

Структура и функционирование водных экосистем

УДК 574.5

СОВРЕМЕННАЯ ГИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ, ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И СОСТОЯНИЕ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ ОЗЕР ГАЛИЧСКОЕ И ЧУХЛОМСКОЕ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Е. Минин, Р. К. Катаев, В. В. Логинов, Л. М. Минина, Е. Л. Воденеева, Т. В. Лаврова,
Е. А. Фролова, Т. В. Кривдина

Нижегородский филиал ФГБНУ «ВНИРО»

603116 г. Нижний Новгород, Нижегородская обл., e-mail: mnovniro@vniro.ru

Поступила в редакцию 11.09.2020

Проведены гидрохимические, гидробиологические и ихтиологические исследования двух крупнейших озер Костромской области – Галичского и Чухломского за период 2005–2019 гг. Проведен анализ современного состояния рыбного населения в сравнении с предыдущими периодами. Актуализированы по данным географических информационных систем за 2017–2019 гг. площади водоемов. Установлено, что оба исследуемые озера в настоящее время, как и ранее, являются высокопродуктивными водоемами. По концентрации хлорофилла “а” имеют β-эвтрофный статус, по количественным показателям развития фитопланктона соответствуют высокоэвтрофному уровню. По количественному развитию зоопланктона Галичское озеро – малокормный водоем (0.37 г/м^3), а Чухломское – средnekормный (2.12 г/м^3). По количественным характеристикам зообентоса Галичское озеро относится к средnekормным вооемам, а Чухломское – повышенной кормности. По индикаторным видам зообентоса вода обоих озер классифицируется как α-мезосапробная зона, загрязненная (IV класс качества).

Видовое богатство рыб на Галичском озере – 16 видов, на Чухломском озере – 12 видов, ихтиомасса соответственно – 221.9 и 176.5 кг/га. Отмечено, что в водоемах в последние два десятилетия произошли серьезные изменения в структуре рыбного населения. В обоих озерах происходило замещение окуневых рыб карповыми, что связано с процессом эвтрофикации. В Галичском озере после резкого снижения промышленной нагрузки с 2005 г. значительно увеличилась численность мелкочастиковых видов рыб, что вызвало в дальнейшем повышение запасов хищных видов (щуки и судака). В Чухломском озере экологическую нишу карася занял лещ, который был акклиматизирован в водоеме почти столетие назад.

Ключевые слова: озера, Костромская область, географические информационные системы, фитопланктон, зоопланктон, зообентос, рыбное население, ихтиомасса.

DOI: 10.47021/0320-3557-2021-105-131

ВВЕДЕНИЕ

В Костромской области находятся два высокопродуктивных озера – Галичское и Чухломское. При площадях в несколько тысяч гектар их средняя глубина составляет около двух метров, что обеспечивает их высокий трофический статус. Данное обстоятельство обеспечивало большое рыбопромысловое значение как для региона, так и для всего Верхне-Волжского бассейна.

Промышленные уловы на протяжении более чем столетнего периода достигали сотен тонн, а промысловая рыбопродуктивность составляла 30–100 кг/га. Для сравнения в Горьковском водохранилище максимальная величина ее достигает лишь 4.5 кг/га.

После принятия Федерального закона о рыболовстве («О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» №166-ФЗ от 20.12.2004 г.), предусматривающем разработку общего допустимого улова (ОДУ) промышленная добыча рыбы с 2005 г. на Галичском озере сократилась в несколько раз, а на Чухломском практически прекратилась.

В последние 5 лет добыча водных биоресурсов на обоих озерах ведется в незначительных объемах. Резкое снижение промышленной нагрузки на водоемы сказалось на структуре их экосистем и прежде всего ихтиоценозов.

Ранее площади озер Галичское и Чухломское принимались по данным литературных источников [Баранов, Терешин, 1981 (Baranov, Tereshin, 1981); Лебедев, 1958 (Lebedev, 1958)]. Учитывая современные возможности географических информационных систем (ГИС), целесообразно уточнить эти площади. ГИС позволяет, в частности, проводить пространственную привязку границ объектов, определение площадей объектов и их сравнение в разное время.

Цель данной работы – представить современное гидробиологическое состояние и уровень продуктивности Галичского и Чухломского озер, оценить современное состояние рыбного населения, выявить тенденции развития их экосистем в сравнении с данными предыдущих исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Определение площадей Галичского и Чухломского озер проведено на основе 9 космических снимков Landsat на их акваторию за 2017–2019 гг.

Для обоих озер были определены площади в июне, июле и августе каждого года. Материалами послужили космические снимки со спутников Landsat из каталога данных Геологической службы США (USGS Global Visualization Viewer, 2019). Космические снимки Landsat из данного источника являются свободно распространяемыми мультиспектральными изображениями со средним разрешением каналов видимого спектра (30 м/пиксель).

Границы водных объектов оцифровывались и привязывались к географической сети координат с помощью геоинформационных систем по космическим снимкам Landsat. В результате были созданы векторные слои полигонального типа и автоматически определены площади объектов.

Отбор проб воды на гидрохимический анализ осуществлялся батометром Рутнера (объем 1 л) с поверхностного горизонта (0.5 м) по сетке станций, установленной для акватории каждого озера (рис. 1, 2) в 2008 и 2012–2019 гг.). В отобранных пробах определялись основные гидрохимические показатели: pH, мутность, цветность, электропроводность, жесткость, кальций, магний, гидрокарбонаты, хлориды, сульфаты, железо общее, биогены (азот минеральный, фосфор минеральный). Минерализация воды в мг/л рассчитывалась как сумма основных ионов. Гидрохимические ана-

лизы проводились по общепринятым методикам [Лурье, 1971 (Lur'e, 1971; Семенова, 1977 (Semenova, 1977)]. Активная реакция воды измерялась pH метром – pH-121 до 2000 г и pH-410 в последующие годы. Определение электропроводности осуществлялось с помощью кондуктометра DIST 3 фирмы Hanna Instrument. Определение хлорофилла проводили спектрофотометрическим методом [ГОСТ (GOST 17.1.04.02.90)] на спектрофотометре СФ-2000.

Определение концентрации хлорофилла “а” фитопланктона проводилось в соответствии с методическими рекомендациями [SCOR-UNESCO, 1966; ГОСТ 17.1.04.02.90, 1990 (GOST 17.1.04.02.90, 1990; Руководство..., 1992 (Rukovodstvo..., [1992]). Уровень трофности водных объектов на основании концентрации хлорофилла “а” оценивался по шкале, приводимой С.П. Китаевым [2007 (Kitaev, 2007)] (табл. 1). Кроме зеленых пигментов в фитопланктоне водохранилища содержится большой набор каротиноидов. Для суждения о вкладе этих пигментов в поглощение света водорослями фитопланктона используют отношение D_{430}/D_{663} – пигментный индекс Маргалефа, отношение оптической плотности экстракта в синей и красной областях спектра [Talling, 1966]. В экологических исследованиях соотношение желтых и зеленых пигментов служит показателем состояния фитопланктонного сообщества. Значение пигментного индекса установленного Маргалефом для нормально функционирующего фитопланктона (физиологическая норма) составляет от 1.25 до 4.0 ед. [Бульон, 1983 (Bul'on, 1983)].

Примечание [ПВ1]: Предложение не согласовано (стилистика)

Таблица 1. Шкала для оценки трофности водоемов по содержанию хлорофилла “а” (мг/м³)

Table 1. Scale for assessing the Trophic Status of water bodies according to the concentration of chlorophyll “a” (mg/m³)

Ультра-олиготрофный Ultra-oligotrophic	Олиготрофный Oligotrophic	α-мезотрофный α-mesotrophic	β-мезотрофный β-mesotrophic	α-эвтрофный α-eutrophic	β-эвтрофный β-eutrophic	Политрофные Politrophic
<1.5	1.5–3	3–6	6–12	12–24	24–48	>48

Отбор и обработка проб фитопланктона осуществлялись общепринятыми в гидробиологии методами [Методика..., 1975 (Metodika..., 1975)]. Пробы отбирались с поверхностного горизонта, по сетке станций, установленной для акватории каждого озера. Фиксацию отобранного материала производили йодно-формалиновым раствором. Концентрирование фитопланктона до 5 мл осуществлялось сочетанием седиментационного и фильтрационного методов [Okhapkin et al., 2014] с применением отечественных мембран-

ных фильтров марки “МФАС-СПА” (фирма “Владипор”) с диаметром пор 1.5–3.0 мкм. Просмотр альгологического материала осуществлялся с применением световой микроскопии (микроскопы PZO (Польша) при 600-кратном увеличении и МЕЛТ Techno, масляная иммерсия, увеличение ×1000). Перечень руководств, используемых при идентификации видового состава фитопланктона, указывался ранее [Воденеева, Кулизин, 2019 (Vodeneeva, Kulizin, 2019)].



Рис. 1. Схема расположения гидробиологических и ихтиологических станций наблюдений на оз. Галичское. Обозначения: 1 – станции отбора гидрохимических и гидробиологических проб, 2 – места ихтиологических съемок.

Fig. 1. The scheme of hydrobiological and ichthyological sampling stations on the lake Galichskoye. Designation: 1 – hydrochemical and hydrobiological stations, 2 – ichthyological sampling stations.

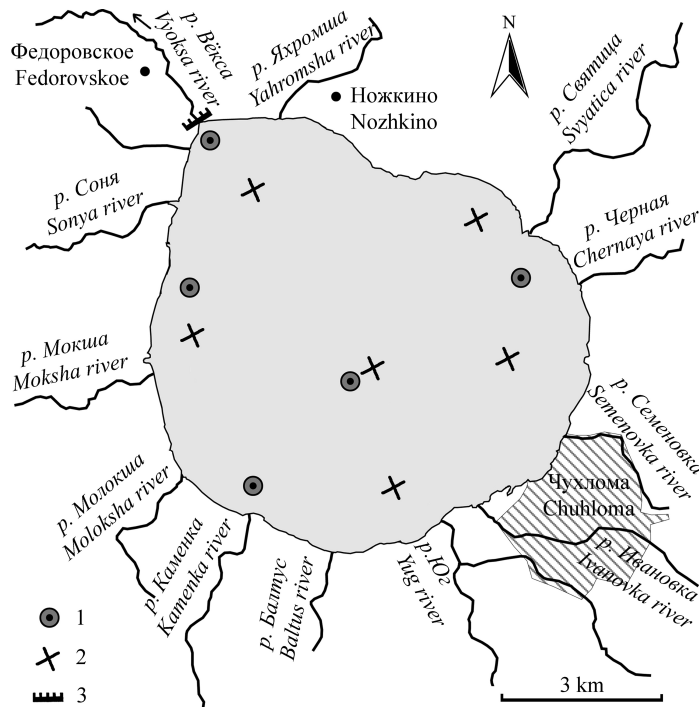


Рис. 2. Схема расположения гидробиологических и ихтиологических станций наблюдений на оз. Чухломское. Обозначения: 1 – станции отбора гидрохимических и гидробиологических проб, 2 – места ихтиологических съемок, 3 – плотина.

Fig. 2. The scheme of hydrobiological and ichthyological sampling stations on the lake Chukhlomskoye. Designation: 1 – hydrochemical and hydrobiological stations, 2 – ichthyological sampling, 3 – dam.

В списке видов водорослей в отделах таксоны водорослей располагаются по алфавиту без учета принадлежности к классам, порядку и семействам.

Определение, подсчет и измерение водорослей проводили в камере типа “Нажотта”, объемом 0.01 мл. Биомасса фитопланктона была вычислена счетно-объемным методом [Методика..., 1975 (Metodika..., 1975)]. Объемы водорослей приравнивались к объемам соответствующих геометрических фигур; удельный вес водорослей принимался равным 1. К доминирующим отнесены виды, численность или биомасса которых составляла не менее 10% от общей величины, к субдоминантам – виды с численностью (биомассой) равной от 5 до 10% [Охапкин, 1997 (Okhapkin, 1997)].

По средним за сезон значениям биомассы фитопланктона определялась трофность водоема, при этом использовалась классификация И. С. Трифоновой [1990 (Trifonova, 1990)]: биомасса <1 г/м³ – олиготрофный тип водоема; 1–5 г/м³ – мезотрофный; 5–10 г/м³ – эвтрофный; >10 г/м³ – высокоэвтрофный водоем.

Сбор и обработка проб зоопланктона проводилась согласно стандартным методикам [Методические рекомендации..., 1982 (Metodicheskie rekomendatsyi..., 1982)]. Отбор проб проводился с использованием планктонной сети Джели с мельничным газом №74 и входным диаметром 18 см. Идентификация видов, определение их размерных характеристик и подсчет осуществлялись под бинокулярным микроскопом МБС-10 в Рэндом-камере [Медников, Старобогатов, 1961 (Mednikov, Skorobogatov, 1961)].

Отбор проб организмов зообентоса проводился с помощью дночерпателя Экмана-Берджа площадью захвата 0.025 кв.м. Материал

фиксировался 4%-ным раствором формалина. Обработка материала осуществлялась согласно Методическим рекомендациям [1984 (Metodicheskie rekomendatsyi..., 1984)]. Определение организмов зообентоса проводилось при помощи Определителей пресноводных беспозвоночных [1977; 1994, 1995; 1997 (Opredelitel'..., 1977; 1994, 1995; 1997)]. Трофность на исследуемых станциях определялась по классификации С. П. Китаева [2007 (Kitaev, 2007)].

Сбор ихтиологических материалов проводился по общепринятым методикам [Правдин, 1966; Пахорук, 1980; Котляр, 2004 (Pravdin, 1966; Pakhorukov, 1980; Kotliar, 2004)]. В ходе неводных съемок использовались: мальковая волокуша длиной 10 м с шагом ячеи 3.6 мм и мелкоячеистые невода с шагом ячеи от 6 мм длиной 30 м (мальковый) и 400 м (промысловый).

Данные по численности и видовой структуре рыбного населения Чухломского озера были получены в ходе полевых исследований за период 2009–18 гг. с применением мальковой волокуши длиной 10 м с шагом ячеи 3.6 мм и малькового невода с шагом ячеи 6 мм.

Ввиду заболоченности береговой линии места тоней были ограничены, и основной материал был собран в ходе сетепостановок набором ставных сетей с шагом ячеи 18–70 мм.

Всего проведено 81 притонение и 311 сетепостановок.

Ихтиомасса рассчитывалась, исходя из площади водоема, на Галичском озере – по данным неводных съемок [Печников, Терешенков, 1986; Сечин, 1990, 2010 (Pechnikov, Tereshenkov, 1986; Sechin, 1990, 2010)] на Чухломском озере – по трофическому статусу водоема и среднему соотношению видов в уловах [Руденко, 2014, 2015 (Rudenko, 2014, 2015)].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Галичское озеро. *Гидроморфологическая характеристика озера Галичское.* Галичское – крупнейшее озеро Костромской области и 154-е озеро России по площади водного зеркала (по данным Государственного водного реестра).

