, $6.4 \cdot 10^4$, $1.4 \cdot 10^4$, $4.0 \cdot 10^4$, $9.3 \cdot 10^3$, $2.2 \cdot 10^4$, $3.6 \cdot 10^4$, $3.9 \cdot 10^3$	Чрезвычайная экологическая ситуация

Зоопланктон. Его видовой состав относительно беден. В течение вегетационного сезона отмечены в озере 10 видов коловраток, 6 – ветвистоусых, 5 – веслоногих ракообразных (рис. 12). Все виды являются типичными планктонными представителями водоемов Среднего Поволжья.

Максимальная численность зоопланктона отмечена в весенний период – 417.6 тыс. экз./м³ за счет активного размножения коловраток, а высокая летняя биомасса (2.09 г/м³) обусловлена доминированием крупных ветвистоусых ракообразных. Осенью при снижении температуры воды численность и биомасса зоопланктона уменьшаются до 48.8 тыс. экз./м³, 0.25 г/м³, соответственно (рис. 13). Видовое разнообразие зоопланктона также снижается к осени. Индексы видового разнообразия зоопланктона, рассчитанные по численности планктеров, изменяются от 3.18 весной до 1.33 осенью (табл. 12).

Таблица 8. Критерии загрязненности природных вод по ИЗВ по гидрохимическим параметрам.

Table 8. WPI pollution criteria of natural water based on hydrochemical parameters.

Величина ИЗВ	Класс качества	Характеристика качества воды
менее 0.3	I	очень чистая
более 0.3 до 1.0	II	чистая
более 1.0 до 2.5	III	умеренно загрязненная
более 2.5 до 4.0	IV	загрязненная
более 4.0 до 6.0	V	грязная
более 6.0 до 10.0	VI	очень грязная
более 10	VII	чрезвычайно грязная

Таблица 9. Характеристика качества воды оз. Пляжное по химическим показателям в целом по водоему. **Table 9.** Water quality characteristics of Lake Plyazhnoe based on its chemical indicators.

Показатели качества	Горизонт	Весна	Лето	Осень	Зима	Средняя
ИЗВ	поверхностный	0.43	0.71	0.42	0.28	0.46
	придонный	0.56	0.82	0.64	0.33	0.59
Класс качества воды	поверхностный	II	II	II	I	II
	придонный	II	II	II	II	II
Характеристика качества воды	поверхностный	чистая				
	придонный					
Приоритетные загрязняющие вещества (максимально наблюдаемые концентрации в ПДК)	поверхностный	Mn (1.1)	БПК _п (1.71), н/п (1.37), ХПК (1.09)	н/п (1.5), ХПК (1.3)	Растворенный кислород (< ПДК)	–
	придонный	–	БПК _п (1.85), ХПК (1.17), Mn (1.70)	–		–

Оценка качества воды озера, полученная на основе индикаторных значений по численности и биомассе видов-индикаторов сапробности, характеризует водоем как олигосапробный весной и осенью и β-мезосапробный летом, что указывает на его переходное состояние – от «чистого» до «умеренно загрязненного».

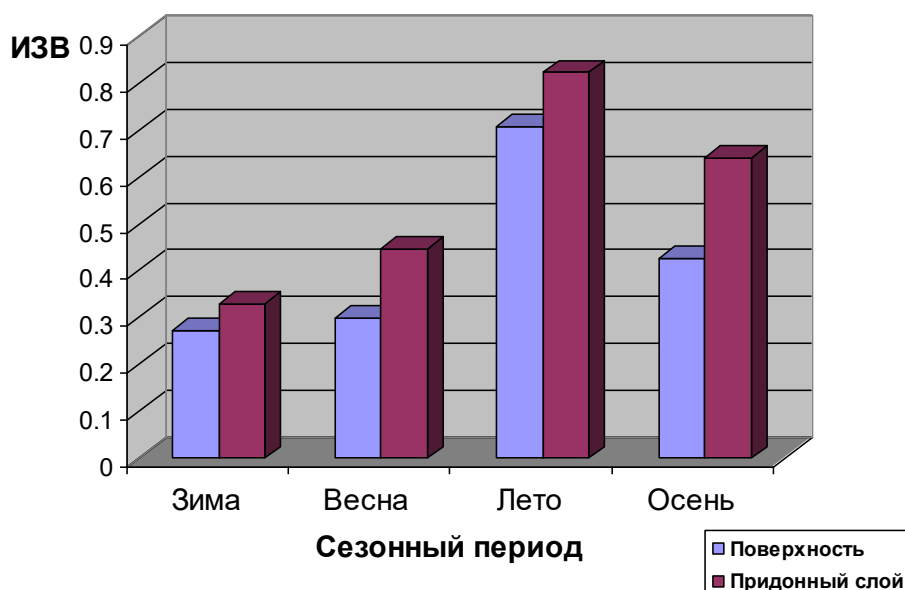


Рис. 9. Сезонная динамика индекса загрязнения воды (ИЗВ) оз. Пляжное.

Fig. 9. Seasonal dynamics of the water pollution (WPI) of Lake Plyazhnoe.

Согласно «Критериям оценки экологической обстановки ...» (1992), на основании интегральных характеристик жизнедеятельности зоопланктона, установлено, что оз. Пляжное относится к категории умеренно загрязненных водоемов, II-III класса качества воды, а экологическое состояние озера оценивается как «относительно удовлетворительное».

Зообентос. Ложе озера представлено серыми илами. Литораль озера неравномерна, узкой полосой тянется на юго-западной стороне и более широкая – на северной и северо-западной сторонах, занята слегка заиленным песком, местами с растительными остатками; на северной стороне – заросшая макрофитами.

По данным за 1991-2008 гг., в составе донной фауны зарегистрировано 123 таксона и вида (табл. 13). Из них личинки хирономид (мотыль) представлены 55 видами, личинки стрекоз и ручейников – 10-11, личинки поденок и жуков – 5. Моллюски представлены 12, из которых наибольшая частота встречаемости – у *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758). Отмечены 7 видов пиявок, из которых наибольшая частота встречаемости 23% у *Erpobdella octoculata* (Linnaeus, 1758), и 4 вида олигохет (табл. 13). Единично представлены нематоды, клещи, а также личинки некоторых двукрылых. Наибольшая встречаемость (50%) у эврибионтных личинок *Chironomus plumosus* (Linnaeus, 1758) и поденок *Caenis horaria* (Linnaeus, 1758). При оценке распределения видов на различных глубинах озера установлено, что наибольшее число видов донных гидробионтов (29 видов) отмечено в прибрежье литоральной зоны (рис. 14).

Относительно высокие весенне-летние значения биомассы зоопланктона благоприятны для размножения молоди рыб-планктофагов.

В целом для водоема доминирующими по числу видов и численности являются личинки хирономид. Высокую биомассу в бентосе (7.16 г/м²) обеспечивают личинки стрекоз (табл. 14; рис. 15).

В литоральной зоне (ст. 3), на мелководных участках (глубина – до 1.0 м) зарегистрирована максимальная численность бентоса осенью – 23040 экз./м², обусловленная развитием личинок хирономид *Cladotanytarsus mancus* и поденок, тогда как высокая биомасса весной (57.9 г/м²) обеспечивается развитием личинок стрекоз.

В районе точечного источника загрязнения (ст. 4) в бентосе регистрировались высокая

численность (17.700 экз./м²) и биомасса (33.75 г/м²) – в основном за счет развития полисапробных олигохет и личинок стрекоз (табл. 15; рис. 16). При этом индекс видового разнообразия составлял 0.21 бит/экз., что классифицирует участок озера как «очень грязный».

В сублиторали (ст. 2) на заиленных грунтах бентос представлен 18-25 видами. Среди зарослей макрофитов и в растительных остатках наблюдаются высокие численность бентоса за счет личинок хирономид (2600 экз./м²) и биомасса (6.7 г/м²), обусловленная развитием личинок стрекоз *Cardulia aenea* и моллюсков *Viviparus viviparus*. Преобладающая часть донного населения литорали и сублиторали относится к α - β -мезосапробным видам. В прибрежном мелководье литорали и в сублиторали вода «чистая», II класс качества.