Озеро ледниково-тектонического происхождения. Ранее на его месте было тектоническое понижение, к концу последнего оледенения заполненное водами тающего ледника.

Озеро овальной формы, вытянуто с запада-юго-запада на восток-северо-восток. Расположено в низменной равнине, окаймленной двумя рядами холмов. Берега в большинстве плоские, заболоченные, лишь в западной части котловины – крутые. Озеро мелководно: 70% площади составляет область с глубинами до

2 м. Дно сравнительно ровное, лишь в двух местах оно переходит в сильно вытянутые вдоль основной оси озера борозды, являющиеся как бы продолжением старинных русел рек.

Урез воды расположен на высоте 101 м над уровнем моря. Площадь водного зеркала согласно данным Государственного водного реестра – 75.4 км², согласно различным литературным источникам – от 7.11 до 7.76 тыс. га. Ранее для рыбохозяйственных расчетов площадь озера принималась по литературным данным в летнее время – около 7200 га [Баранов, Терешин, 1981 (Baranov, Tereshin, 1981)]. Проведенные современные исследования с помощью ГИС-технологий дают среднюю площадь озера в летний период 7124.3±57.5 га

(табл. 2). Длина озера 16.7 км, ширина – 6.4 км. Средняя глубина 1.3 м, максимальная – 4.5 м.

Площадь водосбора, согласно данным Государственного водного реестра – 872 км², согласно литературным данным – 762 км².

С восточной стороны в озеро впадают реки Едомша и Средняя, с южной – Кешма, Челсма и Святичка; кроме того, имеется ряд мелких притоков.

Таблица 2. Динамика площади Галичского озера в 2017–19 гг.

Table 2. Dynamics of the Lake Galichskoye area in 2017–19

Год Year	Дата Date	Площадь, га Area, ha
2017	18.06.2017	7236.6
	20.07.2017	7051.8
	21.08.2017	7052.9
2018	22.06.2018	7509.3
	23.07.2018	7057.9
	01.08.2018	7053.4
2019	08.06.2019	7118.1
	26.07.2019	6886.2
	12.08.1019	7152.1
Среднее Average		7124.3±57.5

Таблица 3. Распределение физико-химических показателей в водной толще и придонном горизонте оз. Галичское (июль 2004 г.).

Table 3. Distribution of physicochemical parameters in the water column and the upper layer of silt of Lake Galich (July 2004)

Глубина, м Depth, m	Температура воды, °С Water temperature, °C	Насыщение кислородом, % Saturation with oxygen, %	Концентрация кислорода, мг/л Oxygen concentration, mg/l	pH	Eh	Электропроводность, мкСм/см Conductivity, μS / cm
0.0	23.0	131	11.2	8.80	140	240
0.5	21.7	126	11.2	8.63	143	235
1.0	19.8	102	9.2	8.58	20	285
Ил Silt	–	–	–	–	-100	–

Гидрохимический режим озера Галичское. Активная реакция воды в озере в течение всех лет исследований колеблется от слабо щелочной до щелочной (табл. 4). Наиболее высокие значения pH зафиксированы у г. Галич и в северном районе озера. Мутность воды меняется в очень широких пределах: от 1.1 мг/л до 30.0 мг/л и зависит от погодных условий. В последние четыре года она увеличивается. Величины цветности также сильно меняются как по акватории озера, так и по сезонам. Максимальные значения отмечались ближе к г. Галич в летнее время, здесь же отмечались и более высокие концентрации растворенных солей железа.

Из озера берет начало р. Векса, правый приток р. Костромы, впадающей в Костромской залив Горьковского водохранилища. Однако часто в весенний паводковый период наблюдается обратное течение, связанное с поднятием уровня воды в р. Костроме. Из озера берет начало р. Векса, правый приток р. Костромы, впадающей в Костромской залив Горьковского водохранилища. Однако часто в весенний паводковый период наблюдается обратное течение, связанное с поднятием уровня воды в р. Костроме. Значительную роль в питании озера играют грунтовые воды, выходы которых в виде отдельных ключей наблюдаются по берегам и на дне озера и рек его бассейна.

Озеро представляет собой большой по площади мелководный слабопроточный водоем с типичными глубинами 1.0–1.5 м. В силу этого оно характеризуется высокой степенью открытости и перемешиваемости водных масс. Поэтому для него не характерны резкие перепады физико-химических показателей с глубиной. Однако в придонных горизонтах наблюдается заметное понижение концентрации кислорода, величины pH и редокс-потенциала (Eh) (табл. 3).

Примечание [PW2]: Точнее так: «...в водной толще и придонном горизонте...»

Вода озера по всей акватории в летнее и осеннее время мягкая. Наиболее высокие значения жесткости фиксировались в районе города Галич, в середине озера и у северного берега. Зимой вода озера становится довольно жесткой (влияние грунтовых вод). Среди катионов в зимнее время преобладают ионы кальция, в летнее время на многих станциях увеличивается содержание солей магния. Хлоридов и сульфатов мало по всей акватории озера. По классификации О. А. Алекина [1970 (Alekin, 1970)] вода озера в течение всех лет исследований относится к гидрокарбонатному классу, кальциево-магниевой группе, тип воды колеблется от II до IIIа.

Таблица 4. Гидрохимический режим оз. Галичское. Средние данные за 2012–2019 гг. (“–” – нет данных)**Table 4.** Hydrochemical regime of the Lake Galichskoye. Average data for 2012–2019 (“–” – no data)

Показатели / Годы Indicators / Years	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Мутность, мг/л Turbidity, mg / l	7.1	22.5	9.7	2.1	9.3	10.5	18.5	7.5
pH	7.9	7.0	8.9	7.0	7.7	7.4	7.4	16.2
Цветность, град. Color, degrees	120.5	181.8	119.8	46.2	66.7	104.1	118.1	99.1
Железо общ., мг/л Fe _{total} , mg/l	0.148	0.230	0.088	0.069	0.104	0.255	0.304	0.120
Жесткость, мг-экв/л Stiffness, mg-eq / l	2.6	2.3	2.7	3.4	2.7	2.5	2.9	3.1
Кальций, мг/л Ca ²⁺ , mg/l	30.8	24.0	26.5	38.4	27.1	32.2	28.6	31.2
Магний, мг/л Mg ²⁺ , mg/l	12.2	12.7	16.2	18.0	15.6	8.9	17.0	18.0
Гидрокарбонаты, мг/л HCO ₃ ⁻ , mg/l	126.7	100.3	123.2	151.6	129.2	140.8	144.2	176.5
Хлориды, мг/л Cl ⁻ , mg/l	10.8	11.6	15.5	16.2	17.1	5.9	10.6	13.8
Сульфаты, мг/л SO ₄ ²⁻	12.2	6.8	14.6	9.7	8.2	16.1	9.9	11.0
Минерализация, мг/л Mineralization, mg / l	192.7	155.4	196.0	233.7	197.3	213.8	219.1	250.5
Электропроводность, мкСм/см Conductivity, μSim / cm	267.2	215.8	292.3	363.9	220.6	274.3	314.8	357.7
Аммонийный азот, мг/л NH ₄ ⁺ , mg / l	0.404	0.544	0.374	0.481	0.427	0.788	0.536	0.645
Нитраты, мг/л NO ₂ ⁻ , mg / l	–	–	–	–	0.195	0.418	0.623	0.400
Минеральный азот, мг/л Mineral nitrogen, mg / l	–	–	–	–	0.663	1.237	1.182	1.073
Фосфор минеральный, мг/л Mineral phosphorus, mg / l	–	–	–	–	0.098	0.126	0.065	0.080
Соотношение N:P ratio N:P	–	–	–	–	7.2:1	12.0:1	18.6:1	13.4:1
Перманганатная окисляе- мость, мгО ₂ /л Permanganate oxidation, mgO ₂ / l	–	–	19.2	9.7	10.7	12.7	12.9	11.1

Как правило, наиболее высокие концентрации минерального азота отмечались у южного берега, на входе р. Челсма и на вытоке р. Векса. С 2017 по 2019 годы концентрации минерального азота и минерального фосфора стали выше, чем в предыдущие периоды, но не превышали допустимых нормативов [ОСТ 15-372-87 (OST 15-372-87)]. Повышение концентраций минерального азота в основном произошло за счет нитратов. При этом соотношение минерального азота и минерального фосфора стало более благоприятным для развития гидробионтов [Баранов, 1982 (Baranov, 1982)].

В целом гидрохимический режим озера Галичское за период 2012–2019 гг. довольно стабильный. Исключением являются значения цвет-

ности: в 2012–2014 и в 2017–2019 гг. Они значительно выше, чем в 2015 и 2016 гг., что, вероятно, связано с погодными условиями. При выпадении частых дождевых осадков происходит поступление значительного количества окрашенных органических веществ с берегов озера, что приводит к увеличению цветности воды, также на ряде станций увеличивается и перманганатная окисляемость до значительных величин 17.6–21.6 мгО₂/л. Кроме того пополнение биогенных и органических веществ происходит в период ветрового волнения из иловых отложений озера, где по данным М. Н. Соловьева [1932 (Solov'yev, 1932)] содержится 44–52% органического вещества. Однако средние значения всех гидрохимических показателей не превышают рыбохозяйст-

венные нормативы. Кроме того, цветность воды не является лимитирующим показателем для развития гидробионтов [Рыбоводно-биологические нормы..., 1985 (Rybovodno-biologicheskiye normy..., 1985)].

*Гидробиологическая характеристика озера Галичское. Хлорофилл *a*.* В вегетационные периоды 2007–2019 гг. в поверхностных водах оз. Галичское средние концентрации хлорофилла *a* (Хл *a*) изменялись в пределах 8.97–64.33 мг/дм³ при среднем значении за период наблюдений 42.65±9.35 (табл. 5), что соответствует β-эвтрофному статусу водоема [Китаев, 2007 (Kitaev, 2007)].

Таким образом, полученные данные показывают очень значительные межгодовые флуктуации концентраций Хл *a* с разбросом трофического статуса от β-мезотрофного до политрофного, что может быть связано с гидрохимическими и гидрологическими особенностями, которые требуют отдельного исследования.

Пигментный индекс, или индекс Маргалёфа варьировал в пределах 1.21–2.11 при среднем значении 1.74±0.07 ед. Считается, что повышение этого индекса свидетельствует об ухудшении “физиологического” состояния фитопланктона и увеличении его пигментного разнообразия [Бульон, 1983 (Bul'on, 1983); Ермолаев, 1989 (Ermolaev, 1989); Минеева, 2004 (Mineeva, 2004)]. Таким образом, по пигментному индексу состояние фитопланктона озера находится в оптимальных нормальных условиях.

Таблица 5. Динамика трофического статуса озера Галичское за 2007–2019 гг.

Table 5. Trophic Status Dynamics of the Lake Galichskoye for 2007–2019

Годы Years	Хлорофилл <i>a</i> , мг/м ³ Chlorophyll <i>a</i> , mg /m ³	Трофический статус Trophic status
2007	34.81	β-эвтрофный
2008	24.33	α-эвтрофный – β-эвтрофный
2009	8.97	β-мезотрофный
2012	52.54	политрофный
2013	27.66	β-эвтрофный
2015	26.84±7.78	α-эвтрофный – β-эвтрофный
2016	64.33±14.80	политрофный
2017	17.66±6.15	α-эвтрофный
2018	60.87±3.22	политрофный
2019	108.49±14.88	политрофный

Фитопланктон. В фитопланктоне озера Галичское за период исследований с 2012 по 2019 гг. было обнаружено 204 таксона водорос-

лей рангом ниже рода из 10 отделов. Наибольшим таксономическим богатством отличались зеленые и харовые водоросли (в совокупности 87 видовых и внутривидовых таксонов), далее следовали синезеленые и диатомовые (по 36), а также эвгленовые (22) водоросли. Таксономическое разнообразие других отделов представлено беднее: золотистые – 11, динофитовые – 6, криптофитовые – 4, желтозеленые и рафидофитовые – по 1.

За весь период исследования развитие фитопланктона в оз. Галичское было высоким, соответствуя уровню эвтрофных-гипертрофных вод (рис. 3). Наиболее высокие показатели развития (уровень “гиперцветения”) планктонных водорослей, как правило, отмечались в летний или ранний осенний сезон, когда средние (в разные годы) по акватории водоема значения численности изменялись от 346 млн кл./л до >1 млрд клеток в литре, биомассы – от 22 до 52 г/м³, минимальная из зарегистрированных биомасс составляла 2.53 г/м³, максимальная – 89 г/м³. Основу альгocenозов озера формировали цианобактерии (до 96% и 55% общих численности и биомассы соответственно), доля других отделов (диатомовые и зеленые водоросли) в сложении биомассы фитопланктона была более значимой весной (до 49 и 44% соответственно), снижаясь в период активного цианобактериального “цветения” почти в два раза (20 и 17% соответственно).

Комплекс ценозообразующих видов отличался постоянством и характеризовался наиболее высоким видовым богатством в летний сезон (табл. 6). Состав доминирующих по численности видов полностью определяли цианобактерии: *Snowella lacustris*, *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon elenkinii*, *Anabaena lemmermanii*, в том числе и безгетероцитные представители “осцилляториевого” комплекса – *Limnithrix planctonica*, *L. redekei*, *Planktolyngbya contorta*, *P. limnetica*. Перечень массовых форм по биомассе (всего за период исследований отмечено 21 видовых и внутривидовых таксонов) (табл. 6) дополняли центрические диатомовые, зеленые хлорококковые и иногда (в период слабого прогрева водных масс) жгутиковые водоросли из отделов эвгленовых (*Trachelomonas* spp., *Euglena* spp.) и рафидофитовых (*Vacuolaria* sp.).

За весь период исследования развитие фитопланктона в вегетационный сезон в оз. Галичское было высоким, соответствуя уровню эвтрофных-гипертрофных вод (рис. 3).