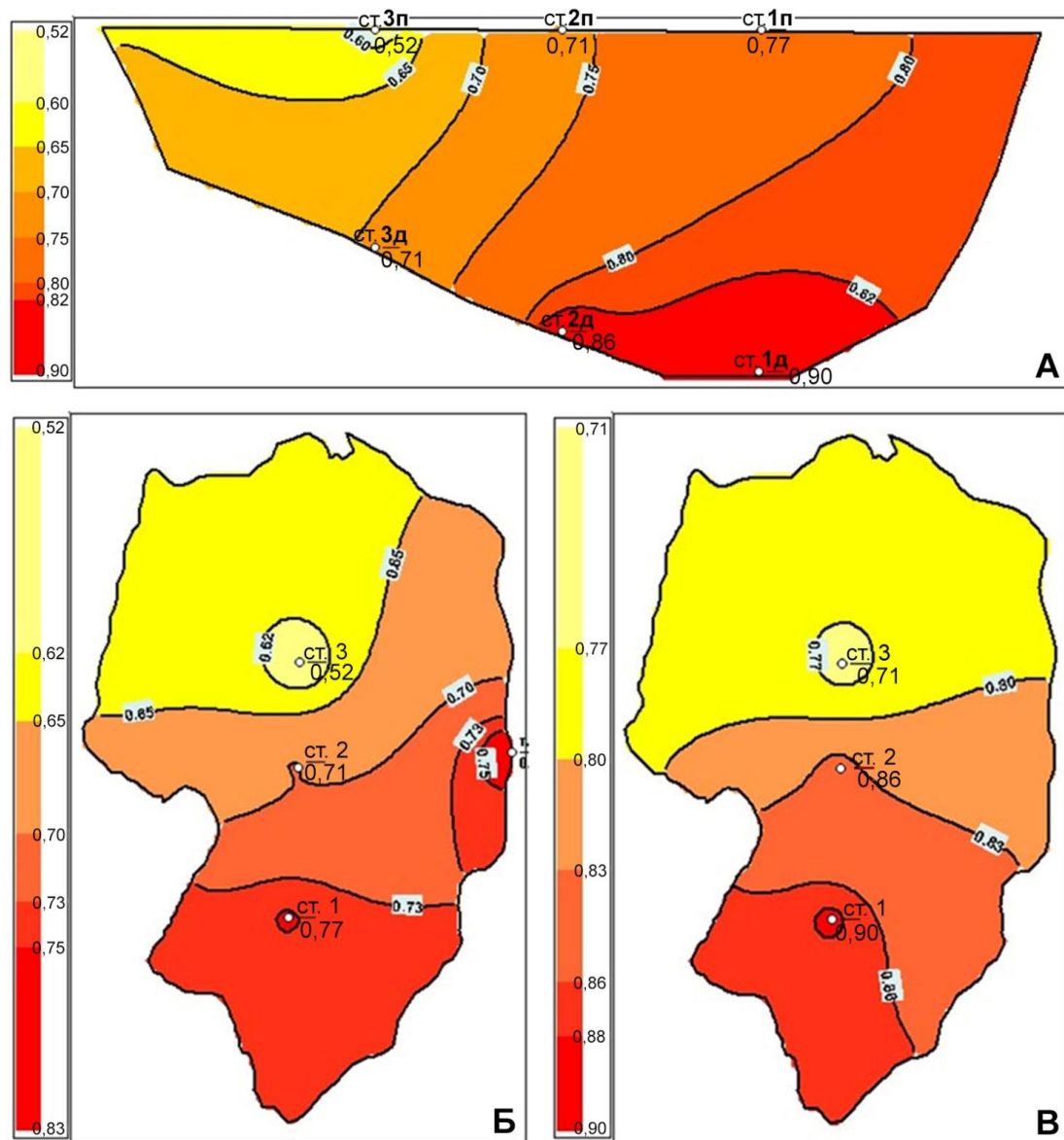


Рис. 10. Динамика химического загрязнения воды оз. Пляжное по горизонтам в летний период, оцениваемая по индексу загрязнения воды для водоемов культурно-бытового назначения. *Распределение ИЗВ:* А – по профилю озера, Б – в поверхностном горизонте, В – в придонном слое. **Fig. 10.** Dynamics of chemical pollution of Lake Plyazhnoe by water horizons in summer, assessed by WPI for water bodies of cultural and domestic purposes. *Distribution of WPI:* А – along the lake profile, Б – in the surface horizon, В – in the bottom layer.

Таблица 10. Превышение природного содержания веществ в оз. Пляжное в 1991-2008 гг.
Table 10. Exceeding values of the natural substances content in Lake Plyazhnoe in 1991-2008.

№ п/п	Наименование веществ	Горизонт	№ станции	Средняя концентрация, мг/л	Превышение природного содержания
1	Марганец	придонный	1	0.19	1.2
2	ХПК (мг О ₂ /л)	поверхностный	2	23.3	1.2
			3	22.2	1.1
			4	24.0	1.2
		придонный	3	21.3	1.1
3	Азот аммонийный	поверхностный	1	0.20	2.0
			2	0.24	2.4
			3	0.18	1.8
			4	0.19	1.9
		придонный	1	0.39	3.9
			2	0.20	2.0
			3	0.20	2.0
4	Азот нитратный	поверхностный	1	0.29	2.9
			2	0.25	2.5
			3	0.19	1.9
			4	0.40	4.0
		придонный	1	0.29	2.9
			2	0.26	2.6
			3	0.21	2.1

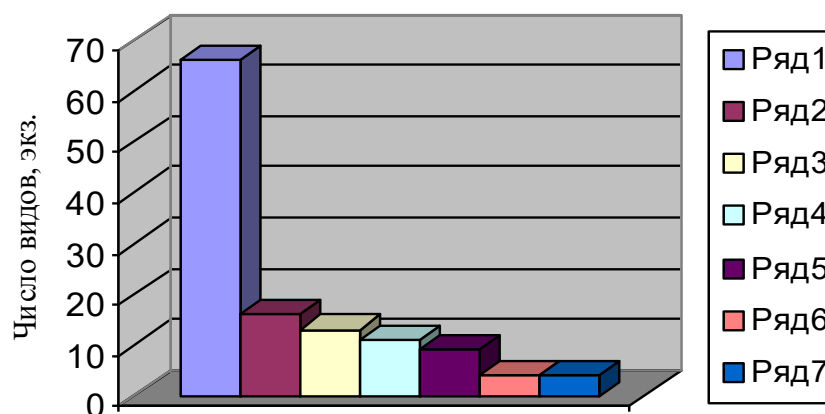


Рис. 11. Видовой состав фитопланктона оз. Пляжное. Условные обозначения: ряд 1 – зеленые (66 видов), 2 – цианопрокариоты (16), 3 – пиррофитовые (13), 4 – диатомовые (11), 5 – эвгленовые (9), 6 – желто-зеленые (4), 7 – золотистые (4).
Fig. 11. Phytoplankton species composition of Lake Plyazhnoe. Legend: row 1 – green (66 species), 2 – cyanoprokaryotes (16), 3 – pyrophytes (13), 4 – diatoms (11), 5 – euglenophytes (9), 6 – yellow-green (4), 7 – golden (4).

Глубоководная часть озера, бенталь (глубины свыше 3 м, ст. 1) испытывает высокую антропогенную нагрузку, что приводит к резкому снижению числа видов (3-4 вида) и численности бентоса (рис. 14, 16).

Таблица 11. Основные структурные характеристики фитопланктона оз. Пляжное.**Table 11.** Main structural characteristics of phytoplankton of Lake Plyazhnoe.

№	Показатели	Сезоны			Среднее за вегетационный период
		весна	лето	осень	
1	Численность, млн. кл/л (средняя / максимальная)	0.2 / 0.38	5.5 / 12.2	2.5 / 4.3	2.7 / 12.2
2	Биомасса, г/м ³ (средняя / максимальная)	0.009 / 0.012	1.05 / 5.1	0.5 / 0.95	0.52 / 5.1
3	Доминирующие виды*	<i>Microcystis pulvere</i> (H.C. Wood) Forti, 1907, <i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek, 1974	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton, 1869, <i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin, 1841, <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann, 1898	<i>M. pulvere</i> (H.C. Wood) Forti, 1907, <i>Lemmermannia tetrapedia</i> (Kirchner) Lemmermann, 1904	<i>C. hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin, 1841, <i>F. crotonensis</i> Kitton, 1869, <i>M. pulvere</i> (H.C. Wood) Forti, 1907
4	Хлорофилл «а», мг/м ³ (средняя / максимальная)	3.18±0.1 / 4.35, n = 7	9.59±3.4 / 24.69, n = 10	8.6±0.002 / 8.8, n = 3	7.2±3.5 / 24.69, n = 20
5	Степень «цветения» воды	Не выражена		Слабая	Отсутствие – слабая
6	Индекс видового разнообразия Шеннона (численность / биомасса)	1.32 / 2.67	2.46 / 2.95	2.02 / 2.80	1.93 / 2.68
7	Индекс сапробности (численность / биомасса)	1.48 / 1.62	1.67 / 1.72	1.54 / 1.60	1.58 / 1.72
8	Зона сапробности	о-β-мезо-сапробная	о-β-мезо-сапробная	β-о-мезо-сапробная	о-β-мезо-сапробная
9	Класс качества воды	II – чистая			
10	Экологическое состояние водоема	Относительно удовлетворительное			

Примечание к таблице 11: *виды приведены по работе M. Guiry, D. Guiry (2026).**Notes to Table 11:** *species are given according to M. Guiry and D. Guiry (2026).

В сезонной динамике высокая численность донных организмов – 2000 экз./м² весной и значительная биомасса – 15.24 г/м² летом обеспечиваются за счет развития лимнофильных видов олигохет и личинок хирономид (*Chironomus plumosus*), характерных для мест обитания с высоким содержанием биогенных и органических веществ. Индекс видового

разнообразия Шеннона в бентали составляет 1.2 бит/экз., тогда как на мелководных участках озера индекс Шеннона высокий: 2.32-2.96 бит/экз.

В зимний период численность бентоса в бентали изменялась от 2030 до 2900 экз./м², а биомасса – от 28.5 до 46.7 г/м². Высокая биомасса обусловлена личинками мотыля, мокрецов и олигохетами. Класс качества воды в глубоководной бентали соответствует IV – вода «загрязненная».

Экологическое состояние озера на основании интегрального обобщенного показателя по состоянию бентоса соответствует «относительно удовлетворительному» (табл. 14).

Бактериопланктон. Состав бактериопланктона и его численность соизмеримы с таковыми для мезоэвтрофных озер. Выявлены индикаторные бактерии.

По показателям общей численности сапрофитных бактерий вода озера летом характеризовалась наличием таких родов, как *Micrococcus* sp., *Xantomonus* sp. и *Flavobacter* sp. Озеро способно к активному самоочищению от нетипичных (привнесенных) бактерий за счет антагонистов – бактерий-хищников.

В придонном слое выявляются клетки спорообразующих сапрофитных бактерий рода *Bacillus* (s. l.): *B. cerus* Frankland and Frankland, 1887 и *Priestia megaterium* (de Bary, 1884) Gupta et al., 2020.

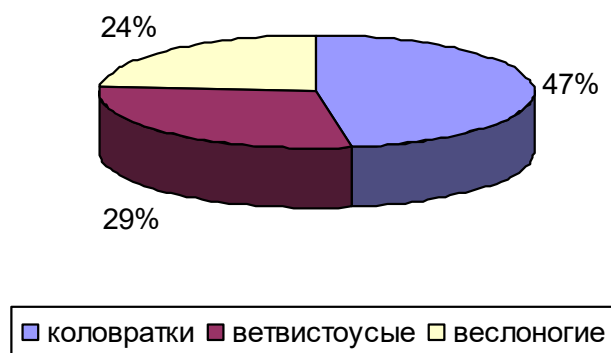


Рис. 12. Состав зоопланктона в оз. Пляжное. **Fig. 12.** Zooplankton composition of Lake Plyazhnoye.

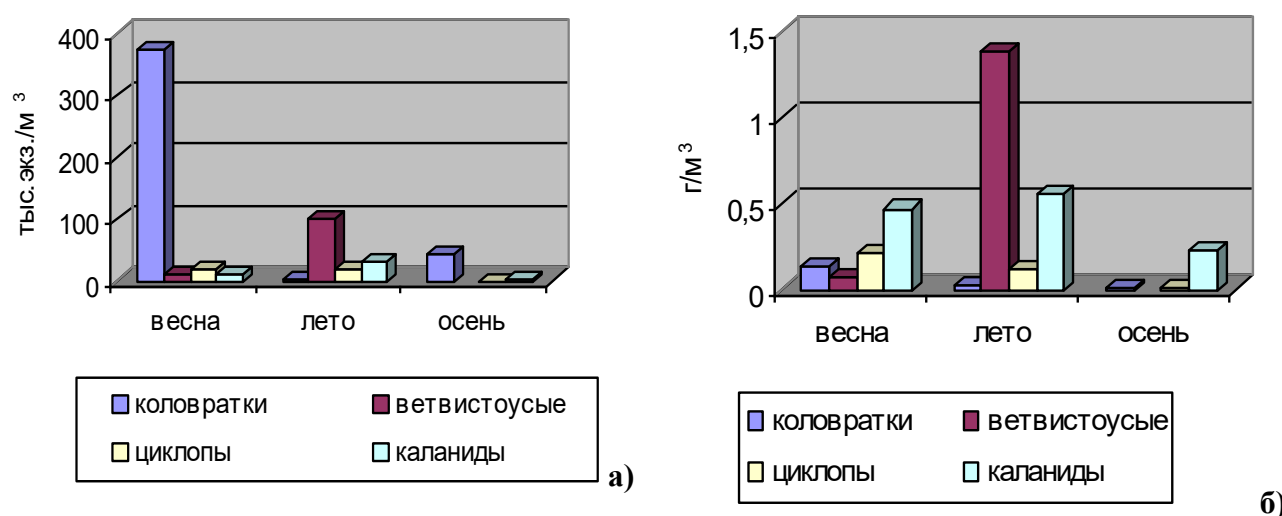


Рис. 13. Изменение численности (а) и биомассы (б) зоопланктона в течение вегетационного периода в оз. Пляжное. **Fig. 13.** Changes in zooplankton abundance (a) and biomass (б) during its growing season in Lake Plyazhnoye.

Таблица 12. Основные структурные характеристики зоопланктона в оз. Пляжное.**Table 12.** Main structural characteristics of zooplankton in Lake Plyazhnoe.

№	Показатели	Сезоны			Среднее за вегетационный период
		весна	лето	осень	
1	Численность, экз./м ³	417642	151230	48849	205907
2	Биомасса, г/м ³	0.88	2.09	0.25	1.07
3	Доминирующие виды*	<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786), <i>Conochilus</i> sp., <i>Thermocyclops oithonoides</i> (G.O. Sars, 1863), <i>Eudiaptomus gracilis gracilis</i> (G.O. Sars, 1863)	<i>Daphnia cucullata</i> G.O. Sars, 1862, <i>Diaphanosoma brachium</i> (Liévin, 1848), <i>E. gracilis gracilis</i> (G.O. Sars, 1863)	<i>K. cochlearis</i> (Gosse, 1851), <i>K. quadrata</i> (Müller, 1786), <i>Testudinella</i> sp., <i>E. gracilis gracilis</i> (G.O. Sars, 1863)	<i>Da. cucullata</i> G.O. Sars, 1862, <i>Di. brachium</i> (Liévin, 1848), <i>E. gracilis gracilis</i> (G.O. Sars, 1863)
4	Соотношение основных групп, % (численность / биомасса): – коловратки, – ветвистоусые, – циклопы, – каланиды	89.5 / 14.7, 2.9 / 8.4, 4.8 / 23.6, 2.8 / 53.3	1.5 / 1.6, 65.2 / 65.93, 13.7 / 5.8, 19.6 / 26.6	92.2 / 5.2, –, 0.6 / 1.5, 7.2 / 93.3	68.2 / 5.5, 17.9 / 45.0, 6.7 / 10.3, 7.2 / 39.2
5	Индексы видового разнообразия Шеннона (численность / биомасса)	3.18 / 1.81	2.96 / 3.02	1.33 / 1.88	2.49 / 2.23
6	Индексы сапробности (численность / биомасса)	1.64 / 1.22	1.70 / 1.55	1.21 / 1.44	1.51 / 1.40
7	Зона сапробности	Олигосапробная	β-мезо-сапробная	Олиго-сапробная	α-β-мезосапробная
8	Класс качества воды	II – чистая	III – умеренно-загрязненная	II – чистая	II-III – чистая – умеренно-загрязненная
9	Экологическое состояние водоема	Относительно удовлетворительное			

Примечание к таблице 12: *виды приведены по «WoRMS Editorial Board» (2026).**Notes to Table 12:** *species are listed according to “WoRMS Editorial Board” (2026).

Кишечная палочка выделяется в основном в нормативно допустимых количествах. Санитарное состояние водоема, оцениваемое по коли-индексу, в основном соответствует нормативным требованиям (табл. 16). При единичных отборах проб воды на исследование в июне по содержанию лактозоположительной кишечной палочки зарегистрировано превышение действовавших гигиенических нормативов (СанПиН 4630-88, 1994) в 5 раз (табл. 17), при наличии положительной сезонной тенденции.

Таблица 13. Таксономический состав и частота встречаемости (в %) видов макрозообентоса в оз. Пляжное в 1991-2008 гг. **Table 13.** Taxonomic composition and frequency of occurrence (in %) of macrozoobenthos species in Lake Plyazhnoe in 1991-2008.

Виды и таксоны	Частота встречаемости	Виды и таксоны	Частота встречаемости
1	2	1	2
Hydrozoa (1)			
Hydrida fam. et gen. sp.	2		
Nematoda (1)			
Nematoda fam. et gen. sp.	23		
Mollusca (12)			
Gastropoda			
<i>Ampullaceana intermedia</i> (Lamarck, 1822)	5	<i>Lymnaea</i> (s. l.) sp.	7
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	11	<i>Planorbis</i> sp.	2
<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	2	<i>Valvata</i> sp.	2
<i>Radix auricularia</i> (Linnaeus, 1758)	2	<i>Viviparus viviparus</i> Linnaeus, 1758	9
Bivalvia			
<i>Euglesa</i> sp.	2	<i>Sphaerium rivicola</i> (Lamarck, 1818)	5
<i>Pisidium</i> sp.	5	<i>Sphaerium</i> sp.	2
Oligochaeta (4)			
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede, 1862	2	<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1758)	2
<i>Limnodrilus</i> sp.	2	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	2
Hirudinea (7)			
<i>Erpobdella nigricollis</i> (Brandes, 1900)	4	<i>Glossiphonia concolor</i> (Apathy, 1888)	2
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	23	<i>Helobdella stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	14
<i>Erpobdella</i> sp.	4	<i>Piscicola geometra</i> (Linnaeus, 1761)	2
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)	4		
Arachnoidea (2)			
Agelenidae			
<i>Argyroneta aquatica</i> (Clerck, 1757)	2		
Hydrachnidia			
<i>Hydrachna</i> gen. sp.	14		
Insecta:			
Odonata (11)			
<i>Coenagrion hastulatum</i> (Charpentier, 1825)	2	<i>Erythromma najas</i> (Hansemann, 1823)	5
<i>Cordulia aenea</i> (Linnaeus, 1758)	7	<i>Epithea bimaculata</i> (Charpentier, 1825)	2

Продолжение таблицы 13.

1	2	1	2
<i>Enallagma boreale circulatum</i> (Selys, 1883)	2	<i>Ischnura elegans</i> (Van der Linden, 1823)	20
<i>Enallagma cyathigerum</i> (Charpentier, 1840)	5	<i>Sympecma fusca</i> (Van der Linden, 1820)	5
<i>Enallagma</i> sp.	2	<i>Sympetrum</i> sp.	2
<i>Erythromma najas humerale</i> (Selys, 1887)	2		
Ephemeroptera (7)			
<i>Baetis</i> sp.	2	<i>Centroptilum luteolum</i> Müller, 1776	5
<i>Caenis horaria</i> (Linnaeus, 1758)	50	<i>Cloeon</i> gr. <i>dipterum</i>	4
<i>Caenis macrura</i> Stephens, 1835	2	<i>Cloeon simile</i> Eaton, 1870	11
<i>Caenis robusta</i> Eaton, 1885	2		
Lepidoptera (1)			
Lepidoptera fam. et gen. sp.	4		
Heteroptera (2)			
<i>Ilyocoris cimicoides</i> (Linnaeus, 1758)	2	<i>Sigara</i> sp.	2
Coleoptera (5)			
<i>Dytiscus</i> sp.	4	<i>Ilybius</i> sp.	2
<i>Haliphus obliquus</i> (Fabricius, 1787)	2	<i>Spercheus emarginatus</i> (Schaller, 1783)	2
<i>Haliphus ruficollis</i> (De Geer, 1774)	5		
Collembola (1)			
<i>Podura aquatica</i> Linnaeus, 1758	2		
Trichoptera (10)			
<i>Agraylea multipunctata</i> Curtis, 1834	2	<i>Hydroptila</i> sp.	7
<i>Agrypnia pagetana</i> Curtis, 1835	2	<i>Leptocerus tineiformis</i> Curtis, 1834	5
<i>Athripsodes aterrimus</i> (Stephens, 1836)	4	<i>Mystacides niger</i> (Linnaeus, 1758)	4
<i>Cyrnus flavidus</i> MacLachlan, 1864	21	<i>Oecetis furva</i> (Rambur, 1842)	5
<i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur, 1842)	2	<i>Phryganea bipunctata</i> Retzius, 1783	7
Diptera			
Psychodidae (1)			
<i>Pericoma</i> sp.	4		
Chaoboridae (1)			
<i>Chaoborus</i> sp.	18		
Culicidae (1)			
<i>Anopheles</i> sp.	2		
Ceratopogonidae (1)			
<i>Culicoides</i> sp.	39		
Chironomidae (55)			
<i>Ablabesmyia monilis</i> (Linnaeus, 1758)	4	<i>Parachironomus arcuatus</i> (Goetghebuer, 1919)	2
<i>Ablabesmyia</i> sp.	4	<i>Parachironomus varus</i> (Goetghebuer, 1919)	9

Продолжение таблицы 13.