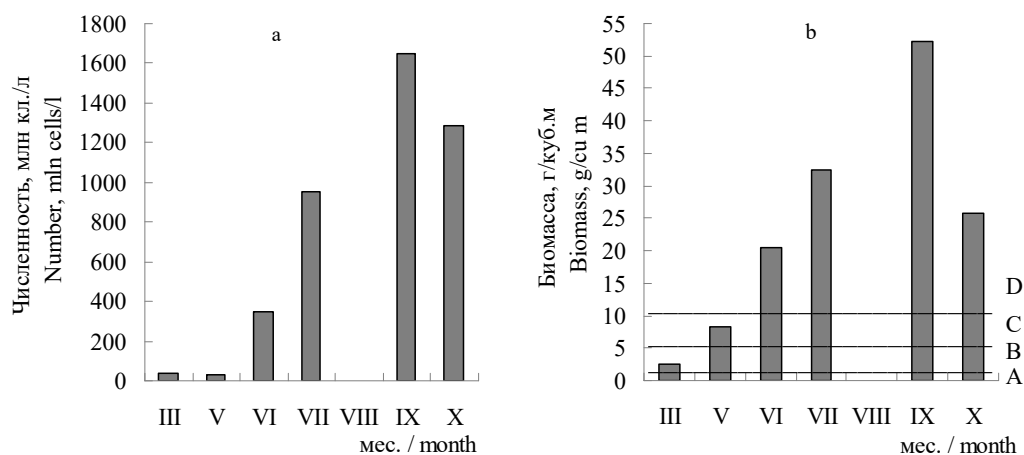


Рис. 3. Сезонная динамика численности (а) и биомассы (б) фитопланктона в оз. Галичское по данным многолетних исследований). Трофический статус: А – олиготрофный, В – мезотрофный, С – эвтрофный, D – гипертрофный.

Fig. 3. Seasonal dynamics of abundance (a) and biomass (b) of phytoplankton in Lake Galich (according to many years research). Trophic status: A – oligotrophic, B – mesotrophic, C – eutrophic, D – hypertrophic.

Таблица 6. Обобщенная схема сукцессии массовых видов фитопланктона в оз. Галичское

Table 6. A generalized succession scheme of mass phytoplankton species in the Lake Galichskoye

Сезон года / Season of the year	Состав фитопланктона / Phytoplankton Composition
Зима Winter	Центрические диатомовые (<i>Aulacosira ambigua</i>), синезеленые безгетероцитные (<i>Limnothrix redekei</i>), зеленые хлорококковые (<i>Scenedesmus</i> spp.)
Весна Spring	Центрические диатомовые (<i>Aulacoseira granulata</i> , <i>A.ambigua</i>), пениннатные диатомовые (<i>Synedra</i> sp.), фитофлагеллята (<i>Trachelomonas</i> spp., <i>Euglena</i> spp.), зеленые хлорококковые (<i>Pediastrum boryanum</i> , <i>Scenedesmus</i> spp.)
Лето Summer	Зеленые хлорококковые (<i>Pediastrum boryanum</i> , <i>P. duplex</i> , <i>Scenedesmus</i> sp.), центрические диатомовые (<i>Aulacoseira granulata</i> , <i>A.ambigua</i>), пениннатные диатомовые (<i>Cymatopleura solea</i> , <i>Staurosira triangoexigua</i>) фитофлагеллята (<i>Vacuolaria</i> sp.), синезеленые хроококковые (<i>Snowella lacustris</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i>), синезеленые гетероцитные (<i>Aphanizomenon elenkinii</i> , <i>Anabaena lemmermanii</i>), синезеленые безгетероцитные (<i>Limnothrix planctonica</i> , <i>L. redekei</i> , <i>Planktolyngbya contorta</i> , <i>P. limnetica</i>)
Осень Autumn	Синезеленые безгетероцитные (<i>Limnothrix redekei</i> , <i>L. planctonica</i> , <i>Planktolyngbya contorta</i> , <i>P. limnetica</i>), центрические диатомовые (<i>Aulacoseira granulata</i> , <i>A.ambigua</i>), зеленые хлорококковые (<i>Pediastrum boryanum</i>)

Зоопланктон. Общий видовой состав зоопланктона оз. Галичское с 2004 по 2019 гг. включал в себя 43 вида. Среди них 19 видов коловраток, 20 видов ветвистоусых ракообразных, 4 вида веслоногих ракообразных с их копеподитными и науплиальными стадиями.

В целом зоопланктонный комплекс представлен, преимущественно, эупланктонными формами, относящимися к эврибионтам и космополитам, составляющими основу зоопланктона в большинстве небольших озер средней полосы.

В составе зоопланктона оз. Галичского в различные годы отмечалось от 7 до 25 видов (табл. 7).

Основной группой чаще всего являлись копеподитные стадии веслоногих ракообразных. Доминантом среди ветвистоусых рачков выступают *Bosmina longirostris* и *Chydorus sphaericus*. Коловратки обычно доминируют в отдельные сезоны (весной и осенью), преобладает среди них *Asplanchna priodonta*.

Суммарная численность зоопланктона в различные годы составляет от 9 до 315 тыс. экз./м³, биомасса 0.04 до 1.9 г/м³. (табл. 8). Таким образом, основываясь на количественных показателях, трофический статус можно определить как мезотрофный. По уровню индекса сапробности водоем можно отнести к мезосапробным (умеренно-загрязненным водам).

Таблица 7. Общая характеристика видового состава и доминирующих видов зоопланктона оз. Галичское (Ns – число видов; D – доминирующий вид); “*” – индекс доминирования вида >0.5, “–” – виды с индексом доминирования >0.5 отсутствуют)

Примечание [ПВЗ]: Указать, что обозначает знак астериска и прочерк.

Table 7. General characteristics of the species composition and dominant zooplankton species of the Lake Galichskoye (Ns – number of species; D – dominant species); “*” – species dominance index >0.5, “–” – species with a dominance index >0.5 are absent)

Вид / годы Species / Years	2004		2008		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	Ns	D	Ns	D	Ns	D	Ns	D	Ns	D	Ns	D	Ns	D	Ns	D	Ns	D	Ns	D
Коловратки Rotifers	0	–	10	–	5	–	10	–	2	–	8	–	9	–	7	–	10	–	10	–
<i>Asplanchna priodonta</i>	–	–	–	*	–	*	–	*	–	–	–	*	–	*	–	*	–	*	–	–
<i>Keratella quadrata</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	*
<i>Keratella cochlearis</i>	–	–	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Brachionus diversicornis</i>	–	–	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ветвистоусые Cladocera	6	–	10	–	9	–	9	–	5	–	6	–	13	–	8	–	12	–	7	–
<i>Bosmina longirostris</i>	–	–	–	*	–	*	–	*	–	*	–	–	–	*	–	–	–	*	–	*
<i>Bosmina longispina</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Chydorus sphaericus</i>	–	–	–	*	–	*	–	*	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Daphnia cucullata</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Daphnia galeata</i>	–	–	–	–	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Alonella sp.</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Alona affinis</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Leptodora kindtii</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Веслоногие Copepods	1	–	1	–	2	–	4	–	2	–	2	–	3	–	2	–	3	–	2	–
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	–	–	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Thermocyclops oithonoides</i>	–	*	–	–	–	*	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Всего видов: Total species:	7	–	21	–	16	–	25	–	9	–	16	–	25	–	17	–	25	–	19	–

Однако, принимая во внимание общий анализ комплекса видов и индикаторы сапробности, данный водоем следует отнести к эвтрофным, поскольку низкие величины биомассы и численности обычно связаны с периодами массового “цветения” синезелеными водорослями, подавляющими развитие зоопланктона.

Этот же вывод о высоком трофическом статусе водоема косвенно подтверждает и сезонная динамика за период исследований, имеющая, преимущественно, двухпиковый характер с весенним и позднелетним подъемами численных показателей.

Еще одним аргументом в пользу эвтрофного статуса являются низкие значения индекса видового разнообразия Шеннона, величины которого в разные периоды составляют 1.6–

2.34 бит/экз. и никогда не превышают 2.5 бит/экз.

В целом, на основании анализа многолетних характеристик зоопланктона озера можно говорить о следующих его особенностях: видовой состав, преобладающие виды и структурные характеристики позволяют оценить озеро как эвтрофное, предположительно, находящееся на стадии продолжающегося эвтрофирования.

Бентофауна оз. Галичское, в зоне открытых грунтов, была достаточно богата в качественном отношении. В периоды многолетних исследований (2009–2014 гг. и 2015–2019 гг.) зафиксировано 94 таксона макробеспозвоночных. Таксономический состав представлен, в основном, личинками хирономид (31 таксон) и моллюсками (32 таксона, боль-

шинство видов моллюсков идентифицированы по пустым раковинам). У пиявок отмечено 6 таксонов, клопов и личинок цератопогонид – 5 таксонов, олигохет – 4 таксона, личинок поденок и стрекоз – по 3 таксона; ракообразные,

личинки хаборид, стратиомид, жуков и бабочек включали по одному таксону. Наибольшее число таксонов макрозообентоса (61%) выявлено в период с мая по первую декаду июня.

Таблица 8. Многолетние количественные показатели зоопланктона оз. Галичское (N – численность, тыс. экз/м³; B – биомасса, г/м³; “–” – нет данных)

Table 8. Long-term quantitative indicators of zooplankton of the Lake Galichskoye (N – abundance, thousand ind./m³; B – biomass, g/m³; “–” – no data)

Год / Year	2004		2008		2012		2013		2014	
Вид / Species	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
<i>Коловратки</i> <i>Rotifers</i>	0.0	0.00	39.5	0.09	–	–	4.9	0.07	3.1	0.01
<i>Ветвистоусые</i> <i>Cladocera</i>	0.5	0.01	50.5	0.39	–	–	1.4	0.70	1.4	0.35
<i>Веслоногие</i> <i>Sorepods</i>	8.6	0.05	78.1	0.61	–	–	6.3	0.74	4.2	0.11
Общая: Total:	9.1	0.05	161.0	1.10	180.0	1.90	12.5	1.50	10.5	0.45
Год / Year	2015		2016		2017		2018		2019	
Вид / Species	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
<i>Коловратки</i> <i>Rotifers</i>	130.2	1.09	93.1	0.05	15.9	0.01	32.3	0.26	18.5	0.02
<i>Ветвистоусые</i> <i>Cladocera</i>	11.8	0.23	1.0	0.01	4.9	0.03	20.7	0.19	15.5	0.12
<i>Веслоногие</i> <i>Sorepods</i>	173.6	0.39	132.1	0.69	0.2	0.00	5.8	0.03	70.9	0.47
Общая: Total:	315.6	1.73	226.3	0.75	21.0	0.04	59.9	0.47	105.2	0.62

Основную долю численности донных сообществ водоема, в оба периода наблюдений, составляли личинки хирономид (51–55%) и олигохеты сем. Tubificidae (38–39%). Более распространены личинки *Chironomus f. l. plumosus* L. (частота встречаемости – 67–47%) и олигохета *Potamothrix hammoniensis* Michaelson (частота встречаемости – 44–34%). Число находок остальных видов и форм донных макробеспозвоночных не превышало 15–18%. Значения среднееголетней биомассы донных организмов, в исследуемые периоды, находились практически на одном уровне (5.69–6.05 г/м²) и соответствовали, согласно классификации С. П. Китаева [2007 (Kitaev, 2007)], условиям в β-мезотрофных водоемах (среднекормным для бентосоядных рыб). В кормовой биомассе преобладали крупные личинки р. *Chironomus* (72–73%). Весной и осенью биомасса кормового бентоса была несколько выше (в среднем 9–10 г/м²), летом и зимой снижалась до 3–4 г/м². В весенний период биомасса обеспечивалась, преимущественно, мотылем и моллюсками, в остальные сезоны доминировал мотыль.

Многолетние показатели индекса видового разнообразия донных сообществ в водоеме имели низкие значения (в среднем 0.96–

0.66 экз./бит и 0.55–0.38 г/бит), из-за явного доминирования на подавляющем большинстве станций (91%) отдельных представителей: в численности – среди личинок хирономид и олигохет (преимущественно *Ch. f. l. plumosus* и *P. hammoniensis*), в биомассе – личинок хирономид (главным образом *Ch. f. l. plumosus*). Высоким разнообразием бентоса, как по численности, так и по биомассе, отличался в мае-июне (2.12–3.32 экз./бит и 1.62–2.58 г/бит), в остальные сезоны, на большинстве станций, показатели индекса не превышали 1.

Значения индекса сапробности придонного слоя воды в озере, по развитию макрозообентоса, в оба периода наблюдений, соответствовали α-мезосапробной зоне (2.66–2.78), что характеризовало водоем как загрязненный (IV класс качества) (табл. 9).

Рыбное население. Высокая трофность Галичского озера обеспечивает его высокую рыбопродуктивность. Издавна водоем славился богатством своих рыбных запасов. Одно из первых научных исследований об обилии рыбной продукции озера приведено в работе С. Г. Вальмуса и И. Ф. Правдина [1923 (Valmus, Pravdin, 1923)] со ссылками на еще более ранние свидетельства. По данным этого источника в начале 1920-х гг. промысловую рыб-

бопродуктивность можно оценить в 150 кг/га, что значительно превосходило показатели большинства озер Центральной зоны европейской части России.

Современная оценка рыбопродуктивности водоема проведена профессором Г. П. Руденко (2000) [Rudenko, 2000]. По его данным ихтиомасса в Галичском озере составляет 368 кг/га, фактическая, а не промысловая рыбопродукция – 286 кг/га, а биологически обоснованный вылов – 93 кг/га, или 700 т с водоема.

денко (2000) [Rudenko, 2000]. По его данным ихтиомасса в Галичском озере составляет 368 кг/га, фактическая, а не промысловая рыбопродукция – 286 кг/га, а биологически обоснованный вылов – 93 кг/га, или 700 т с водоема.

Таблица 9. Среднеголетняя количественная характеристика макрозообентоса оз. Галичское (N – численность, экз./м²; B – биомасса, г/м²; “–” – нет данных)

Table 9. Long-term average quantitative characteristic of macrozoobenthos of Lake Galich (N – abundance, ind./m²; B – biomass, g/m²; “–” – no data)

Группы животных Groups of animals	2004, 2008 гг.				2010–2014 гг.				2015–2019 гг.			
	N		B		N		B		N		B	
	экз./м ² ind./m ²	%	г/м ² g/m ²	%	экз./м ² ind./m ²	%	г/м ² g/m ²	%	экз./м ² ind./m ²	%	г/м ² g/m ²	%
Олигохеты Oligochaetes	24	14.8	0.13	8.6	349	39.0	0.31	5.4	210	38.7	0.59	9.8
Хирономиды Chironomids	105	66.0	0.97	66.1	460	51.3	4.51	79.3	297	54.7	4.50	74.3
Прочие Other	31	19.2	0.37	25.3	78	8.7	0.87	15.3	35	6.5	0.96	15.9
Всего: Total:	159	100	1.46	100.0	896	100	5.69	100.0	542	100	6.05	100.0
Трофический статус Trophic status of lake	олиготрофный (малокормный)				β-мезотрофный (среднекормный)				β-мезотрофный (среднекормный)			
Общее число таксонов Total number of taxa	7				47				59			
Индекс Шеннона экз./бит / г/бит Shannon Index ind./bit / g / bit	0.91/0.75				0.96 / 0.55				0.66 / 0.38			
Индекс сапробности, зона сапробности, класс сапробности Saprobity index, saprobity zone, quality class	2.77, α-мезосапробная, IV класс качества				2.66, α-мезосапробная, IV класс качества				2.78, α-мезосапробная, IV класс качества			

С течением времени в структуре рыбного сообщества нередко происходили существенные изменения [Печников, 1981; Терещенко, 2005 (Pechnikov, 1981; Tereshchenko, 2005)]. Они были связаны, как с зимними заморными явлениями, так и с интенсивностью промысла. Изменения состава доминирующих видов представлено в таблице 10.