1	2	1	2
<i>Chironomus balatonicus</i> (Devai, Wuelker et Scholl, 1983)	2	<i>Parachironomus vitiosus</i> (Goetghebuer, 1921)	2
<i>Chironomus plumosus</i> (Linnaeus, 1758)	50	<i>Paratanytarsus confusus</i> Palmen, 1960	20
<i>Cladopelma</i> gr. <i>lateralis</i>	20	<i>Paratanytarsus inopertus</i> (Walker, 1856)	5
<i>Cladotanytarsus mancus</i> (Walker, 1856)	34	<i>Paratanytarsus intricatus</i> (Goetghebuer, 1921)	5
<i>Corynoneura celeripes</i> Winnertz, 1852	2	<i>Paratanytarsus</i> gr. <i>lauterborni</i>	14
<i>Corynoneura lobata</i> Edwards, 1924	2	<i>Paratanytarsus tenuis</i> (Meigen, 1830)	4
<i>Corynoneura</i> sp.	2	<i>Paratanytarsus</i> sp.	9
<i>Cricotopus bicinctus</i> (Meigen, 1818)	4	<i>Polypedilum bicrenatum</i> Kieffer, 1921	9
<i>Cricotopus</i> gr. <i>cylindraceus</i>	2	<i>Polypedilum convictum</i> (Walker, 1856)	4
<i>Cricotopus</i> gr. <i>sylvestris</i>	30	<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen, 1804)	27
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i>	14	<i>Polypedilum sordens</i> (Wulp, 1875)	30
<i>Cryptochironomus obreptans</i> (Walker, 1856)	23	<i>Procladius choreus</i> (Meigen, 1804)	7
<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Staeger, 1939)	11	<i>Procladius ferrugineus</i> (Kieffer, 1918)	2
<i>Dicrotendipes notatus</i> (Meigen, 1818)	25	<i>Procladius</i> sp.	2
<i>Dicrotendipes pulsus</i> (Walker, 1856)	2	<i>Psectrocladius</i> gr. <i>psilopterus</i>	2
<i>Endochironomus albipennis</i> (Meigen, 1830)	29	<i>Psectrocladius sordidellus</i> (Zetterstedt, 1838)	29
Chironomidae (55)			
<i>Endochironomus impar</i> (Walker, 1856)	4	<i>Stictochironomus crassiforceps</i> (Kieffer, 1922)	20
<i>Endochironomus tendens</i> (Fabricius, 1775)	2	<i>Stictochironomus histrio</i> (Fabricius, 1794)	2
<i>Endochironomus</i> sp.	2	<i>Stictochironomus rosenschoeldi</i> (Zetterstedt, 1838)	2
<i>Fleuria lacustris</i> Kieffer, 1924	16	<i>Tanytus punctipennis</i> (Meigen, 1818)	2
<i>Glyptotendipes glaucus</i> (Meigen, 1818)	29	<i>Tanytus vilipennis</i> (Kieffer, 1918)	21
<i>Glyptotendipes gripekoveni</i> (Kieffer, 1913)	11	<i>Tanytarsus</i> gr. <i>medius</i>	2
<i>Glyptotendipes pallens</i> (Meigen, 1804)	2	<i>Tanytarsus pallidicornis</i> (Walker, 1856)	2
<i>Glyptotendipes paripes</i> (Edwards, 1929)	2	<i>Tanytarsus pseudolestagei</i> Shilova, 1976	20
<i>Microchironomus tener</i> (Kieffer, 1918)	5	<i>Tanytarsus</i> sp.	34
<i>Nanocladius rectinervis</i> (Kieffer, 1911)	2	—	
Всего -- 123 таксона и вида			

По показателям общего количества бактериопланктона и численности сапрофитных бактерий озеро характеризуется относительно удовлетворительным состоянием. Патогенные организмы в течение сезона наблюдений не были обнаружены.

Ихтиофауна и рыбохозяйственная оценка. Фауна рыб оз. Пляжное представлена 3 видами, что весьма характерно для малых озер подобного типа. В опытных уловах за весенне-осенний период в период исследований присутствовали взрослые особи и молодь

карася обыкновенного, или золотого *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) и молодь речного окуня *Perca fluviatilis* Linnaeus., 1758 при доминировании карася (табл. 18). Опросы и анализ уловов рыбаков-любителей показали, что в озере в небольшом количестве периодически встречается типичный обитатель малых водоемов – верховка *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843).

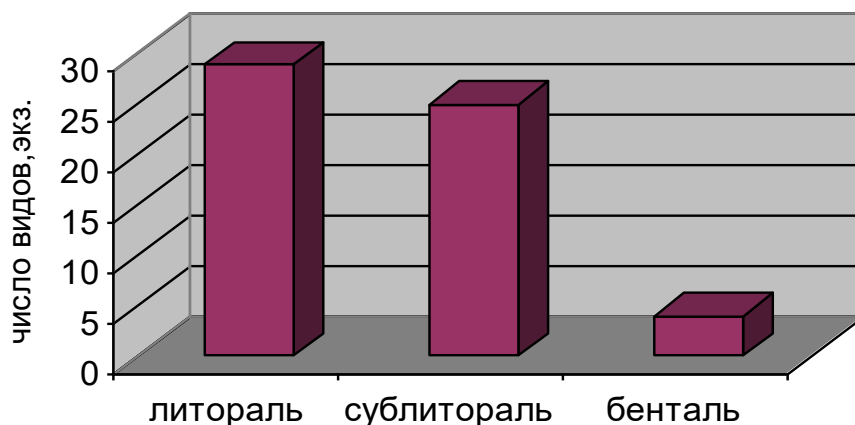


Рис. 14. Изменение числа видов макрозообентоса на различных участках оз. Пляжное.

Fig. 14. Changes in the number of macrozoobenthos species in different areas of Lake Plyazhnoe.

Таблица 14. Основные структурные характеристики и оценка экологического состояния оз. Пляжное по зообентосу. **Table 14.** Main structural characteristics and assessment of the ecological state of Lake Plyazhnoe based on its zoobenthos.

№	Показатели	Сезоны			В среднем за вегетационный период
		весна	лето	осень	
1	Численность, экз./м ² : – средняя, – максимальная	3573, 6120	1297, 1890	8220, 23040	4363, –
2	Биомасса, г/м ² : – средняя, – максимальная	29.9, 57.9	6.3, 15.2	12.3, 29.5	15.9, –
3	Доминирующие виды, группы	Олигохеты, поденки (<i>Caenis horaria</i>), личинки хирономид (<i>Tanytarsus</i> sp., <i>Chironomus plumosus</i>)	Поденки (<i>C. horaria</i>), личинки хирономид (<i>Endochironomus albipennis</i> , <i>Ch. plumosus</i>), стрекозы	Личинки хирономид (<i>Cladotanytarsus mancus</i> , <i>Polypedilum nubeculosum</i>), поденки (<i>C. horaria</i>), олигохеты	Личинки хирономид (<i>Cl. mancus</i> , <i>P. nubeculosum</i>), поденки (<i>C. horaria</i>), олигохеты, стрекозы
4	Индекс видового разнообразия Шеннона (мин.-макс.)	1.68-3.46	1.2-3.68	1.52-3.68	1.2-3.68

Продолжение таблицы 14.

№	Показатели	Сезоны			В среднем за вегетационный период
		весна	лето	осень	
5	Биотический индекс Вудивисса (литораль/сублитораль/ бенталь)	8 / 8 / 4	8 / 7 / 4	(7-8) / 7 / 4	(7-8) / (7-8) / 4
6	Индекс сапробности по численности видов (литораль/сублитораль/ бенталь)	(1.8-1.6) / (1.7-1.6) / (3.2-3.0)	(1.9-1.6) / (1.5-1.2) / (3.2-3.1)	(1.9-1.7) / (1.6-1.3) / (3.1-2.9)	(1.9-1.6) / (1.7-1.2) / (3.2-2.9)
7	Зона сапробности (литораль / сублитораль / бенталь)	β -мезо-сапробная / β -мезо-сапробная / α -мезо-сапробная	β -мезо-сапробная / α -мезо-сапробная		
8	Олигохетный индекс, % (литораль / сублитораль / бенталь)	43 / 4.6 / 45	0.8 / 4 / 2	5.2 / 8 / 40	14.4 / 1.6 / 15.1
9	Класс качества воды (литораль / сублитораль / бенталь)	II – чистая / II – чистая / IV –загрязненная			
10	Экологическое состояние водоема (литораль / сублитораль / бенталь)	Относительно удовлетворительное / относительно удовлетворительное / относительно удовлетворительное			

Выраженных патологических изменений, хронических заболеваний, связанных с загрязнением водоема, у рыб не обнаружено. Интенсивность и экстенсивность развития паразитофауны обычны для такого типа водоемов, находящихся в относительно удовлетворительном состоянии. Из паразитофауны единично встречаются представители рода *Dactylogyrus*, *Nematoda* и *Myxosporidia* у карася, *Acanthocaphala*, *Trematoda* и *Cestoda* у окуня.

Средняя биомасса рыб составляет 4.04 ± 0.91 кг/га.

В зимний период наблюдаются заморные явления, что приводит к частичной гибели окуня. По рыбохозяйственной классификации озеро относится к равнинным карасевым.

Первичная и вторичная продукция водоема довольно высоки и при минимальных мелиоративных работах его рыбопродуктивность может быть поддержана на уровне не менее 100 кг/га.

Исходя из нормативов (табл. 19) озерного рыбоводства (Справочник ..., 1983), для увеличения рыбопродуктивности (в случае использования озера для целей спортивного и любительского рыболовства) можно рекомендовать выпуск сеголетков карпа и растительноядного белого амура (в соотношении 1:1, расчетное количество около 2000 шт.), а также выпуск щуки в количестве порядка 150 шт. сеголетков на площадь озера.

В качестве мелиоративных мероприятий для устранения вероятности острых зимних заморов, хотя бы на 10% площади озера рекомендуется проведение в зимний период вмораживания связок камыша или рогоза над глубоководной частью после его выкашивания

и поддержание площади зарастания макрофитами на уровне 15-20% от общей площади водоема.

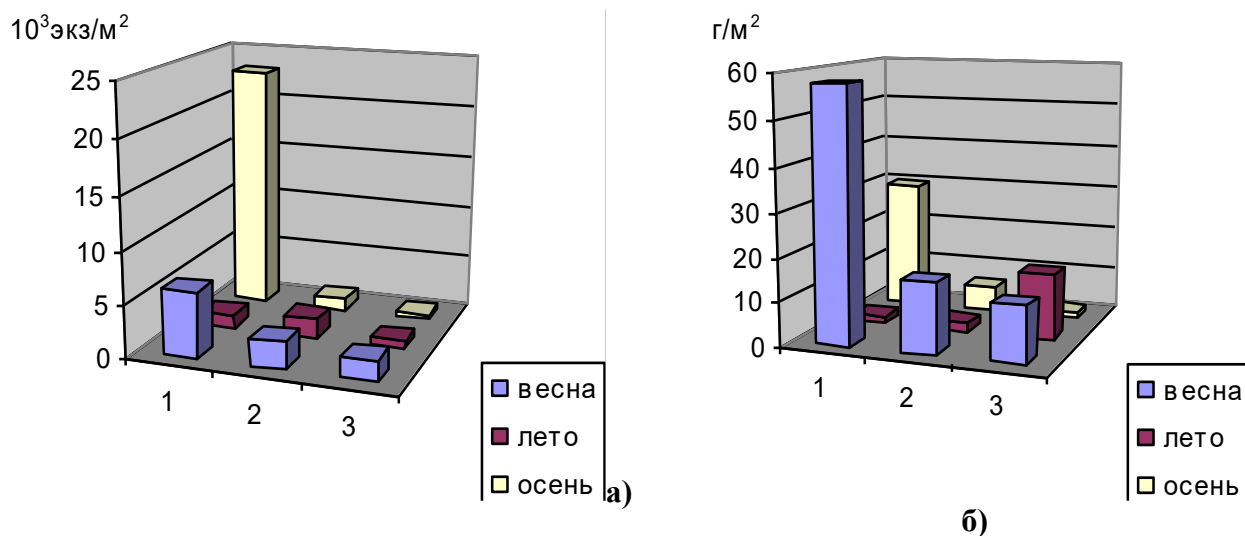


Рис. 15. Изменение численности (а) и биомассы (б) бентоса в течение вегетационного периода в оз. Пляжное. Условные обозначения: 1 – литераль, 2 – сублитераль, 3 – бенталь.
Fig. 15. Changes in benthos abundance (a) and biomass (b) during its growing season in Lake Plyazhnoe. Legend: 1 – littoral, 2 – sublittoral, 3 – benthal.

Таблица 15. Основные структурные характеристики зообентоса в районе точечного источника загрязнения оз. Пляжное. **Table 15.** Main structural characteristics of zoobenthos at the source of pollution of Lake Plyazhnoe.

Показатели	Ст. 4 (стоки)
Численность, экз./м ² :	
– средняя,	10800,
– максимальная	17700
Биомасса, г/м ² :	
– средняя,	18.3,
– максимальная	33.8
Доминирующие виды, группы	Олигохеты
Индекс видового разнообразия Шеннона	0.21-0.48
Биотический индекс Вудивисса	2-3
Индекс сапробности по численности видов	3.8-3.6
Зона сапробности	Полисапробная
Класс качества воды	V – грязная
Олигохетный индекс, %	85 / 97
Экологическое состояние	Чрезвычайная экологическая ситуация

Антропогенная нагрузка. Район Васильевских озер – в состав которых входит и оз. Пляжное – как фрагмент санитарно-защитного пояса северного промузла, экологически наиболее уязвим. На его территории сосредоточена значительная часть промышленных ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2026, том 10, № 2

отходов города. Техногенное воздействие на озера происходит через загрязнение воздушного бассейна и почв прилегающей к ним территории.

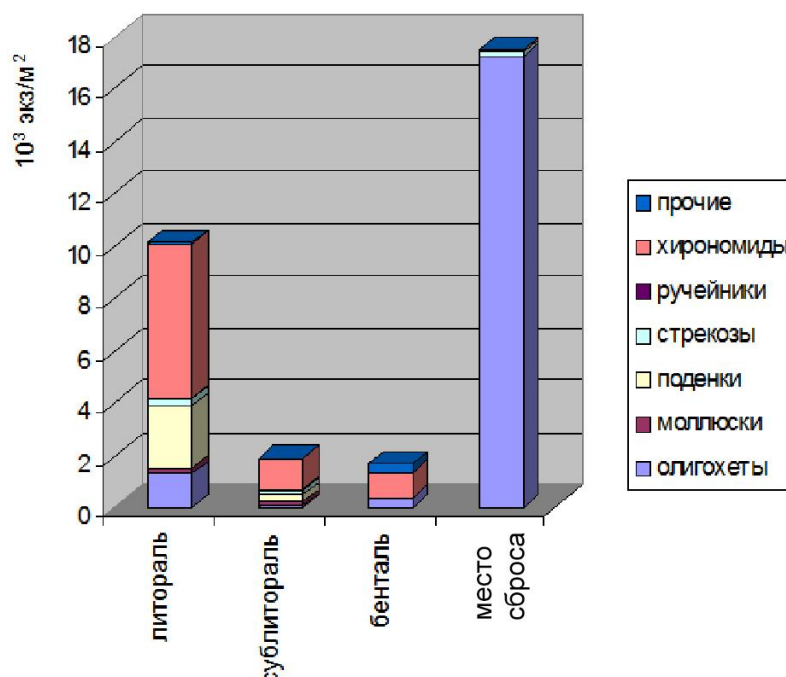


Рис. 16. Изменение численности основных групп бентоса в различных зонах оз. Пляжное.

Fig. 16. Changes in the abundance of the main benthos groups in different zones of Lake Plyazhnoe.

Таблица 16. Численность и биомасса бактериопланктона в оз. Пляжное.

Table 16. Abundance and biomass of bacterioplankton in Lake Plyazhnoe.

№	Показатели	Весна	Лето	Осень	В среднем за сезон
1	Численность, тыс. кл./мл: – поверхность, – придонный слой	560, 500	582, 420	820, 640	646, –
2	Биомасса, мг/л: – поверхность, – придонный слой	0.28, 0.23	0.24, 0.20	0.37, 0.26	–, 0.26
3	Количество сапрофитных бактерий, тыс. кл./мл: – поверхность, – придонный слой	400, 560	600, 680	700, 400	557, –

Данное озеро, в отличие от других водоемов Васильевской системы, находится в более благоприятных условиях. Оно расположено в стороне от основной цепочки озер и не имеет на своей водосборной площади отвалов промышленных отходов и огородно-дачных массивов. Негативное влияние на оз. Пляжное оказывают сточные воды расположенного на восточном берегу точечного источника загрязнения (рис. 3А). Со сточными водами

в озеро поступают химические вещества в количествах, значительно превышающих ПДК для рыбохозяйственных водоемов: содержание нефтепродуктов в стоке достигает 196 ПДК, нитритного азота – 8 ПДК, нитратного азота – 1 ПДК. Общая минерализация сточных вод выше озерных на 100-125 мг/л, в основном за счет повышенных значений сульфатов и кальция.

Определенная доля загрязнителей поступает в озеро от купающихся и рыболовов. Известно (Шамардина, 1975; Авилова и др., 1984), что за купальный сезон каждый купающийся вносит в водоем в среднем 75 мг общего фосфора и 695 мг общего азота. Кроме биогенных элементов человек в течение 10 минут купания вносит в воду более 3 млрд. сапрофитных бактерий и от 100 тыс. до 20 млн. кишечных палочек. От любительского рыболовства в течение суток от одного человека поступает 25 г взвешенных веществ, 3 г аммонийного азота, 4 г хлоридов, 1 г минерального фосфора.

Таблица 17. Бактериологические показатели качества воды оз. Пляжное.

Table 17. Bacteriological indicators of water quality in Lake Plyazhnoe.

№	Показатели	Результаты наблюдений	
		Поверхностный слой	Придонный слой
1	ЛКП-5000, кл./дм ³	7000-24000	
2	Индекс колифага, БОЕ	Не обнаружено	
3	Патогенные микроорганизмы	Не обнаружены	

Таблица 18. Основные структурные характеристики ихтиофауны оз. Пляжное.

Table 18. Main structural characteristics of the ichthyofauna of Lake Plyazhnoe.

№	Показатели	В среднем за весенне-летний период
1	Численность, экз./м ²	202±36
2	Биомасса, кг/га	4.04±0.91
3	Размерный состав, см: – колебание, – среднее	0.74-14.2, 2.06±1.35
4	Видовой состав	<i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758), <i>Perca fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)
5	Соотношение видов, % (численность / биомасса): – карась, – окунь	54/96, 46/4
6	Заболеваемость рыб, связанная с хроническим токсикозом	Признаки отсутствуют
7	Экологическое состояние водоема	Удовлетворительное

Отмеченные показатели антропогенного воздействия на озеро в той или иной степени оказывают влияние на качество воды и состояние его экосистемы.

Дополнительную антропогенную нагрузку в районе оз. Пляжное создает электромагнитное поле воздушных высоковольтных линий электропередачи, в первую ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2026, том 10, № 2

очередь, ЛЭП-500, идущая параллельно юго-восточному участку берега. Результаты проведенных испытаний свидетельствуют о том, что в районе озера нормативные показатели напряженности электрического поля (1 кВ/м) достигаются на расстоянии не менее 20 м от линии крайнего провода ЛЭП, т.е. уже над водной поверхностью.

Таблица 19. Плотность посадки сеголетков ценных видов рыб в озера с естественным составом ихтиофауны (экз./га). **Table 19.** Stocking density of yearlings of valuable fish species in lakes with natural ichthyofauna composition (ind./ha).

Биомасса		Бентофаги	Хищники
Зоопланктон, г/м ²	Зообентос, г/м ²		
2-3	5	100-150	10
≥ 3-5	≥ 10	150-200	15

Экологическое состояние. По совокупности абиотических условий, формированию структурных и продукционных показателей биоты озера, а также по показателям качества воды оз. Пляжное относится к типичным городским водоемам Среднего Поволжья, испытывающим умеренный антропогенный пресс. Вода озера характеризуется высокой прозрачностью, благоприятным для обитания гидробионтов газовым режимом, отличается невысокими показателями цветности и концентрациями органического вещества, средней минерализацией и умеренной жесткостью.

Биогенные элементы, определяющие уровень продуктивности, присутствуют в незначительных количествах. По уровню развития фитопланктона (хлорофилл «а») озеро относится к мезотрофному типу. Антропогенная нагрузка выражается в загрязнении нитратным и аммонийным азотом, нефтепродуктами и органическими соединениями (по показателям ХПК и БПК₅), поступающими со сточными водами.

По данным сапробиологического анализа *пелагиаль* озера по индикаторным видам фито- и зоопланктона относится к β -мезосапробной зоне, имеет II-III класс качества воды, вода «чистая – умеренно загрязненная» (табл. 20). Химическое загрязнение пелагиали озера, оцениваемое по ИЗВ, соответствует данным сапробиологического и гидробиологического анализов. Поверхностный и придонный горизонты в среднем за период наблюдения имеют соответственно II класс качества, т.е. вода «чистая» (табл. 20).

Литораль озера по гидробиологическим показателям, соответствует II классу качества воды, «чистая», по показателям сапробности относится к α - β -мезосапробной зоне. *Бенталь* характеризуется более высокой степенью загрязнения органическим веществом, относится к α - β -полисапробной зонам; биотический индекс Вудивисса соответствует показателю 4, что соответствует классу качества воды «загрязненная».

Интегральная оценка экологического состояния оз. Пляжное по показателям его химического загрязнения в соответствии с рекомендациями, изложенными в «Критериях оценки экологической обстановки ...» (1992) свидетельствует, что по всем контролирующим показателям, водные массы характеризуются «относительно удовлетворительной» экологической ситуацией. Накопление химических загрязнителей (железо, хром, марганец, медь, свинец, цинк) в донных отложениях, согласно нормативным документам, создает «чрезвычайную экологическую ситуацию» (табл. 7).