В первой половине 20 века объем добычи с Галичского озера превышал 1000 т [Вальмус, Правдин, 1923 (Valmus, Pravdin, 1923)]. Количество использованных неводов на лову составляло 20–28. В 1940–1970-е гг. с помощью в среднем 7 неводов добывалось около 600 т рыбы (рис. 4). С 1978 г. на озере ввели ограничения на количество работающих

бригад. Число рыболовецких бригад ограничили до 4. В результате годовые уловы снизились до 260–340 т/год, что составило промысловую рыбопродуктивность 34–47 кг/га. В 1989 г. введен запрет на использование мелкочейных неводов и в этот год выловлено минимальное количество рыбы – 140 т. Далее в 90-е годы на озере был введен годовой лимит вылова – 300 т, который в 1997 г. по рекомендации Института Биологии Внутренних вод РАН был увеличен до 400 т. С 1999 по 2003 гг. на Галичском озере добывалось в среднем 420 т 5–6 неводами.

С принятием Федерального Закона о рыболовстве [О рыболовстве..., 2004 (O rybolovstve..., 2004)] и проведением ре-

форм по организации промысла неводной промысел с 2004 по 2012 гг. практически не велся. Среднегодовой вылов за этот период составил 57 т. С 2013 г. начался более интенсивный лов и среднегодовой улов за последние три года достиг 140 т. Однако используется один невод, а существенная часть добычи на водоеме в настоящее время осуществляется ставными сетями.

Резкое сокращение неводного промысла с 2004 г. привело к увеличению численности мелкочастиковых рыб, в частности плотвы, уловы которой значительно росли вплоть до 2008 г. Данное обстоятельство в свою очередь вызвало вспышку численности хищных видов – щуки и судака (рис. 5).

Состав рыбного населения за современный период наблюдений с 2009 по 2018 гг. озера Галичское включает 16 видов рыб, относящихся к 4 семействам, в том числе сом – отмеченный по опросным данным промыслови-

ков (табл. 11). Всего за весь период исследований с 1920-х гг. по настоящее время зарегистрировано 22 вида рыб [Катаев и др., 2016 (Kataev et al., 2016)], из которых в настоящее время не отмечены верховка, вьюн, голец, сазан, пескарь и щиповка. Однако, учитывая связь озера с бассейном р. Волга, возможна встреча любого вида Волжско-Каспийского бассейна.

Ввиду того, что озеро Галичское является, по сути, огромным нерестилищем и зоной нагула молоди, как для аборигенных, так и для мигрирующих видов рыб [Оценка современного состояния..., 1996, 1997 (Otsenka sovremenno-go sostoyaniya..., 1996, 1997)], исторически сложилось применять для промысла мелкочастиковые невода (шаг ячеи от 6 мм). Значительную часть уловов при этом занимают особи различных видов возрастов 1+–3+ с размером 5–15 см – доля данной группы достигает 80% уловов [Катаев и др., 2016 (Kataev et al., 2016)].

Таблица 10. Состав доминирующих в промысловых уловах видов рыб озера Галичское

Table 10. Dynamics of dominant fish species in commercial fish catches on the Lake Galichskoye

Данные ИБВВ РАН, ГосНИОРХ Data from IBIW RAS, GosNIORKh						Данные НижегородНИРО Nizhny NovgorodNIRO data
1940-е гг.	1950-е гг.	1960-е гг.	1970-е гг.	1980-е гг.	1990-е гг.	2008–18 гг.
Плотва	Плотва	Ерш	Ерш	Плотва	Лещ	Лещ
Ерш	Ерш	Окунь	Плотва	Окунь	Плотва	Плотва
Окунь	Окунь	Плотва	Густера	Лещ		Щука
Лещ	Густера	Густера	Лещ			

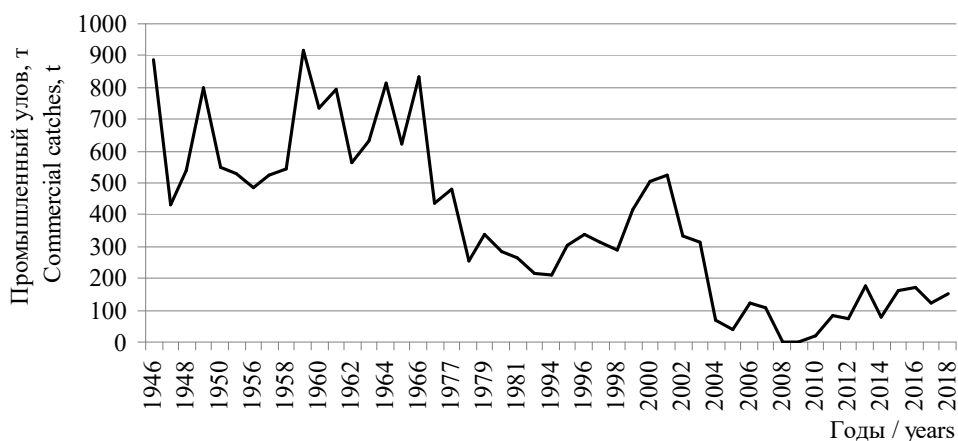


Рис. 4. Динамика промышленного вылова рыбы на озере Галичское в 1946–18 гг.

Fig. 4. Dynamics of commercial fish catches on the Lake Galichskoye in 1946–18.

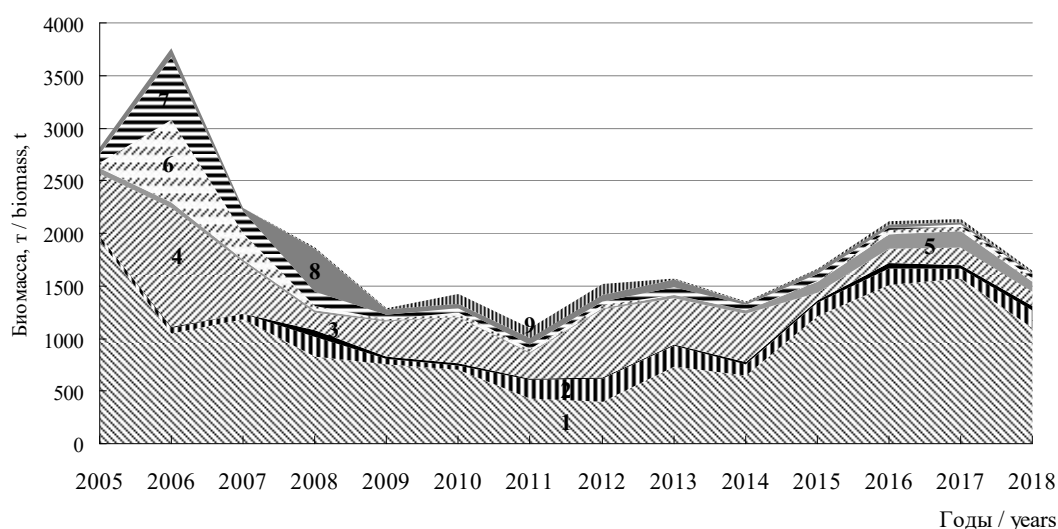


Рис. 5. Динамика биомассы рыб озера Галичское в 2005–18 гг. по данным неводных съемок: 1 – лещ, 2 – щука, 3 – судак, 4 – плотва, 5 – густера, 6 – окунь, 7 – ёрш, 8 – уклея, 9 – прочие виды (карась, линь, язь, красноперка).

Fig. 5. Dynamics of fish biomass on the Lake Galichskoye in 2005–18 according to seine surveys: 1 – Bream, 2 – Pike, 3 – Pikeperch, 4 – Roach, 5 – White bream, 6 – Perch, 7 – Ruffe, 8 – Common bleak, 9 – other species (crucian, tench, ide, rudd).

Таблица 11. Видовой состав ихтиофауны оз. Галичское за период исследований 2009–18 гг.

Table 11. The species composition of the Lake Galichskoye fish population for 2009–18

Семейство Щуковые Esocidae	
1	Щука (<i>Esox lucius L.</i>)
Семейство Карповые Cyprinidae	
2	Густера (<i>Blicca bjoerkna L.</i>)
3	Жерех (<i>Aspius aspius L.</i>)
4	Карась обыкновенный (<i>Carassius carassius L.</i>)
5	Карась серебряный (<i>Carassius auratus gibelio Bloch</i>)
6	Красноперка (<i>Scardinius erythrophthalmus L.</i>)
7	Лещ (<i>Abramis brama L.</i>)
8	Линь (<i>Tinca tinca L.</i>)
9	Плотва (<i>Rutilus rutilus L.</i>)
10	Уклея (<i>Alburnus alburnus L.</i>)
11	Чехонь (<i>Pelecus cultratus L.</i>)
12	Язь (<i>Leuciscus idus L.</i>)
Семейство Сомовые Siluridae	
13	Сом (<i>Silurus glanis L.</i>)*
Семейство Окуневые Percidae	
14	Ёрш (<i>Gimnocephalus cernua L.</i>)
15	Окунь (<i>Perca fluviatilis L.</i>)
16	Судак (<i>Stizostedion lucioperca L.</i>)

Примечание. “*” – по опросным данным.

Note. “*” – according to survey data.

Структура рыбного населения по результатам исследований с использованием ставных сетей и неводов различается, в первую очередь

по причине отличия размерных групп, облавливаемых данными орудиями рыболовства (табл. 12). Кроме того, по данным сетепостановок высокие численные показатели имеют густера, карась, линь, окунь и судак, а по неводным – ерш и уклея. Можно отметить достаточно высокую численность леща и плотвы и биомассу щуки, как в сетных, так и неводных уловах.

В целом, структура сообщества по данным сетных уловов более разнообразна и выровнена. Лишь в данном виде орудия лова отмечена чехонь – вид, не имеющий оформленной популяции в озере. Поэтому, при рассмотрении динамики изменений в структуре рыбного населения анализ следует производить раздельно по сетям и неводам.

По данным сетепостановок основу численности и биомассы рыбного населения озера Галичское составляют 10 видов рыб. Графические отображения динамики численности и биомассы, в целом, носят сходный характер (рис. 6). Так до 80% по численности и 70% по биомассе занимают 5 видов – лещ, щука, судак, плотва и густера. Обращает на себя внимание увеличение в период 2015–18 гг. численных показателей таких “речных” видов как судак, язь, густера, и снижение “лимнофильных” – линь, карась. Значительно увеличилась доля красноперки в последние три года. Отмечается снижение численности леща

при достаточно постоянной биомассе, что может свидетельствовать об увеличении средних размеров особей в популяции. После относи-

тельного пика в 2015–16 гг. в современный период снизилась доля окуня и плотвы.

Таблица 12. Структура (%) научно-исследовательских уловов рыбы на оз. Галичское за период 2009–18 гг.

Table 12. Structure (%) of research fish catches on the Lake Galichskoye for the period 2009–18

Виды рыб Fish species	Сети / Nets		Невода / Seines	
	% численности % of number	% биомассы % of biomass	% численности % of number	% биомассы % of biomass
Густера / White bream	13.2	6.6	3.3	3.6
Ерш / Ruffe	0.3	0.0	10.0	2.8
Карась / Crucian	17.5	29.5	0.1	0.4
Лещ / Bream	27.0	18.8	36.3	56.7
Линь / Tench	5.3	13.2	–	–
Окунь / Perch	8.7	3.7	2.7	1.6
Плотва / Roach	13.2	4.7	37.3	19.0
Судак / Pikeperch	5.3	5.3	0.4	1.6
Щука / Pike	6.7	15.0	0.2	9.5
Язь / Ide	1.1	2.2	0.1	0.1
Уклея / Common bleak	0.8	0.0	7.4	2.6
Чехонь / Sabrefish	0.0	0.0	–	–
Жерех / Asp	0.0	0.0	0.0	0.0
Красноперка / Rudd	0.9	1.0	2.2	2.1
Индекс Шеннона Shannon Index	2.95	2.82	2.17	2.05
Индекс Пиелу Pielu Index	0.77	0.74	0.59	0.55

По данным неводных съемок до 70% общей биомассы дает лещ (см. рис. 5). За период с 2005 г. наблюдается значительное снижение доли плотвы, как и других мелко-частиковых видов в рыбном сообществе. Доля хищных видов, судака и, особенно, щуки наоборот значительно поднялась. Из мелкого частика, только густера увеличила свои численные показатели. Скорее всего, это объясняется ранним выходом из-под пресса хищников ввиду высокоспинности вида.

В целом, по данным неводных съемок общая биомасса рыб озера Галичское в настоящее время находится в пределах 1100–2100 т при среднем значении 1581 ± 106 т (рис. 5). Данные значения весьма близки к результатам, получаемым на основании продукционного метода оценки биомассы [Руденко, 2014 (Rudenko, 2014)] по трофическому статусу водоема (для эвтрофного водоема с учетом молоди – 1944 т).

Чухломское озеро. Гидроморфологическая характеристика озера Чухломское. Водоем расположен в северной части Костромской области во впадине района водораздела р. Костромы и р. Унжи и находится на высоте 160 м над уровнем моря. Водосборная площадь – 239.3 км².

Наибольшая длина озера – 8.6 км, ширина – 7.5 км. Озеро имеет форму овала несколько вытянутого в направлении с юго-востока на северо-запад и суженного в северо-западной части. Направление наибольшей оси идет от города Чухломы на исток реки Вексы. Во время весеннего разлива вода заливает современные берега почти на всем их протяжении, от 100 до 1500 м. Наибольшая глубина озера 5 м, а средняя 1.7 м. Объем озера составляет 71.8 млн м³ воды. На дне озера котловины залегают сапропелевые отложения мощностью до 10 метров.

Водоем имеет ледниковое происхождение. Образовавшись в Днепровско-Московский межледниковый период, озеро существует и до настоящего времени, имея возраст около 75–100 тысяч лет [Лебедев, 1958; История озер..., 1992; Квасов, 1975 (Lebedev, 1958; Istoriya ozer..., 1992; Kvasov, 1975)]. В связи с заболачиванием площадь зеркала значительно сократилась и в настоящее время по литературным источникам составляет 4748.68 га [Ковальский, 2005 (Kovalskiy, 2005)], по нашим данным, полученных с использованием ГИС-технологий в вегетационный период равна 4862.7 ± 14.7 га (табл. 13).

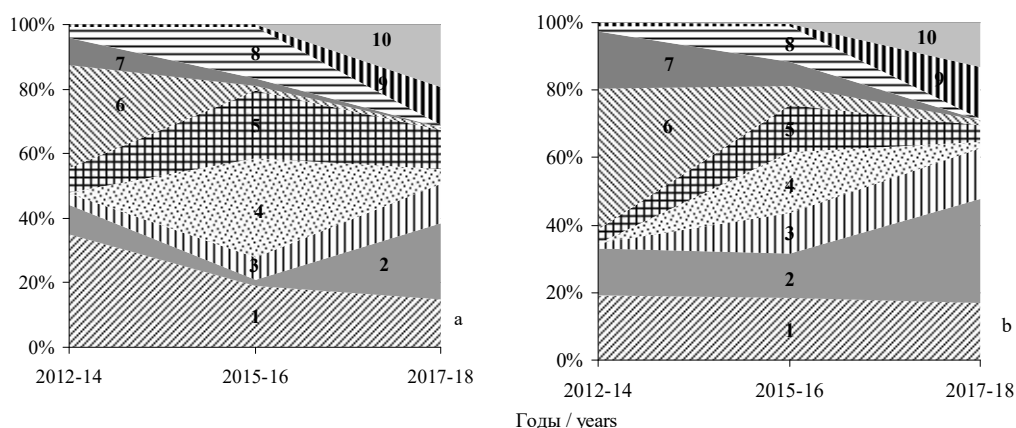


Рис. 6. Доля видов рыб в сообществе оз. Галичское по показателям относительной численности (а) и биомассы (б) в различные годы исследований по данным сетепостановок: 1 – лещ, 2 – щука, 3 – судак, 4 – плотва, 5 – густера, 6 – карась, 7 – линь, 8 – окунь, 9 – язь, 10 – красноперка.

Fig. 6. The proportion of fish species in the community of Lake Galichskoye in terms of relative abundance (a) and biomass (b) in different years of research according to net sets: 1 – Bream, 2 – Pike, 3 – Pikeperch, 4 – Roach, 5 – White bream, 6 – Crucian, 7 – Tench, 8 – Perch, 9 – Ide, 10 – Rudd.

Таблица 13. Динамика площади Чухломского озера в 2017–19 гг.

Table 13. Dynamics of the Lake Chukhlomskoye area in 2017–19

Год Year	Дата Date	Площадь, га Area, ha
2017	18.06.2017	4894.6
	20.07.2017	4844.4
	21.08.2017	4850.0
2018	22.06.2018	4916.8
	23.07.2018	4852.2
	01.08.2018	4821.5
2019	08.06.2019	4897.4
	26.07.2019	4783.2
	12.08.1019	4904.4
Среднее Average		4862.7±14.7

Заболоченные берега покрыты мелким лесом и кустарником. Коренной берег имеется на небольшом протяжении у п. Аринино и п. Чухлома. Почва на коренных берегах суглинистая, местами песчано-галечно-валунная. Новые берега торфянистые.

Характерной чертой строения Чухломского озера является мелководность, 3541 га или 81.9% общей площади озера занято глубинами до 2 метров и 88.6% всего объема приходится на слой до 1,5 метровой глубины. Глубины от 1 до 2 метров являются основными. Естественным следствием такой мелководности является то, что озеро сильно зарастает водной растительностью – более 50% площади акватории [Ковальский, 2005 (Kovalskiy, 2005)].

Озеро принимает в себя следующие притоки: речки Юг, Ивановку, Дудинку, Балтус, Каменку, Молокшу, Пенку, Мокшу, Соню, Копь, Чернавку, Харламовку, Яхромцу, Арининские ключи, Святицу, Черную, Тарасовку, Семеновскую, Никеровку и Сандебу.

Большая часть притоков в своей нижней части протекает по болотам. Через р. Святицу, часто протекающей под сплавиной, озеро соединяется с Глухим и Черным озерами, расположенными в Мирохановском болоте на расстоянии 8–9 км от Чухломского озера.

Из Чухломского озера вытекает одна река Векса Чухломская, впадающая на территории Солигаличского района через р. Вочу в реку Кострому, с помощью которой Чухломское озеро соединяется с рекой Волгой.

Естественный гидрологический режим оз. Чухломского изменен. Несколько десятилетий назад (1963 г.) на р. Вексе (единственной из вытекающих речек) была построена плотина, которая подняла уровень озера на 1.5 м. Однако, периодически в озере возникают заморы, вызванные сочетанием плохого газового режима озера из-за разложения органического вещества и низкого уровня воды в осенне-зимний период.

Ледостав обычно начинается в ноябре, хотя в 1992 г. покрылось льдом 14 октября, в 2002 г. – 25 октября. Почти ежегодно наблюдаются заморные явления, с которыми был связан специфичный для озера вид добычи рыбы “ловами”, при котором рыбаки специально снижают уровень воды в озере.

Большие заморы наблюдались и в старые времена, например в 1775 г. [Лебедев, 1958 (Lebedev, 1958)]. Незначительная глубина озера и обилие гниющего органического материала являются причиной того, что зимой быстро расходуется запас кислорода. Вода насыщается сероводородом и происходит типичный замор. Рыба задыхается и ищет выхода из озера, идя на струю свежей воды в реки и ключи. Начало зимних заморов наблюдалось обычно во второй половине декабря – первой половине января, конец – недели за 3 до вскрытия озера (конец апреля – начало мая).

Однако искусственные заморные явления создавали и в летний период за счет спуска воды через плотину. Один из наиболее сильных заморов наблюдался в 1992 г. (июль–август). После этого в водоеме критически сократилась численность чухломской популяции золотого караса – местной достопримечательности.

С 2015 г. гидрологический режим озера изменился. Новые арендаторы водоема постоянно держат максимально возможный уровень.

Данное обстоятельство отразилось на гидрохимических показателях за последние три года.

В связи с небольшой глубиной озеро прогревается до дна и температурной стратификации не наблюдается. Наиболее высокая температура воды отмечается в июле и первой половине августа.

Гидрохимический режим озера Чухломское. Средние величины рН воды озера за период 2012–2019 гг. были слабощелочными и лишь в 2014 г – щелочными (табл. 14). Средние значения цветности воды в 2012–2014 гг. достигали 2.6–4.0 ПДК. После поднятия уровня воды в 2015 г. величины цветности воды значительно снизились (до 36.6°–67.2°). При этом в течение всего исследуемого периода содержание растворенных солей железа было ниже нормы. Мутность воды до 2015 года составляла (11.9–21.4) мг/л, с 2015 года наблюдалось снижение до (2.9–11.0) мг/л. и лишь в 2017 г. она вновь достигла значительной величины – 17.0 мг/л (влияние дождей).

Таблица 14. Средние гидрохимические показатели оз. Чухломское за 2012–2019 гг. (“–” – no data)

Table 14. Average hydrochemical indicators of the Lake Chukhlomskoye for 2012–2019 (“–” – no data)

Показатели / Годы Indicators / Years	2008	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Мутность, мг/л Turbidity, mg / l	–	17.0	21.4	11.9	6.4	2.9	17.0	9.9	11.0
рН	7.14	7.5	7.1	7.9	6.8	7.3	7.2	7.1	7.3
Цветность, град. Color, degrees	271	204.3	192.0	129.0	36.6	53.1	67.2	64.7	62.7
Железо общ., мг/л Fe _{total} , mg/l	0.39	0.198	0.592	0.195	0.203	0.384	0.121	0.146	0.067
Жесткость, мг-экв/л Stiffness, mg-eq / l	1.87	1.9	2.5	2.4	2.9	2.5	1.8	2.3	2.3
Кальций, мг/л Ca ²⁺ , mg/l	15.7	24.8	34	21.5	31.8	31.3	23.9	26.0	22.3
Магний, мг/л Mg ²⁺ , mg/l	13.3	8.4	9.4	15.9	15.3	10.8	8.4	11.8	13.8
Гидрокарбонаты, мг/л HCO ₃ ⁻ , mg/l	103.7	107.4	116.2	101.2	121	123.2	103.1	118.8	127.9
Хлориды, мг/л Cl ⁻ , mg/l	2.8	10.0	11.6	14.5	15.0	15.7	11.2	11.0	10.9
Сульфаты, мг/л SO ₄ ²⁻	3.5	11.6	8.4	13.0	6.6	6.9	12.8	6.8	10.2
Минерализация, мг/л Mineralization, mg / l	139.9	162.2	179.8	166.1	189.7	187.9	168.3	178.1	185.0
Электропроводность, мкСим/см Conductivity, μSim / cm	148	214.6	229.2	235.5	286.4	201.2	199.1	249.5	222.8
Аммонийный азот, мг/л NH ₄ ⁺ , mg / l	0.41	0.454	0.824	0.810	0.425	0.552	0.545	0.378	0.265
Нитраты, мг/л NO ₂ ⁻ , mg / l	0.08	0.190	0.152	0.160	0.191	0.595	0.871	0.616	0.614
Минеральный азот, мг/л Mineral nitrogen, mg / l	0.5	0.644	0.976	0.970	0.604	1.194	1.448	0.985	0.887
Фосфор минеральный, мг/л	0.02	0.100	0.111	0.12	0.090	0.094	0.125	0.053	0.066

Показатели / Годы Indicators / Years	2008	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Mineral phosphorus, mg/l Соотношение N:P ratio N:P	25.0:1	6.4:1	8.8:1	8.1:1	6.7:1	12.7:1	12.2:1	19.3:1	13.4:1
Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л Permanganate oxidation, mgO ₂ /l	13.2	16.7	16.2	19.8	15.6	13.7	14.7	13.5	14.1

Вода озера на большинстве станций летом и осенью мягкая (1.9–2.9 мг-экв/л). Наиболее низкие величины жесткости (1.8–2.3 мг-экв/л) отмечались в 2017–2019 гг. В зимнее время жесткость воды может увеличиваться до умеренно жесткой (3.6 мг-экв/л), а на юго-востоке озера до 6.2 мг-экв/л, так как здесь в озеро поступают родниковые воды. На ряде станций среди катионов преобладают ионы кальция, на некоторых ионы магния. Хлоридов и сульфатов мало.

Минерализация воды в целом по озеру малая (166.1–185.0) мг/л. По классификации О. А. Алекина [1970 (Alekin, 1970)] вода водоема относится к гидрокарбонатному классу, кальциево-магниевой группе, тип воды меняется от II до IIIа.

В течение вегетационного периода в воде озера содержалось достаточное для развития гидробионтов количество минерального азота. Причем до 2015 года преобладал аммонийный азот, а после подъема уровня воды отмечено значительное увеличение нитратов, то есть процесс окисления аммонийного азота стал проходить более интенсивно. А вот концентрации минерального фосфора несколько снизились. При этом соотношение минераль-

ного азота и минерального фосфора хоть и снизилось, но все же осталось в пределах оптимальных значений [Баранов, 1982 (Baranov, 1982)]. Перманганатная окисляемость также стала немного меньше. В целом пополнение биогенных и органических веществ происходит в период ветрового волнения из иловых отложений озера, где по данным М. Н. Соловьева [1932 (Solov'yev, 1932)] содержится 44–52% органического вещества.

Таким образом, поднятие уровня воды в 2015 г. оказало положительное влияние на гидрохимический режим озера Чухломское.

Гидробиологическая характеристика озера Чухломское. Хлорофилл а. Трофический статус озера Чухломское в многолетнем аспекте варьирует от эвтрофного до политрофного (табл. 15). Среднеголетняя концентрация составляет 41.0 ± 8.8 мг/дм³ при разбросе значений от 8.63 до 87.31 мг/дм³, что соответствует β-эвтрофному статусу водоема. Пигментный индекс – варьировал в пределах 1.39–2.00 при среднем значении 1.69 ± 0.04 ед. Как известно, значение пигментного индекса Таким образом состояние фитопланктона озера находится в оптимальных нормальных условиях.

Таблица 15. Динамика трофического статуса озера Чухломское за 2009-2019 гг.

Table 15. Trophic State Index Dynamics of the Lake Chukhlomskoye for 2009-2019

Годы Years	Хлорофилл "а", мг/м ³ Chlorophyll "a", mg / m ³	Трофический статус Trophic status
2009	13.61±3.18	α-эвтрофный
2010	30.65	β-эвтрофный
2012	67.46±11.59	политрофный
2013	36.55±13.17	β-эвтрофный
2015	8.63±3.05	β-мезотрофный
2016	87.31±13.92	политрофный
2017	23.03±2.45	α-эвтрофный
2018	39.93±19.74	β-эвтрофный
2019	61.54±6.76	политрофный

Фитопланктон. В фитопланктоне озера Чухломское за период исследований с 2012 по 2019 гг. было обнаружено 198 таксонов водорослей рангом ниже рода из 9 отделов (табл. 16). Наибольшим таксономическим богатством отличались зеленые и харовые водоросли (в совокупности 102 видовых и внутри-видовых таксонов), далее следовали синезеле-

ные (40), диатомовые (26) и эвгленовые (13) водоросли. Таксономическое разнообразие других отделов представлено беднее: динофитовые – 7, золотистые – 5, криптофитовые – 3, желтозеленые – 2. Удельное видовое богатство (число видов в пробе) варьировало от 21 до 63. Самое низкое количество таксонов отмечалось в подледный период, резкое увеличение отме-

чалось весной (<35–45), достигая максимальных значений летом и осенью.

Количественное развитие фитопланктона в оз. Чухломское всегда характеризовалось высокими показателями, которые соответствовали уровню эвтрофных-гипертрофных вод за исключением подледного периода, когда степень трофии определялась слабо мезотрофным уровнем (рис. 7). Максимальные величины численности (>1–2 млрд кл./л) и биомассы (<76.7 г/м³) отмечались в альгоценозах, развивающихся в период ранней осени (сентябрь). По числу клеток летом и осенью в альгоценозах

озера отмечалось четкое преобладание цианобактерий (89–94%), их доля в биомассе была ниже и оказалась равной вкладу зеленых (27–34%) и диатомовых водорослей (23–27%). В отдельные годы (например, в 2015 г.) заметных показателей обилия могли достигать динофитовые водоросли, преимущественно виды рода *Gymnodinium*, их вклад в биомассу составлял 13%. В период незначительного прогрева водных масс (зима, весна) роль цианопрокариот, выступающих практически единственными доминантами по численности, в сложении биомассы была незначительной, составляя 6–15%.