Интегральная оценка состояния озера, проведенная с учетом гидробиологических характеристик, свидетельствует, что по всем контролируемым показателям экологическое состояние озера квалифицируется как «относительно удовлетворительное» (табл. 21). «Чрезвычайная экологическая ситуация» характерна лишь для донных отложений (табл. 7),

чему способствуют поступающие в озеро стоки. Первичные материалы оценки экологического состояния озера составили базу данных, на основе которой был выполнен многофакторный анализ матриц наблюдений с использованием статистических методов и пакетов программ (Зинченко и др., 2007). В соответствии с экологическим статусом озеро было отнесено к малозагрязненным озерам с хорошо развитым сообществом макрозообентоса.

Таблица 20. Оценка экологического состояния оз. Пляжное по данным сапробиологического и гидрохимического анализов. **Table 20.** Ecological state assessment of Lake Plyazhnoe based on saprobiological and hydrochemical analyses.

Индикатор экологического состояния водоема	Критерий экологического состояния водоема	Экологические зоны водоема		
		Пелагиаль	Бенталь	Литораль
Фитопланктон	Индекс сапробности	1.58	—	—
	Зона сапробности	α - β -мезо-сапробная	—	—
	Класс качества воды	II – чистая	—	—
Зоопланктон	Индекс сапробности	1.4	—	—
	Зона сапробности	β -мезосапробная	—	—
	Класс качества воды	III – умеренно загрязненная	—	—
Зообентос	Индекс сапробности	—	3.2-2.9	1.9-1.6
	Зона сапробности	—	α -мезо-сапробная	β -мезо-сапробная
	Биотический индекс Вудивисса	—	4.0	7.0-8.0
	Класс качества воды	—	IV – загрязненная	II – чистая
Химическое загрязнение	Индекс загрязнения воды (ИЗВ): – поверхностный горизонт, – придонный горизонт	0.52, 0.56	—	0.51, —
	Класс качества воды: – поверхностный горизонт – придонный горизонт	II, II	—	II, —

Таким образом, по результатам комплексного обследования оз. Пляжное является мезотрофным водоемом и характеризуется «относительно удовлетворительным» экологическим состоянием.

Качество воды озера по гидрохимическим и гидробиологическим показателям классифицируется от «чистой» до «относительно удовлетворительной». Придонные горизонты в зимний сезон депонируют поллютанты, основными из которых являются фосфаты, азотные

соединения; отмечены зимние заморы. Наличие повышенных концентраций химических веществ, наблюдаемое в донных отложениях озера, без проведения соответствующих мероприятий может вызвать вторичную эмиссию загрязнителей в придонный горизонт воды, что может привести к усилению процессов эвтрофирования водоема.

Таблица 21. Критерии оценки экологического состояния оз. Пляжное по гидробиологическим показателям. **Table 21.** Criteria for assessing the ecological state of Lake Plyazhnoe based on its hydrobiological indicators.

№ п/п	Показатели	Параметры	Экологическое состояние
1	Фитопланктон	Естественное развитие	Относительно удовлетворительное
2	Среднесезонная биомасса фитопланктона, г/м ³	0.51	
3	Индекс сапробности фитопланктона	1.58	
4	Зоопланктон	Естественное развитие	
5	Зообентос	Естественное развитие донных организмов на региональном уровне, отсутствие резкого сокращения численности, биомассы и разнообразия донных животных в бентали	
6	Биотический индекс Вудивисса (бенталь)	4	
7	Индекс Пареле %	30	
8	Ихтиофауна	Сохранение естественного состояния	
9	Заболеваемость рыб	Отсутствие явных признаков	

Выводы

Полученные нами комплексные данные природно-географических условий, фаунистических, гидролого-гидрохимических, санитарно-эпидемиологических исследований, а также практические рекомендации рационального использования водоемов, являются основой для проведения мониторинговых исследований в условиях резкого возрастания разнотипных антропогенных воздействий на экосистему урбанизированной территории. В то же время следует отметить, что до настоящего времени отсутствуют механизмы реализации мониторинговых исследований с количественными оценками антропогенного воздействия на состояние водных объектов, которые могут служить одним из факторов обоснования выбора управленческого решения в системе рационального управления водными ресурсами урбанизированных территорий. Важное место в этом ряду занимает нормативно-техническое и правовое сопровождение мониторинга водных объектов. Однако до настоящего времени необходимые документы, имеющие правовой и законодательный статус, в полном объеме не разработаны, что существенно затрудняет проведение водоохраных мероприятий.

Нам представляется, что назрела необходимость в разработке комплексной («глобальной») программы паспортизации малых водоемов и водотоков, в рамках которой возможно снижение антропогенной нагрузки, увеличение рыбной продукции и, как следствие, создание городских рекреационных зон отдыха.

Благодарности. Авторы благодарят сотрудников Института экологии Волжского бассейна РАН – В.Н. Номоконову, О.Е. Варламову, Л.А. Выхристюк, Г.А. Насырова, А.В. Иватина, Л.В. Головатюк, Е.А. Бычека и Н.А. Юрицыну, в различные годы принимавших участие в сборе и обработка материала.

Финансирование. Работа выполнена сотрудниками лаборатории гидробиологии в рамках госзадания Минобрнауки России для Самарского федерального исследовательского центра РАН по теме № FMRW-2025-0046 «Влияние изменений природно-климатических условий на состояние биоразнообразия и функционирование природных и антропогенно-измененных экосистем» и лаборатории исследования экосистем по теме № FMRW-2025-0047 «Комплексная оценка состояния биологических ресурсов и мониторинг природных экосистем Волжского бассейна».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Авилова В.А., Кукушкин В.А., Ролле Н.Н. 1984. Учет влияния рекреации на водные системы / Комплексные проблемы охраны окружающей среды регионов. Л.: АН СССР. С. 162-164.
2. Березина Н.А., Петухов В.А. 2023. Оценка качества донных отложений Финского залива по составу мейобентоса в сочетании с биотестированием и химическим анализом // Океанология. Т. 63. № 3. С. 405-417.
3. Богословский Б.Б. 1960. Озероведение. М.: МГУ. 335 с.
4. Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. 2018. Климато-хроностратиграфическая схема неоплейстоцена Восточно-Европейской равнины: периодизация, корреляция и возраст климатических событий // Неоген и квартер России: стратиграфия, события и палеогеография. М.: ГЕОС. С. 99-110.
5. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод. 1986. Утверждены Госкомитетом СССР от 22.09.1986 № 250-1163. М.: Госкомгидромет СССР. 5 с.
6. Выхристюк М.М. 1989. Гидрометеорологические условия и оптические свойства водных
1. Avilova VA, Kukushkin VA, Rolle NN. Accounting for the impact of recreation on aquatic systems [*Uchet vliyaniya rekreatsii na vodnyye sistemy*] *Complex problems of regional environmental protection [Kompleksnyye problemy okhrany okruzhayushchey sredy regionov]*. Leningrad: AN SSSR, 1984:162-164.
2. Berezina NA, Petukhov VA. Assessment of the quality of bottom sediments of the Gulf of Finland based on the composition of meiobenthos in combination with biotesting and chemical analysis [*Otsenka kachestva donnykh otlozheniy Finskogo zaliva po sostavu meyobentosa v sochetanii s biotestirovaniyem i khimicheskim analizom*]. *Oceanology [Okeanologiya]*. 2023;63 (3):405-417.
3. Bogoslovsky BB. Lakeology [*Ozerovedeniye*]. Moscow: MGU, 1960:335.
4. Bolikhovskaya NS, Molodkov AN. Climato-chronostratigraphic scheme of the Neopleistocene of the East European Plain: periodization, correlation, and age of climatic events [*Klimato-khronostratigraficheskaya skhema neopleystotsena Vostochno-Yevropeyskoy ravniny: periodizatsiya, korrelyatsiya i vozrast klimaticheskikh sobytiy*] *Neogene and Quaternary of Russia: stratigraphy, events, and paleogeography [Neogen i kvarter Rossii: stratigrafiya, sobytiya i paleogeografiya]*. Moscow: GEOS, 2018:99-110.
5. Temporary methodological guidelines for the comprehensive assessment of the quality of surface and marine waters [*Vremennyye metodicheskiye ukazaniya po kompleksnoy otsenke kachestva poverkhnostnykh i morskikh vod*] Approved by the USSR State Committee on September 22, 1986, No. 250-1163 [*Utverzhdeny*

- масс // Экология фитопланктона Куйбышевского водохранилища. Л.: Наука. С. 16-30.
7. Гелашивили Д.Б., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д., Охалкин А.Г., Выхристюк Л.А. 2001. Паспортизация городских водоемов // Вестник МАНЭБ. № 8 (44). С. 9-11.
 8. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. 2021. 3-е поколение. Серия Центрально-Европейская. Лист N-39 – Казань-Самара. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ. 467 с.
 9. Зинченко Т.Д., Выхристюк Л.А., Шитиков В.К., Гелашивили Д.Б., Розенберг Г.С. 2003. Экологическая паспортизация городских озер: методологический подход // Материалы II Международной конференции «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация качества воды». Минск: Нарочь. С. 132-135.
 10. Зинченко Т.Д., Шитиков В.К., Выхристюк Л.А. 2007. Биоиндикация малых озер на основе комплекса информативных показателей // Исследования по ихтиологии и смежным дисциплинам на внутренних водоемах в начале XXI века (к 80-летию профессора Л.А. Кудерского). СПб.-М.: Тов-во научных изданий КМК. С. 483-490.
 11. Кикнадзе И.И., Шилова А.И., Керкис И.Е., Шобанов Н.А., Зеленцов Н.И., Гребенюк Л.П., Истомина А.Г., Прасолов В.А. 1991. Кариотипы и морфология личинок трибы Chironomini: Атлас. Новосибирск: Наука. 115 с.
 12. Климат Тольятти. 1987. Справочник / Ред. Ц.А. Швер,
 - Goskomitetom SSSR ot 22.09.1986 № 250-1163]. Moscow: Goskomgidromet SSSR, 1986:5.
 6. Vykhristyuk MM. Hydrometeorological conditions and optical properties of water masses [Gidrometeorologicheskiye usloviya i opticheskiye svoystva vodnykh mass] Ecology of phytoplankton of the Kuibyshev Reservoir [Ekologiya fitoplanktona Kuybyshevskogo vodokhranilishcha]. Leningrad: Nauka, 1989:16-30.
 7. Gelashvili DB, Rosenberg GS, Zinchenko TD, Okhapkin AG, Vykhristyuk LA. Certification of urban water bodies [Pasportizatsiya gorodskikh vodoyemov]. Bulletin of the Manastine Geological Survey of the Russian Federation [Vestnik MANEB]. 2001;8 (44):9-11.
 8. State geological map of the Russian Federation, scale 1:1,000,000, 3rd ed. [Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii] Central European Series [Seriya Tsentral'no-Yevropeyskaya] Sheet N-39 – Kazan'-Samara [List N-39 – Kazan'-Samara] Explanatory note [Ob'yasnitel'naya zapiska]. Saint-Petersburg: Izd-vo VSEGEI, 2021:467.
 9. Zinchenko TD, Vykhristyuk LA, Shitikov VK, Gelashvili DB, Rosenberg GS. Ecological certification of urban lakes: a methodological approach [Ekologicheskaya pasportizatsiya gorodskikh ozer: metodologicheskiy podkhod] Proc. of the II International Conference "Lake Ecosystems: Biological Processes, Anthropogenic Transformation of Water Quality" [Materialy II Mezhdunarodnoy konferentsii "Ozernyye ekosistemy: biologicheskiye protsessy, antropogennaya transformatsiya kachestvo vody"]. Minsk: Naroch', 2003:132-135.
 10. Zinchenko TD, Shitikov VK, Vykhristyuk LA. Bioindication of small lakes based on a set of informative indicators [Bioindikatsiya malykh ozer na osnove kompleksa informativnykh pokazateley] Research in ichthyology and related disciplines on inland waters at the beginning of the 21st century (on the 80th anniversary of Professor L.A. Kudersky) [Issledovaniya po ikhtiologii i smezhnym distsiplinam na vnutrennikh vodoyemakh v nachale XXI veka (k 80-letiyu professora L.A. Kuderskogo)]. Saint-Petersburg, Moscow: Tov-vo nauchnykh izdaniy KMK, 2007:483-490.
 11. Kiknadze II, Shilova AI, Kerkis IE, Shobanov NA,