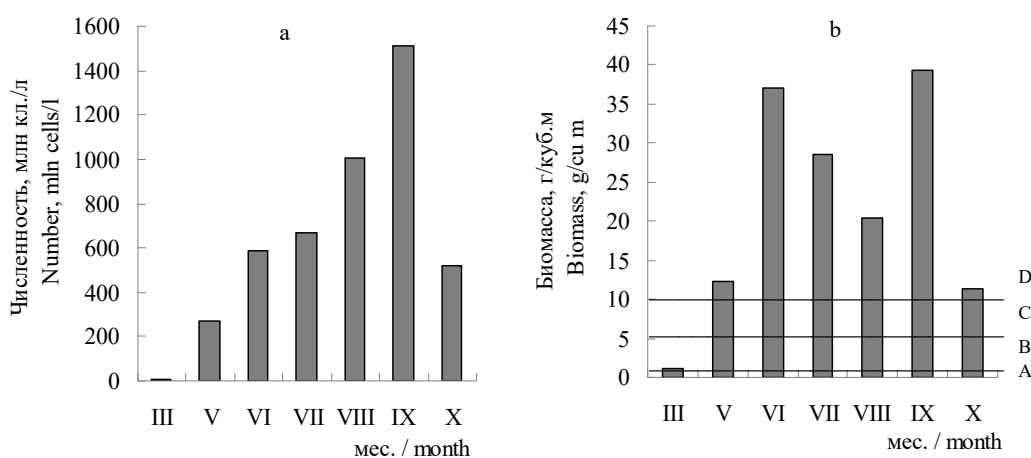


Рис. 7. Сезонная динамика численности (а) и биомассы (б) фитопланктона в оз. Чухломское (по данным многолетних исследований). Трофический статус: А – олиготрофный, В – мезотрофный, С – эвтрофный, D – гипертрофный.

Fig. 7. Seasonal dynamics of phytoplankton abundance (a) and biomass (b) in the Lake Chukhlomskoye (according to many years research). Trophic status: A – oligotrophic, B – mesotrophic, C – eutrophic, D – hypertrophic.

Таблица 16. Обобщенная схема сукцессии массовых видов фитопланктона в оз. Чухломское

Table 16. The generalized scheme of mass species of phytoplankton succession of in the Lake Chukhlomskoye

Сезон года / Season of the year	Состав фитопланктона / Phytoplankton Composition
Зима / Winter	Центрические диатомовые (<i>Stephanodiscus minutulus</i>), фитофлагеллята (<i>Chlamydomonas</i> spp., <i>Euglena</i> spp.)
Весна / Spring	Зеленые хлорококковые (<i>Pediastrum boryanum</i> , <i>P. boryanum</i> var. <i>longicorne</i> , <i>P. duplex</i> , <i>P. tetras</i> , <i>Tetraedron minimum</i>), центрические диатомовые (<i>Aulacoseira</i> (<i>A. ambigua</i> , <i>A. granulata</i>), пеннатные диатомовые (<i>Fragilaria</i> sp., <i>Nitzschia paleaceae</i>), фитофлагеллята (<i>Trachelomonas</i> spp.), синезеленые хроококковые (<i>Aphanocapsa</i> sp.), синезеленые безгетероцитные (<i>Planktolyngbya limnetica</i>)
Лето / Summer	Зеленые хлорококковые (<i>Pediastrum boryanum</i> , <i>P. boryanum</i> var. <i>longicorne</i> , <i>P. duplex</i> , <i>P. tetras</i> , <i>Tetraedron minimum</i>), центрические диатомовые (<i>Aulacosira granulata</i> , <i>A. ambigua</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Stephanodiscus hantzschii</i>), пеннатные диатомовые (<i>Nitzschia paleaceae</i>), фитофлагеллята (<i>Gymnodinium</i> sp.), синезеленые хроококковые (<i>Snowella lacustris</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Woronichinia compacta</i>), синезеленые гетероцитные (<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> , <i>Anabaena planctonica</i>), синезеленые безгетероцитные (<i>Planktolyngbya limnetica</i>)
Осень / Autumn	Зеленые хлорококковые (<i>Pediastrum boryanum</i> , <i>P. tetras</i>), центрические диатомовые (<i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>A. ambigua</i>), синезеленые хроококковые (<i>Snowella lacustris</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i>)

Ценозообразующий комплекс видов достаточно постоянный во все годы исследования. В комплекс доминирующих по численности видов входили представители безгетероцитных форм цианобактерий: *Planktolyngbya contorta*, *P. limnetica*, а также мелкоклеточные представители хроококковых цианопрокариот – виды родов *Arphanocapsa* и *Snowella*. В число массовых видов по биомассе фитопланктона за период 2012–2019 гг. входило 26 таксонов (табл. 17). Из них наибольшей встречаемостью и частотой доминирования в течение всех лет исследования обладали 8 таксонов из отделов Chlorophyta (ценобиальные виды: *Pediastrum boryanum*, *P. boryanum* var. *longicorne*, *P. duplex*, *P. tetras*), Cyanobacteria (*Microcystis aeruginosa*), Bacillariophyta (*Aulacoseira ambigua*, *A. granulata*, *Nitzschia paleacea*) (табл. 17).

Таким образом, во все годы исследования (2012–2019 гг.) в оз. Чухломское происходило сильное “цветение” воды, обусловленное

развитием цианопрокариот, зеленых и диатомовых водорослей. Состав доминирующих по численности и биомассе видов во все сроки наблюдений оставался схожим, трофический статус водоема по величинам биомассы водорослей устойчиво соответствовал гипертрофному уровню.

Зоопланктон. Общий видовой состав зоопланктона оз. Чухломское за годы исследования включал 39 видов: среди них 17 видов коловраток, 16 видов ветвистоусых ракообразных, 6 видов веслоногих ракообразных, а также их копепоидные и науплиальные стадии (табл. 17).

В целом зоопланктонный комплекс представлен эврибионтами, составляющими основу зоопланктона в большинстве озер средней полосы. При этом следует отметить тенденцию смещения видового состава зоопланктонного комплекса в сторону более мелководных, мелкогабаритных видов.

Таблица 17. Общая характеристика видового состава и доминирующих видов зоопланктона оз. Чухломское (Ns – число видов; D – доминирующий вид); “*” – индекс доминирования вида >0.5; “–” – виды с индексом доминирования >0.5 отсутствуют)

Table 17. General characteristics of the species composition and dominant zooplankton species of the Lake Chukhlomskoye (Ns – number of species; D – dominant species); “*” – species dominance index >0.5; “–” – species with a dominance index >0.5 are absent)

Годы / Years Группы. Виды Groups. Species	2004		2008		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	Ns	D	Ns	D	Ns	D	Ns	D	Ns	D	Ns	D	Ns	D	Ns	D	Ns	D	Ns	D
Коловратки	5	–	4	–	11	–	5	–	2	–	13	–	7	–	8	–	9	–	7	–
Rotifers																				
<i>Euchlanis dilatata</i>	–	–	–	*	–	–	–	–	–	–	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Synchaeta perctinata</i>	–	–	–	–	–	–	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Asplanchna priodonta</i>	–	–	–	–	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Kellikottia longispina</i>	–	–	–	–	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ветвистоусые	8	–	4	–	5	–	12	–	2	–	7	–	9	–	8	–	9	–	8	–
Cladocera																				
<i>Bosmina longirostris</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	*	–	*	–	–
<i>Chydorus sphaericus</i>	–	*	–	–	–	*	–	–	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Daphnia cucullata</i>	–	*	–	–	–	–	–	*	–	–	–	*	–	*	–	–	–	–	–	–
<i>Daphnia hyalina</i>	–	–	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Daphnia cristata</i>	–	–	–	–	–	–	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	*
<i>Sida cristallina</i>	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Веслоногие	4	–	2	–	1	–	5	–	2	–	6	–	4	–	3	–	5	–	3	–
Copepods																				
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	–	*	–	–	*	–	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	*	–	–
<i>Thermocyclops oithonoides</i>	–	–	–	–	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	*
Итого / Total	17		10		17		22		6		26		20		19		23		18	

Примечание [ПВ4]: Расшифровать обозначения: знак астриска, пустые ячейки?

В различные годы в оз. Чухломское отмечалось от 6 до 26 видов. Преобладающие группы как по численности, так и по биомассе менялись в разные годы, что свидетельствует об общей нестабильности состояния зоопланк-

тонного комплекса в озере (табл. 18). То же можно сказать и о доминирующих видах, которые меняются на протяжении всего периода исследования.

Таблица 18. Многолетние количественные показатели зоопланктона оз. Чухломское (N – численность, тыс. экз/м³; B – биомасса, г/м³; “–” – нет данных)

Table 18. Long-term quantitative indicators of zooplankton of the Lake Chukhlomskoye (N – abundance, thousand ind./m³; B – biomass, g/m³; “–” – no data)

Год Year	2004		2008		2012		2013		2014	
Вид Species	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
<i>Коловратки</i> <i>Rotifers</i>	–	–	–	–	–	–	7.10	0.02	0.62	0.01
<i>Веслестоусые</i> <i>Cladocera</i>	–	–	–	–	–	–	18.10	0.31	4.40	0.42
<i>Веслоногие</i> <i>Copepods</i>	–	–	–	–	–	–	27.60	0.59	0.97	0.08
Общая: Total:	83.8	1.20	16.20	0.61	163.10	4.70	52.80	0.00	5.99	0.51
Год Year	2015		2016		2017		2018		2019	
Вид Species	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
<i>Коловратки</i> <i>Rotifers</i>	122.60	1.62	1.30	0.00	30.10	0.61	71.80	0.82	16.72	0.21
<i>Веслестоусые</i> <i>Cladocera</i>	42.80	0.36	114.80	1.35	35.40	0.59	73.60	0.68	29.49	0.45
<i>Веслоногие</i> <i>Copepods</i>	94.20	0.21	32.50	0.17	36.70	0.77	77.90	1.46	31.89	0.78
Общая: Total:	259.60	2.19	148.60	1.52	102.20	1.97	223.30	2.96	78.10	1.44

Количественные показатели колеблются в широких пределах, однако чаще всего находятся на уровне средне- или высокотрофных, в отдельные промежутки времени достигая крайне высоких показателей (<10 г/м³). То же относится и к уровню сапробности (свидетельствующем об α-мезосапробном статусе водоема) и величинам индекса Шеннона (не превышающим 2.0 бит/экз.).

Вывод о высоком трофическом статусе водоема подтверждается характером сезонных изменений количественных показателей – с двумя подъемами в начале и конце сезона открытой воды.

Таким образом, несмотря на то, что сезонные количественные показатели свидетельствуют в пользу среднего трофического статуса водоема, оценить его статус как мезотрофный нельзя. Это связано, в первую очередь, с тем, что численность и биомасса зоопланктона крайне нестабильны и подвержены резким колебаниям.

В целом, на основании анализа многолетних характеристик зоопланктона озера можно

говорить о следующих его особенностях: видовой состав, преобладающие виды и структурные характеристики позволяют оценить озеро как эвтрофное, находящееся на стадии продолжающегося интенсивного эвтрофирования. Можно с уверенностью предположить, что этот процесс продолжится и в дальнейшем.

Бентофауна. За годы исследований с 2009 по 2019 гг. в зоне открытых грунтов оз. Чухломское выявлен 31 таксон донных макробеспозвоночных, из них 12 – личинок хирономид, 6 – моллюсков (отмечены в основном по пустым раковинам), 4 – олигохет; 3 – личинок цератопогонид, 2 – личинок хаоборид; пиявки, ракообразные и личинки поденок включали по одному таксону (приложение).

Донные сообщества, практически на всех исследуемых станциях водоема, в разные сезоны характеризовались значительным сходством и однообразием, и состояли, в основном, из личинок хирономид и олигохет сем. Tubificidae. В многолетние периоды наблюдений (2009–2014 гг. и 2015–2019 гг.) число таксонов бентосных организмов на 80–90% станций ко-

лебалось от 1 до 3, либо организмы отсутствовали. По частоте встречаемости доминировали личинки *Chironomus f. l. plumosus* L. (62–83%) и олигохета *Potamothenis hammoniensis* Michaelson (33–48%), в последний период в бентосе увеличилась встречаемость личинок хаоборуса *Chaoborus flavicans* Meigen (с 5 до 30%) – обитателей стоячих водоемов, свойственных биотопам с сильным дефицитом кислорода в придонных слоях воды. Живые моллюски практически отсутствовали, по их единичным фрагментам раковин были отмечены р. *Viviparus*, р. *Cincinna*, р. *Anisus*, семейство Sphaeriidae; периодически встречались створки *Anodonta zellensis* (Gmelin).

Интересна находка в районе стока озера (р. Векса) волжской гаммариды *Stenogammarus dzjubani* Mordukhay-Boltovskoy et Ljakhov, обнаруженной осенью 2015 г. в количестве 5 эк-

земпляр, вероятно проникшей в водоем из Горьковского водохранилища через речную систему.

В количественном отношении бентофауна озера имела достаточно высокий уровень развития. В исследуемые нами периоды среднемноголетние показатели численности и биомассы донных организмов находились в пределе 1646–1150 экз./м² и 19.5–14.3 г/м², биомасса соответствовала, согласно классификации С. П. Китаева [2007 (Kitaev, 2007)], уровню в α -эвтрофных водоемах (повышенной кормности для бентосоядных рыб), ее основу создавали крупные личинки р. *Chironomus* (80–90%). Предыдущий период характеризовался высокой численностью хирономид (табл. 19), за счет которых уровень биомассы был несколько выше последних лет.

Таблица 19. Среднемноголетняя количественная характеристика макрозообентоса оз. Чухломское (N – численность, экз./м²; B – биомасса, г/м²)

Table 19. Long-term average quantitative characteristic of macrozoobenthos of the Lake Chukhlomskoye (N – abundance, ind./m²; B – biomass, g/m²)

Группы животных Animal groups	2009–2014 гг.				2015–2019 гг.			
	N		B		N		B	
	экз./м ² ind./m ²	%	г/м ² g/m ²	%	экз./м ² ind./m ²	%	г/м ² g/m ²	%
Олигохеты Oligochaetes	148	9.1	0.18	0.9	718	62.1	1.10	7.7
Хирономиды Chironomids	1409	85.6	19.08	98.0	367	32.2	13.05	91
Прочие Other	88	5.3	0.20	1.1	66	5.7	0.18	1.3
Всего / Total	1646	100.0	19.46	100.0	1150	100.0	14.33	100.0
Трофический статус Trophic status	α -эвтрофный (повышенной кормности)				α -эвтрофный (повышенной кормности)			
Общее число таксонов Total number of taxa	26				19			
Индекс Шеннона экз./бит / г/бит Shannon Index ind./bit / g / bit	0.75 / 0.35				0.55 / 0.20			
Индекс сапробности, зона сапробности, класс качества Saprobity index, saprobity zone, quality class	2.71, α -мезосапробная (IV класс качества)				2.74, α -мезосапробная (IV класс качества)			

Значения индекса сапробности придонного слоя воды в озере, по развитию макрозообентоса, в оба периода наблюдений, соответствовали α -мезосапробной зоне (2.71–2.74), что характеризовало водоем как загрязненный (IV класс качества).

Таким образом, донные сообщества в оз. Чухломское в период исследований с 2009 по 2019 гг. во все сезоны характеризовались значительным сходством и однообразием, и состояли, в основном, из личинок хирономид и олигохет сем. Tubificidae. Наиболее широко распространены личинки *Ch. f. l. plumosus* и олигохета *P. hammoniensis*, в послед-

ние годы в бентосе существенно увеличилась частота встречаемости личинок *Ch. flavicans* – показателей стоячих водоемов.

Среднемноголетние значения биомассы бентоса соответствовали уровню в α -эвтрофных водоемах (повышенной кормности для бентосоядных рыб), ее основу, в разные периоды наблюдений, создавали крупные личинки хирономид р. *Chironomus*.

Показатели сапробиологического индекса, по развитию макрозообентоса, соответствовали α -мезосапробной зоне, что характеризовало водоем как загрязненный.

Рыбное население. Чухломское озеро, наряду с Галичским, издревле было одним из важнейших рыбопромысловых водоемов Костромской области. Ранее в 1930–1980-х годах в Чухломском озере уловы рыбы составляли ежегодно 150–300 т ежегодно (максимально – 393 т в 1938 г.), из них 40–80% составляла рыбная “мелочь”. Остальные 20–60% приходилось на щуку, карася, язя, линя, леща и карпа. Особенностью озера с давних пор был крупный чухломской карась – в отдельные годы вылов его составлял более 100 т (60% уловов). Значительную часть уловов занимала щука – до 70 т (10–50%). Основная добыча данных видов происходила летом неводами и существовала до начала 1990-х гг. В зимнее время промысел велся так называемыми “ловами”. Для этого на втекающих в озеро речках создавались плотинки, перетекая через которые вода падает, создавая в данном месте улучшение кислородного режима, на которое и скапливается заморная рыба. Выборка ее производилась сачками. В основном это были 1–3-летки плотвы, окуня, ерша.

Первое резкое снижение уловов карася отмечается Ковальским Н. Г. [2005 (Koval'skiy, 2005)] с 1963 по 1967 гг. Этот период совпадает со временем постройки плотины на р. Векса, что подтверждает версию об искусственно вызываемых заморах на водоеме. Летом 1992 г. в жаркую погоду (июль–август), по словам очевидцев, был произведен длительный спуск воды для отлова рыбы. После этого произошла вторая массовая гибель карася на Чухломском озере и с 1993 г. был введен запрет на вылов данного вида рыб.

С середины 1990-х годов основу сетных уловов составляли плотва, окунь и щука, но основную статью добычи давали все те же “лова”. Видовой состав был представлен “мелочью” – молодью плотвы, окуня, ерша и верховкой. Общее количество добываемой рыбы к началу 2000-х гг. снизилось до 6 т.

С 2004 по 2014 гг. промышленный лов на Чухломском озере отсутствовал. За это время в структуре рыбного населения и, соответственно, видового состава промысла произошли существенные изменения. Так экологическую нишу золотого карася занял лещ, который до 2009 года встречался единично в виде прилова.

После возобновления промысла в 2014 г. вылов рыбы достиг 50–60 т. Основу уловов составляют лещ (24–40 т) и щука (17–23 т). Добыча проводится крупнейшими сетями (60–80 мм). Следует отметить, что промысел направлен исключительно на лов этих двух

видов (освоение ОДУ достигает 95%). Виды рекомендованного вылова (РВ) (плотва, окунь) практически не отлавливаются. Освоение РВ находится на уровне 1–%.

Всего за период ихтиологических исследований в 2009–18 гг. озера Чухломское насчитывается 12 видов рыб, относящихся к 4 семействам (табл. 20). Единично встречены линь и сазан, а язь и налим, по опросным данным, встречаются в притоках, исследования на которых не проводились. В литературных источниках отмечена поимка карася серебряного [Ковальский, 2005 (Koval'skiy, 2005)].

Таблица 20. Видовой состав ихтиофауны оз. Чухломское за период исследований 2005–18 гг.

Table 20. Species composition of ichthyofauna of the Lake Chukhlomskoye for the period 2005–18

сем. Щуковые Esocidae	
1	Щука (<i>Esox lucius L.</i>)
сем. Карповые Cyprinidae	
2	Верховка (<i>Leucaspis delineatus Heck.</i>)
3	Карась обыкновенный (<i>Carassius carassius L.</i>)
4	Карась серебряный (<i>Carassius auratus gibelio (Bloch, 1782)**</i>)
5	Лещ (<i>Abramis brama L.</i>)
6	Линь (<i>Tinca tinca L.</i>)
7	Плотва (<i>Rutilus rutilus L.</i>)
8	Сазан (<i>Cyprinus carpio L.</i>)
9	Язь (<i>Leuciscus idus L.*</i>)
сем. Окуневые Percidae	
10	Ерш (<i>Gimnocephalus cernua L.</i>)
11	Окунь (<i>Perca fluviatilis L.</i>)
сем. Тресковые Gadidae	
12	Налим (<i>Lota lota L.*</i>)

Примечание. “*” – по опросным данным; “**” – по данным Ковальского Н.Г. [2005 (Koval'skiy, 2005)].

Note. “*” – according to survey data; “**” – according to Koval'skiy N.G. [2005].

Интересен тот факт, что два современных доминирующих в Чухломском озере вида (лещ и плотва) в свое время были акклиматизированы в 1930-х гг. [Веселов, 1958 (Veselov, 1958)].

Плотва заселена с 1 октября 1938 года в количестве 2001 экземпляр, а лещ в Чухломское озеро впервые выпущен в 1938 году. На 1 октября 1938 года выпущено 1076 экземпляров леща, а в 1939 г. – 1030 особей. Кроме них искусственно вселялся линь – был выпущен в 1933–1940 годах в количестве 3729 особей. В настоящее время данный вид встречается единично.

Лещ, по сведениям бывших сотрудников рыбоохраны, впервые был отмечен на нересте в 2000 г. В научно-исследовательских уловах, проводимых с 2005 г., впервые был отмечен в 2009 г. Таким образом, за последнее десятилетие

тие данный вид из редкого превратился в доминирующий. Этому способствовала высокая кормовая база за счет обилия мотыля и отсутствие сильных заморозов в последние годы (гидроузел обеспечивает оптимальные условия).

В целом за весь период исследований, как по численности, так и по биомассе доминирует плотва, занимая более 80% по численности и более 60% по биомассе (табл. 21, рис. 8).

Таблица 21. Структура рыбного населения оз. Чухломское по данным сетных уловов 2009–2019 гг.

Table 21. The structure of fish population of the Lake Chukhlomskoeye according to net catches 2009–2019

Годы / years	Ерш / Ruffe	Карась / Crucian	Лещ / Bream	Окунь / Perch	Плотва / Roach	Щука / Pike
Индексы численности, экз./сеть Abundance indices, individuals/net						
2009–12	3.6	0.6	0.5	41.2	211.3	0.6
2013–18	3.6	0.8	8.0	22.2	213.3	1.7
Индексы биомассы, кг/сеть Biomass indices, kg/net						
2009–12	0.1	0.3	0.1	1.7	8.3	0.3
2013–18	0.2	0.2	4.7	1.7	12.6	1.4

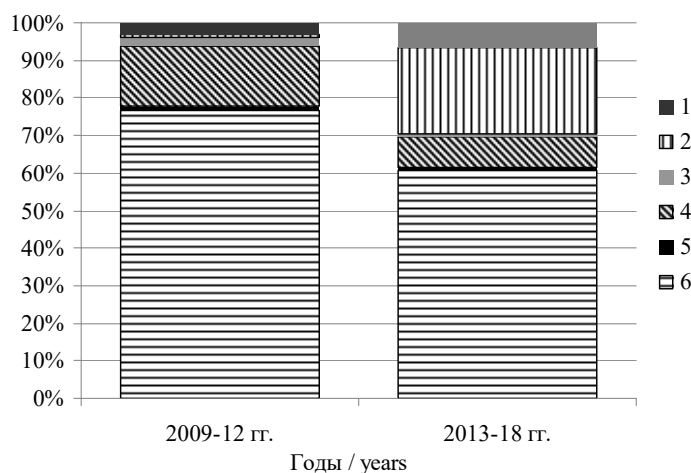


Рис. 8. Структура рыбного населения оз. Чухломское по индексам биомассы в 2009-2018 гг.: 1 – щука, 2 – лещ, 3 – карась, 4 – окунь, 5 – ерш, 6 – плотва.

Fig. 8. Fish population structure of the Lake Chukhlomskoeye by biomass indices in 2009-2018: 1 – Pike, 2 – Bream, 3 – Crucian, 4 – Perch, 5 – Ruffe, 6 – Roach.

На фоне постоянства показателей численности и биомассы 4 видов рыб, выделяется увеличение роли в сообществе щуки и, особенно, леща. Так если для щуки увеличение индексов относительно периода 2009–12 гг. произошло в 3–4 раза, то для леща в 16 раз по численности и в 47 раз – по биомассе. В целом, такие изменения объясняются доступностью кормовой базы для вида, например, такие как значительное количество мелкого частика (плотва, верховка) для щуки и запасы кормового бентоса (хинономид) для леща.

Расчет ихтиомассы на Чухломском озере проводился на основе продукционных свойств данного водоема, из-за физической невозможности проведения эффективных съемок активными орудиями лова. По среднегодовым показателям содержания хлорофилла “а” был определен трофический статус озера, как эвтрофный с признаками гипертрофии. Для озера данного типа ихтиомасса составляет 176.5 кг/га [Руденко, 2014, 2015 (Rudenko, 2014)].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследований установлено, что уточненные с помощью ГИС-технологий площади Галичского и Чухломского озер состав-

ляют в вегетационный период соответственно 7124.3±57.5 и 4862.7±14.7 га.

Галичское и Чухломское озера Костромской области являются высокопродуктивными водоемами и по концентрации хлорофилла “а” имеют β-эвтрофный статус, по количественным показателям развития фитопланктона соответствуют высокоэвтрофному уровню. По количественному развитию зоопланктона Галичское озеро – малокормный водоем (0.37 г/м³), Чухломское – средnekормный (2.12 г/м³). По количественным характеристи-

кам зообентоса Галичское озеро относится к средnekормным водоемам, Чухломское – повышенной кормности. По индикаторным видам зообентоса вода обоих озер классифицируется как α-мезосапробная зона, загрязненная (IV класс качества).

Видовое богатство рыб на Галичском озере – 16 видов, на Чухломском озере – 12 видов, ихтиомасса соответственно – 221.9 и 176.5 кг/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоздат, 1970. С. 120–121.
- Баранов И.В. Основы биопродукционной гидрохимии. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 112 с.
- Баранов И.В., Терешин А.Б. Гидрохимический режим Галичского и Чухломского озер (Костромская обл.) по результатам исследований 1979 г. // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ, 1981. Вып. 164. С. 58–67.
- Буллон В.В. Зависимость рыбопродуктивности водоемов от первичной продукции // Методы изучения состояния кормовой базы рыбохозяйственных водоемов. Л.: Промрыбвод. 1983. С. 3–11.
- Вальмус С.Г., Правдин И.Ф. Материалы по обследованию Галичского озера. // Труды Галичского отделения Костромского научного общества по изучению местного края. 1923. 36 с.
- Воденеева Е.Л., Кулизин П.В. Водоросли Мордовского заповедника (аннотированный список видов). М. 2019. 62 с. [Флора и фауна заповедников. Вып. 134]
- Ермолаев В.И. Фитопланктон водоемов бассейна озера Сартлан. Новосибирск: Наука. 1989. 96 с.
- Иванов А.П. Рыбоводство в естественных водоемах. М.: Агропромиздат, 1988. 367 с.
- История озер Восточно-Европейской равнины. Л.: Наука, 1992. 263 с.
- Катаев Р.К., Минин А.Е., Вандышева В.В. Динамика рыбного населения озера Галичское, его продукционные возможности и состояние в современный период // Рыбохозяйственные исследования на внутренних водоемах: Материалы II Всероссийской молодежной конференции 2016 г. СПб.: “ГосНИОРХ”, 2016. С. 120–129.
- Квасов Д.Д. Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. Л.: Наука, 1975. 278 с.
- Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 395 с.
- Ковальский Н.Г. Современное состояние популяции золотого карася *Carassius carassius* L. Чухломского озера Костромской области: Дисс. ... канд. биол. наук. Кострома. 2005. 116 с.
- Лебедев Г.Т. Чухломское озеро и его исследователи. Чухлома, 1958. 707 с.
- Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия, 1971. 376 с.
- Медников Б.М., Старобогатов Я.И. Рэндом-камера для подсчета мелких биологических объектов // Труды ВГБО. 1961. Вып. 11. С. 426–428.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л.: ГосНИОРХ, ЗИН АН СССР, 1982. 33 с.
- Минеева Н.М. Растительные пигменты в воде Волжских водохранилищ. М.: Наука, 2004. 156 с.
- ОСТ-15-372-87. Охрана природы. Гидросфера. Вода для рыбоводных хозяйств. Общие требования и нормы. М., 1988. 18 с.
- Охапкин А.Г. Структура и сукцессия фитопланктона при зарегулировании речного стока (на примере р. Волги и ее притоков): Дисс. ... докт. биол. наук. СПб, 1997. 280 с.
- Оценка современного состояния основных промысловых рыб оз. Галичского, его значение в воспроизводстве рыбных запасов Горьковского водохранилища. // Отчет НИР промежуточный. Борок: ИБВВ РАН. 1996. 66 с.
- Оценка современного состояния основных промысловых рыб оз. Галичского, его значение в воспроизводстве рыбных запасов Горьковского водохранилища. // Отчет НИР заключительный. Борок: ИБВВ РАН. 1997. 74 с.
- Печников А.С. Ихтиомасса как показатель биопродукционных возможностей озер Галичского и Чухломского. // Сб. науч. тр. “ГосНИОРХ”. 1981. Вып. 164. С. 75–83.
- Печников А.С., Терешенков И.И. Методические указания по сбору и обработке ихтиологического материала в малых озерах. Л.: “ГосНИОРХ”. 1986. 65 с.
- Постнов Д.И. Состояние популяции леща и других промысловых рыб Галичского озера Костромской области // Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. Пенза: РИО ПГСХА. 2005. С. 193–194.
- Руденко Г.П. Продукционные особенности ихтиоценозов малых и средних озер Северо-Запада и их классификация. СПб.: “ГосНИОРХ”. 2000. С. 82–83.
- Руденко Г.П. Численность рыб, ихтиомасса, продукция выживших рыб и управление рыбопродукционным процессом в пресноводных водоемах. СПб.: “ГосНИОРХ”. 2014. 106 с.