- Т.Н. Боровкова.
Л.: Гидрометеиздат. 208 с.
13. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. 1992. Утверждены Минприроды РФ 30.11.1992 [Электронный ресурс <https://docs.cntd.ru/document/901797511> (дата обращения 14.03.2026)].
 14. Кутикова Л.А. 1970. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Подкласс Eurotatoria (отряды Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida) Л.: Наука. 744 с.
 15. Лазарев И.С., Кочетова Ж.Ю., Бударина В.А., Косинова И.И., Маслова Н.В. 2022. Проблемы нормирования качества поверхностных вод: методики, пример // Геополитика и экогеодинамика регионов. Т. 8 (18). № 2. С. 107-121.
 16. Макаrenchенко Е.А., Макаrenchенко М.А. Chironomidae. 1999. Комары-звонцы // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4: Высшие насекомые. Двукрылые. СПб.: ЗИН РАН. С. 210-296.
 17. Мануйлова Е.Ф. 1964. Ветвистоусые рачки фауны СССР. М.-Л.: Наука. 328 с.
 18. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. 1975. М.: Наука. 240 с.
 19. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах: Зоопланктон и его продукция. 1982. Л.: ГосНИОРХ. 33 с.
 20. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР. 1977. Zelentsov NI, Grebenyuk LP, Istomina AG, Prasolov VA. Karyotypes and morphology of larvae of the tribe Chironomini: an atlas [*Kariotipy i morfologiya lichinok triby Chironomini: Atlas*]. Novosibirsk: Nauka, 1991:115.
 12. Climate of Tolyatti [*Klimat Tol'yatti*] A handbook [*Spravochnik*] / eds. Ts.A. Shver, T.N. Borovkova. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1987:208.
 13. Criteria for assessing the environmental situation of territories to identify zones of environmental emergency and environmental disaster [*Kriterii otsenki ekologicheskoy obstanovki territoriy dlya vyyavleniya zon chrezvychaynoy ekologicheskoy situatsii i zon ekologicheskogo bedstviya*] Approved by the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation on 30.11.1992. 1992, Available at <https://docs.cntd.ru/document/901797511> (Date of Access 14/03/2026).
 14. Kutikova LA. Rotifers of the USSR fauna (Rotatoria) [*Kolovratki fauny SSSR (Rotatoria)*] Subclass Eurotatoria (orders Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida) [*Podklass Eurotatoria (otryady Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida)*]. Leningrad: Nauka, 1970:744.
 15. Lazarev IS, Kochetova ZhYu, Budarina VA, Kosinova II, Maslova NV. Problems of surface water quality standardization: methodologies and examples [*Problemy normirovaniya kachestva poverkhnostnykh vod: metodiki, primer*]. *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions* [*Geopolitika i ekogeodinamika regionov*]. 2022;8 (2):107-121.
 16. Makarchenko EA, Makarchenko MA. Chironomidae [*Chironomidae*] Non-biting midges [*Komary-zvontsy*] Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories [*Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territoriy*] Vol. 4: Higher insects. Diptera [*T. 4: Vysshiye nasekomye. Dvukrylyye*]. Saint-Petersburg: ZIN RAN, 1999:210-296.
 17. Manuilova EF. Cladocera of the fauna of the USSR [*Vetvistousyye rachki fauny SSSR*]. Moscow-Leningrad: Nauka, 1964:328.
 18. Methodology for studying biogeocenoses of inland waters [*Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoyemov*]. Moscow: Nauka, 1975:240.
 19. Methodical recommendations for collecting and processing materials in hydrobiological studies of

- Л.: Гидрометеиздат. 510 с.
21. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. 1997. Т. 3: Паукообразные. Низшие насекомые. СПб.: ЗИН РАН. 439 с.
 22. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. 1999. Т. 4: Высшие насекомые. Двукрылые. СПб.: ЗИН РАН. 998 с.
 23. Палий В.Ф. 1961. О количественных показателях при обработке фаунистических материалов // Зоологический журнал Т. 60. № 1. С. 3-12.
 24. Панин М.С. 2011. Загрязнение окружающей среды: учебное пособие / Ред. И.О. Байтулин. Алматы: Раритет. 688 с.
 25. Панкратова В.Я. 1970. Личинки и куколки комаров подсемейства Orthocladiinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). Л.: Наука. 344 с.
 26. Панкратова В.Я. 1977. Личинки и куколки комаров подсемейств Podonominae и Tanypodinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). Л.: Наука. 154 с.
 27. Панкратова В.Я. 1983. Личинки и куколки комаров подсемейства Chironominae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). Л.: Наука. 296 с.
 28. Пространственная структура загрязнения почв соединениями алюминия на территории городского округа Тольятти в 2010 году. 2010 [Электронный ресурс [https://emgis.ru/atlas/admin/ashx/Росhva/ResultObsl/2010/\(12\).JPG](https://emgis.ru/atlas/admin/ashx/Росhva/ResultObsl/2010/(12).JPG) (дата обращения 14.03.2026)].
 29. РД 52.24.643-2002. 2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим
 - freshwater bodies: zooplankton and its products [Metodicheskiye rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoyemakh: Zooplankton i yego produktsiya]. Leningrad: GosNIORKH, 1982:33.
 20. A guide to freshwater invertebrates of the European part of the USSR [Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh yevropeyskoy chasti SSSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977:510.
 21. A guide to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories [Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territoriy] Vol. 3: Arachnids. Lower insects [T. 3: Paukoobraznyye. Nizshiye nasekomye]. Saint-Petersburg: ZIN RAN, 1997:439.
 22. A guide to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories [Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territoriy] Vol. 4: Higher insects. Diptera [T. 4: Vysshiye nasekomye. Dvukrylyye]. Saint-Petersburg: ZIN RAN, 1999:998.
 23. Paliy VF. On quantitative indicators in processing faunal materials [O kolichestvennykh pokazatelyakh pri obrabotke faunisticheskikh materialov]. Zoological Journal. 1961;60 (1):3-12.
 24. Panin MS. Environmental pollution: a study guide [Zagryazneniye okruzhayushchey sredy: uchebnoye posobiye] / ed. I.O. Baytulin. Almaty: Raritet, 2011:688.
 25. Pankratova VYa. Larvae and pupae of mosquitoes of the subfamily Orthocladiinae of the fauna of the USSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae) [Lichinki i kukolki komarov podsemeystva Orthocladiinae fauny SSSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae)]. Leningrad: Nauka, 1970:344.
 26. Pankratova VYa. Larvae and pupae of mosquitoes of the subfamilies Podonominae and Tanypodinae of the fauna of the USSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae) [Lichinki i kukolki komarov podsemeystv Podonominae i Tanypodinae fauny SSSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae)]. Leningrad: Nauka. 1977:154.
 27. Pankratova VYa. Larvae and pupae of mosquitoes of the subfamily Chironominae of the fauna of the USSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae) [Lichinki i kukolki komarov podsemeystva

- показателям [Электронный ресурс <https://meganorm.ru/Data2/1/4293831/4293831806.htm> (дата обращения 14.03.2026)].
30. Реконструкция биологических очистных сооружений цеха 15 ПАО «ТОАЗ». 2021 // Проектная документация. Т. 12, разд. 12: Иная документация, предусмотренная федеральными законами. Кн. 12.4: Оценка воздействия на окружающую среду. М.: АО «Май Проект». 233 л.
 31. Розенберг Г.С., Гелашвили Д.Б., Зинченко Т.Д., Перешивайлов Л.А. 2001. Об экологической паспортизации городских водоемов // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 3. № 2. С. 254-264.
 32. Ромашкова Ю.А. 2015. Малые озера урбанизированных территорий г. Тольятти: таксономический состав, структура донных сообществ // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. Т. 24. № 4. С. 32-47.
 33. Рылов В.М. 1948. Фауна СССР. Ракообразные. Cyclopoida пресных вод. Т. 3. Вып. 3. М.-Л.: АН СССР. 320 с.
 34. Самарская область. Физическая карта. 2026 [Электронный ресурс <https://www.sharada.ru/katalog/maps/regions/privolzhskij-fed-okrug/samarskaja-oblast-fizicheskaja-karta> (дата обращения 14.03.2026)].
 35. СанПиН 4630-88. 1994. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнений [Электронный ресурс <https://meganorm.ru/Data2/1/4294853/4294853854.htm> (дата обращения 14.03.2026)].
 36. Справочник по озерному и садковому рыбоводству. 1983 / Chironominae fauny SSSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae)]. Leningrad: Nauka, 1983:296.
 28. Spatial structure of soil pollution with aluminum compounds in the urban district of Tolyatti in 2010 [*Prostranstvennaya struktura zagryazneniya pochv soyedineniyami alyuminiya na territorii gorodskogo okruga Tol'yatti v 2010 godu*]. 2010, Available at [https://emgis.ru/atlas/admin/ashx/Pochva/ResultOBSL/2010/\(12\).JPG](https://emgis.ru/atlas/admin/ashx/Pochva/ResultOBSL/2010/(12).JPG) (Date of Access 14/03/2026).
 29. A guidance document 52.24.643-2002 [RD 52.24.643-2002] *Guidelines. Method for comprehensive assessment of the degree of surface water pollution based on hydrochemical indicators* [Metodicheskiye ukazaniya. Metod kompleksnoy otsenki stepeni zagryaznennosti poverkhnostnykh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam]. 2002, Available at <https://meganorm.ru/Data2/1/4293831/4293831806.htm> (Date of Access 14/03/2026).
 30. Reconstruction of biological treatment facilities of the workshop No. 15 of PAO "TOAZ" [Rekonstruktsiya biologicheskikh ochistnykh sooruzheniy tsekha 15 PAO "TOAZ"] Design documentation [Proyektnaya dokumentatsiya] Vol. 12, Section 12: Other documentation specified by federal laws [T. 12, razd. 12: Inaya dokumentatsiya, predusmotrennaya federal'nyimi zakonami] Book 12.4: Environmental impact assessment [Kn. 12.4: Otsenka vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu]. Moscow: AO "May Projekt", 2021:233.
 31. Rosenberg GS, Gelashvili DB, Zinchenko TD, Pereshivaylov LA. On the environmental certification of urban water bodies [Ob ekologicheskoy pasportizatsii gorodskikh vodoyemov]. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences* [Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN]. 2001;3 (2):254-264.
 32. Romashkova YuA. Small lakes of urbanized areas of Tolyatti: taxonomic composition and structure of benthic communities [Malye ozera urbanizirovannykh territoriy g. Tol'yatti: taksonomicheskiy sostav, struktura donnykh soobshchestv]. *Samara Luka: Problems of Regional and Global Ecology* [Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii].

- Ред. Г.П. Руденко. М.: Легкая и пищевая промышленность. 311 с.
37. Томилина И.И., Иванова И.Ю., Жгарева Н.Н., Шивелев С.Н., Рабкин К.И. 2008. Оценка качества донных отложений малых рек Оренбургской области с использованием элементов триадного подхода // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. № 1 (17). С. 214-217.
 38. Ульяновская область. Физическая карта. 2026 [Электронный ресурс <https://www.sharada.ru/katalog/maps/regions/privolzhskij-fed-okrug/uljanovskaja-oblast-fizicheskaja-karta> (дата обращения 14.03.2026)].
 39. Фокин Д.П., Фрумин Г.Т. 2011. Содержание и распределение металлов в донных отложениях восточной части Финского залива // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). № 1. С. 210-214.
 40. Шамардина И.П. 1975. Борьба с антропогенным эвтрофированием водоемов / Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ. Т. 2. С. 100-136.
 41. Экологический атлас г. Тольятти. 1996. СПб.: Мониторинг. 9 л.
 42. Экологический паспорт городского водоема. Васильевские озера. Озеро Пляжное. 2000 / Ред. Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. Тольятти. 77 с.
 43. Cranston P.S. 1982. A Key to the Larvae of the British Orthocladinae (Chironomidae) // Freshwater Biological Association Scientific Publication. No. 45. 152 p.
 44. Guiry M.D., Guiry G.M. 2026. AlgaeBase. World-wide Electronic Publication, University of Galway [Электронный ресурс <https://www.algaebase.org> (дата обращения 24.04.2026)].
 45. Shannon C.E., Weaver W. 1949. 2015;24 (4):32-47.
 33. Rylov VM. Fauna of the USSR [Fauna SSSR] Crustaceans [Rakoobraznyye] Cyclopoida of fresh waters [Cyclopoida presnykh vod]. Moscow-Leningrad: AN SSSR, 1948;3 (3):320.
 34. Samara Region [Samarskaya oblast'] A physical map [Fizicheskaya karta]. 2026, Available at <https://www.sharada.ru/katalog/maps/regions/privolzhskij-fed-okrug/samarskaja-oblast-fizicheskaja-karta> (дата обращения 14.03.2026)].
 35. Sanitary rules and regulations 4630-88 [SanPiN 4630-88] Sanitary rules and standards for the protection of surface waters from pollution [Sanitarnyye pravila i normy okhrany poverkhnostnykh vod ot zagryazneniy]. 1994, Available at <https://meganorm.ru/Data2/1/4294853/4294853854.htm> (Date of Access 14/03/2026).
 36. Handbook of lake and cage fish farming [Spravochnik po ozernomu i sadkovomu rybovodstvu] / ed. G.P. Rudenko. Moscow: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1983:311.
 37. Tomilina II, Ivanova IYu, Zhigareva NN, Shivelev SN, Rabkin KI. Assessment of the quality of bottom sediments of small rivers in the Orenburg Region using elements of the triad approach [Otsenka kachestva donnykh otlozheniy malykh rek Orenburgskoy oblasti s ispol'zovaniyem elementov triadnogo podkhoda]. Bulletin of the Orenburg State Agrarian University [Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta]. 2008;1 (17):214-217.
 38. Ulyanovsk Region [Ul'yanovskaya oblast'] A physical map [Fizicheskaya karta]. 2026, Available at <https://www.sharada.ru/katalog/maps/regions/privolzhskij-fed-okrug/uljanovskaja-oblast-fizicheskaja-karta> (Date of Access 14/03/2026).
 39. Fokin DP, Froumin GT. Content and distribution of metals in bottom sediments of the Eastern Gulf of Finland [Soderzhaniye i raspredeleniye metallov v donnykh otlozheniyakh vostochnoy chasti Finskogo zaliva]. Society. Environment. Development (Terra Humana) [Obshchestvo. Sreda. Razvitiye (Terra Humana)]. 2011;1:210-214.
 40. Shamardina IP. Combating anthropogenic eutrophication of reservoirs [Bor'ba s antropogennym evtrofirovaniyem vodoyemov]

- The Mathematical Theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press. 117 p.
46. Wiederholm T. 1983. Chironomidae of Holarctic Region: Keys and Diagnoses. Pt. 1: Larvae // *Entomologica Scandinavica*. Suppl. 19. P. 19-457.
 47. Woodiwiss F.S. 1964. The Biological System of Stream Classification Used by the Trent Board // *Chemistry and Industry*. Vol. 11. P. 443-447.
 48. WoRMS Editorial Board. 2026. World Register of Marine Species [Электронный ресурс <https://www.marinespecies.org> (дата обращения 24.04.2026)].
 - Results of science and technology [Itogi nauki i tekhniki]*. Moscow: VINITI, 1975;2:100-136.
 41. Ecological atlas of Tolyatti [*Ekologicheskiy atlas g. Tol'yatti*]. Saint-Petersburg: Monitoring, 1996:9.
 42. Ecological passport of a city reservoir [*Ekologicheskiy pasport gorodskogo vodoyema*] Vasilievsky Lakes. Lake Plyazhnoe [*Vasil'yevskiye ozero. Ozero Plyazhnoye*] / eds. G.S. Rosenberg, T.D. Zinchenko. Tolyatti, 2000:77.
 43. Cranston PS. A Key to the Larvae of the British Orthocladiinae (Chironomidae). *Freshwater Biological Association Scientific Publication*. 1982;45:152.
 44. Guiry MD, Guiry GM. AlgaeBase. World-wide Electronic Publication, University of Galway. 2026, Available at <https://www.algaebase.org> (Date of Access 24/04/2026).
 45. Shannon CE, Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press, 1949:117.
 46. Wiederholm T. Chironomidae of Holarctic Region: Keys and Diagnoses. Pt. 1: Larvae. *Entomologica Scandinavica*. 1983;19:19-457.
 47. Woodiwiss FS. The Biological System of Stream Classification Used by the Trent Board. *Chemistry and Industry*. 1964;11:443-447.
 48. WoRMS Editorial Board. 2026. World Register of Marine Species. 2026, Available at <https://www.marinespecies.org> (Date of Access 24/04/2026).

**ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF URBAN WATER BODIES
(TOGLIATTI, SAMARA REGION)**

© 2026. T.D. Zinchenko*, N.G. Tarasova**, A.V. Misyuk*, V.P. Morov*

**Institute of the Volga Basin Ecology of the Samara Federal Research Center
of the Russian Academy of Sciences*

10, Komzina Str., Tolyatti, 445003, Samara Region, Russia

E-mail: zinchenko.tdz@yandex.ru, moroff@mail.ru

***I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences,
109, Borok Settlement, Nekouzsky District, Yaroslavl Region, 152742, Russia. E-mail: tnatag@mail.ru*

Received May 05, 2026. Revised June 15, 2026. Accepted June 25, 2026.

In this article we present the results of our comprehensive assessment the ecological state of Lake Plyazhnoe (Tolyatti, Samara Region) that was based on a certification of the condition of the lake and its recreational resources. In our study, we included data from our natural-geographical researches, data on the Quaternary geology and hydrogeology of the water protection zone and catchment area of the lake, hydrographic-hydrological, hydrochemical, hydrobiological, landscape-ecological, and sanitary-bacteriological indicators, integrated ecological characteristics, as well as recommendations for the lake's restoration and preservation. Using both the results of hydrochemical and hydrobiological studies and an assessment of changes in the abundance and biomass of the main taxonomic groups of Lake Plyazhnoe that were conducted through various methodological approaches, we studied the dynamics of abiotic and biotic indicators. From the acquired set of abiotic environmental factors, we selected the most significant ones that determine the ecological state of the lake. Additionally, we determined its ecological status. Our study aims to promptly forecast critical ecological situations and to warn of environmental hazards when assessing the condition of water bodies.

Keywords: ecological state, Lake Plyazhnoe, lake basin, abiotic and biotic indicators, taxonomic diversity, Samara Region.

Funding. This work was carried out by the researchers of the Hydrobiology Laboratory, as part of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, topic No. FMRW-2025-0046 "The Impact that Changes in Natural and Climatic Conditions Have on the State of Biodiversity and the Functioning of Natural and Anthropogenically Modified Ecosystems", and of the Ecosystem Research Laboratory, topic No. FMRW-2025-0047 "Comprehensive Assessment of Biological Resources State and Monitoring of Natural Ecosystems of the Volga Basin".

DOI: 10.24412/2542-2006-2026-2-94-137

EDN: UKMUQF