- Руденко Г.П. Способ определения общего допустимого улова рыбы и влияние интенсивного промысла на продукционные показатели популяции рыб. (методическое руководство). СПб.: "ГосНИОРХ", 2015. 34 с.
- Рыбоводно-биологические нормы для эксплуатации прудовых хозяйств. М., 1985. 54 с.
- Сечин Ю.Т. Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. М.: ВНИИПРХ, 1990. 50 с.
- Сечин Ю.Т. Биоресурсные исследования на внутренних водоемах. Калуга: "Эйдос", 2010. 204 с.
- Соловьев М.М. Проблема сапропеля в СССР. Научно-популярная литература АН СССР. Л.: Изд. АН СССР, 1932. 105 с.
- Семенова А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 541 с.
- Терещенко В.Г. Динамика разнообразия рыбного населения озер и водохранилищ России и сопредельных стран: Автореф. ... дис. докт. биол. наук. СПб, 2005. 49 с.
- Трифоновна И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. 184 с.
- Chumchal M.M., Nowlin W.H., Drenner R.W. Biomass-dependent effects of common carp on water quality in shallow ponds // *Hydrobiologia*, 2005. № 545. P. 271–277.
- Oglesby R.T. Relationships of fish yield to lake phytoplankton standing crop, production and morphoedaphic factors // *Journal of Fisheries Research Board of Canada*. 1977. Vol. 34, № 12. P. 2271–2279. doi:10.1139/f77-305
- Okhapkin A.G., Genkal S.I., Sharagina E.M., Vodeneeva E.L. Structure and dynamics of phytoplankton in the Oka river mouth at the beginning of the 21th century // *Inland Water Biology*. Vol. 7. № 4. 2014. P. 357–365.
- SCOR-UNESCO Working Group N 17. Determination of photosynthetic pigments in sea water // *Monographs on oceanographic methodology*. P.: UNESCO. 1966. P. 9-18.
- Talling J.F. An annual cycle of stratification and phytoplankton growth in Lake Victoria (East Africa) // *Intern. Revue ges. Hydrobiol.*, 1966. Vol. 51, Issue 4. P. 545-621.
- USGS Global Visualization Viewer. Доступно через: <http://landsatlook.usgs.gov/viewer.html>. 12.10.2019.

REFERENCES

- Alekin O.A. *Osnovy gidrokhimii* [Fundamentals of Hydrochemistry]. L., Gidrometeizdat, 1970, pp. 120–121. (In Russian)
- Baranov I.V. *Osnovy bioproduktsionnoy gidrokhimii* [Fundamentals of Bioproduction Hydrochemistry]. M., Legkaya i pishchevaya promyshlennost, 1982, 112 p. (In Russian)
- Baranov I.V., Tereshin A.B. Gidrokhimicheskiy rezhim Galichskogo i Chukhlomskogo ozer (Kostromskaya obl.) po rezul'tatam issledovaniy 1979 g. [Hydrochemical regime of Galichskoye and Chukhlomskoye lakes (Kostroma region) based on the results of studies in 1979]. *Sb. nauch. tr. GosNIORKH*, 1981, vol. 164, pp. 58–67. (In Russian)
- Bul'on V.V. Zavisimost' ryboproduktivnosti vodoyemov ot pervichnoy produktsii [Dependence of fish productivity of reservoirs on primary production]. *Metody izucheniya sostoyaniya kormovoy bazy rybokhozyaystvennykh vodoyemov*. L., Promrybvod, 1983, pp. 3–11. (In Russian)
- Chumchal M.M., Nowlin W.H., Drenner R.W. Biomass-dependent effects of common carp on water quality in shallow ponds. *Hydrobiologia*, 2005, no. 545, p. 271–277.
- Ermolaev V.I. *Fitoplankton vodoyemov bassejna ozera Sartlan* [Phytoplankton of reservoirs in the basin of Lake Sartlan]. Novosibirsk, Nauka, 1989, 96 p. (In Russian)
- Istoriya ozer Vostochno-Yevropeyskoy ravniny* [History of the lakes of the East European Plain]. L., Nauka, 1992, 263 p. (In Russian)
- Ivanov A.P. *Rybovodstvo v yestestvennykh vodoyemakh* [Fish farming in natural reservoirs]. M., Agropromizdat, 1988, 367 p. (In Russian)
- Katayev R.K., Minin A.Ye., Vandysheva V.V. Dinamika rybnogo naseleniya ozera Galichskoye, yego produktsionnyye vozmozhnosti i sostoyaniye v sovremenny period [Dynamics of the fish population of Lake Galichskoye, its production capabilities and state in the modern period]. *Rybokhozyay-stvennyye issledovaniya na vnutrennikh vodoyemakh: Materialy II Vserossiyskoy molodezhnoy konferentsii 2016 g.* SPb., "GosNIORH", 2016, pp. 120–129. (In Russian)
- Kitayev S.P. *Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ikhtiologov* [Fundamentals of Limnology for Hydrobiologists and Ichthyologists]. Petrozavodsk, Karelskiy nauchnyy centr RAN, 2007, 395 p. (In Russian)
- Koval'skiy N.G. Sovremennoye sostoyaniye populyatsii zolotogo karasya *Carassius carassius* L. Chukhlomskogo ozera Kostromskoy oblasti [The current state of the gold carp *Carassius carassius* L. population of Lake Chukhlomskoye, Kostroma region] *Diss. ... kand. biol. nauk*. Kostroma, 2005, 116 p. (In Russian)
- Kvasov D.D. *Pozdnechetvertichnaya istoriya krupnykh ozer i vnutrennikh morey Vostochnoy Yevropy* [Late Quaternary history of large lakes and inland seas of Eastern Europe]. L., Nauka, 1975, 278 p. (In Russian)
- Lebedev G.T. *Chukhlomskoye ozero i yego issledovateli* [Chukhlomskoye lake and its researchers]. Chukhloma, 1958, 707 p. (In Russian)
- Lur'ye Yu.Yu. *Unifitsirovannyye metody analiza vod* [Unified Methods for Water Analysis]. M.: Khimiya, 1971, 376 p. (In Russian)
- Mednikov B.M., Starobogatov YA.I. Rendom-kamera dlya podscheta melkikh biologicheskikh ob'yektov [Random camera for counting small biological objects]. *Trudy VGBO*, 1961, vol. 11, pp. 426–428.
- Metodicheskiye rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoyemakh. Zooplankton i yego produktsiya* [Methodical recommendations for the collection and

- processing of materials for hydrobiological research in freshwater reservoirs. Zooplankton and its products]. L., GosNIORKH, ZIN AN SSSR, 1982, 33 p. (In Russian)
- Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoyomov* [Methodology for studying biogeocenoses of inland water bodies]. M., Nauka, 1975, 240 p. (In Russian)
- Mineyeva N.M. *Rastitel'nyye pigmenty v vode Volzhskikh vodokhranilishch* [Plant pigments in the water of the Volga reservoirs]. M., Nauka, 2004, 156 p. (In Russian)
- Oglesby R.T. Relationships of fish yield to lake phytoplankton standing crop, production and morphoedaphic factors. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, 1977, vol. 34, no. 12, pp. 2271–2279. doi:10.1139/f77-305
- Okhapkin A.G. Struktura i suksessiya fitoplanktona pri zaregulirovani rechnogo stoka (na primere r. Volgi i yeyo pritokov) [The structure and succession of phytoplankton during regulation of river runoff (on the example of the Volga river and its tributaries)] *Diss. ... dokt. biol. nauk.* SPb., 1997, 280 p. (In Russian)
- Okhapkin A.G., Genkal S.I., Sharagina E.M., Vodeneeva E.L. Structure and dynamics of phytoplankton in the Oka river mouth at the beginning of the 21st century. *Inland Water Biology*, 2014, vol. 7, no. 4, pp. 357–365.
- OST-15-372-87. *Okhrana prirody. Gidrosfera. Voda dlya rybovodnykh khozyaystv. Obshchiye trebovaniya i normy* [Protection of Nature. Hydrosphere. Water for fish farms. General requirements and standards]. M., 1988, 18 p. (In Russian)
- Otsenka sovremennogo sostoyaniya osnovnykh promyslovykh ryb oz. Galichskogo, yego znachenie v vosproizvodstve rybnikh zapasov Gor'kovskogo vodokhranilishcha [Assessment of the current state of the main commercial fish of Lake Galichskoye, its importance in the reproduction of fish stocks of the Gorky reservoir]. *Otchet NIR promezhutochnyy*. Borok, IBVV RAN, 1996, 66 p. (In Russian)
- Otsenka sovremennogo sostoyaniya osnovnykh promyslovykh ryb oz. Galichskogo, yego znachenie v vosproizvodstve rybnikh zapasov Gor'kovskogo vodokhranilishcha [Assessment of the current state of the main commercial fish of Lake Galichskoye, its importance in the reproduction of fish stocks of the Gorky reservoir]. *Otchet NIR zaklyuchitel'nyy*. Borok, IBVV RAN, 1997, 74 p. (In Russian)
- Pechnikov A.S. Ikhtiomassa kak pokazatel' bioproduktsionnykh vozmozhnostey ozer Galichskogo i Chukhlomskogo [Ichthyomass as an indicator of bioproduction potential of Galichskoye and Chukhlomskoe lakes]. *Sb. nauch. tr. "GosNIORKH"*, 1981, vol. 164, pp. 75–83. (In Russian)
- Pechnikov A.S., Tereshenkov I.I. *Metodicheskiye ukazaniya po sboru i obrabotke ikhtiologicheskogo materiala v malyykh ozerakh* [Guidelines for the collection and processing of ichthyological material in small lakes]. L., Izd-vo "GosNIORKH", 1986, 65 p. (In Russian)
- Postnov D.I. Sostoyaniye populyatsii leshcha i drugikh promyslovykh ryb Galichskogo ozera Kostromskoy oblasti [The state of the population of bream and other commercial fish of the Galichskoye lake of the Kostroma region]. *Prirodnouresursnyy potentsial, ekologiya i ustoychivoye razvitiye regionov Rossii: sbornik materialov IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Penza, RIO PGSKHA, 2005, pp. 193–194. (In Russian)
- Rudenko G.P. *Chislennost' ryb, ikhtiomassa, produktsiya vyzhivshikh ryb i upravleniye ryboproduktsionnykh protsessov v presnovodnykh vodoyemakh* [Fish abundance, ichthyomass, surviving fish production and fish production management in freshwater bodies]. SPb., "GosNIORKH", 2014, 106 p. (In Russian)
- Rudenko G.P. *Produktsionnyye osobennosti ikhtiosenozov malyykh i srednikh ozer Severo-Zapada i ikh klassifi-katsiya* [Production features of ichthyocenoses of small and medium-sized lakes in the North-West and their classification]. SPb., "GosNIORKH", 2000, pp. 82–83. (In Russian)
- Rudenko G.P. *Sposob opredeleniya obshchego dopustimogo ulova ryby i vliyaniye intensivnogo promysla na produktsionnyye pokazateli populyatsii ryb (metodicheskoye rukovodstvo)* [Method for determining the total allowable fish catch and the influence of intensive fishing on the production indicators of the fish population (methodological guide)]. SPb., "GosNIORKH", 2015, 34 p.
- Rybovodno-biologicheskoye normy dlya ekspluatatsii prudovykh khozyaystv* [Fish culture and biological standards for the operation of pond farms]. M., 1985, 54 p. (In Russian)
- SCOR-UNESCO Working Group N 17. Determination of photosynthetic pigments in sea water. *Monographs on oceanographic methodology*. P., UNESCO, 1966, pp. 9–18.
- Sechin Yu.T. *Bioresursnyye issledovaniya na vnutrennikh vodoyemakh* [Bioresource research in inland waters]. Kaluga, "Ejdos", 2010, 204 p. (In Russian)
- Sechin Yu.T. *Metodicheskiye ukazaniya po otsenke chislennosti ryb v presnovodnykh vodoyemakh* [Guidelines for assessing the number of fish in freshwater bodies]. M., VNIIPRKH, 1990, 50 p. (In Russian)
- Semenova A.D. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu poverkhnostnykh vod sushy* [Guide to Chemical Analysis of Terrestrial Surface Waters]. L., Gidrometeoizdat, 1977, 541 p. (In Russian)
- Solov'yev M.M. *Problema sapropelya v SSSR* [The sapropel problem in the USSR]. L., Nauchno-populyarnaya literatura AN SSSR, 1932, 105 p. (In Russian)
- Talling J.F. An annual cycle of stratification and phytoplankton growth in Lake Victoria (East Africa). *Intern. Revue ges. Hydrobiol.*, 1966, vol. 51, no. 4, pp. 545–621.
- Tereshchenko V. G. Dinamika raznoobraziya rybnogo naseleniya ozer i vodokhranilishch Rossii i sopredel'nykh stran [Dynamics of the diversity of the fish population of lakes and reservoirs in Russia and neighboring countries]. *Avto-ref. ... dis. dokt. biol. nauk.* SPb., 2005, 49 p. (In Russian)
- Trifonova I.S. *Ekologiya i suksessiya ozernogo fitoplanktona* [Ecology and succession of lacustrine phytoplankton]. L., 1990, 184 p. (In Russian)

- USGS Global Visualization Viewer. 2019. Available through: <http://landsatlook.usgs.gov/viewer.html>. 12.10.2019.
- Val'mus S.G., Pravdin I.F. Materialy po obsledovaniyu Galichskogo ozera [Materials for the survey of Galich Lake]. *Trudy Galichskogo otdeleniya Kostromskogo nauchnogo obshchestva po izucheniyu mestnogo kraya*, 1923. 36 p. (In Russian)
- Vodenevaya Ye.L., Kulizin P.V. *Vodorosli Mordovskogo zapovednika (annotirovanny spisok vidov)* [Algae of the Mordovian Reserve (annotated list of species)]. M., 2019, 62 p. [Flora i fauna zapovednikov. Vyp. 134] (In Russian)

MODERN HYDROMORPHOLOGICAL, HYDROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND STATE OF FISH POPULATIONS OF LAKE GALICHSKOYE AND LAKE CHUKHLOMSKOYE IN KOSTROMA REGION

A. E. Minin, R. K. Kataev, V. V. Loginov, L. M. Minina, E. L. Vodeneva, T. V. Lavrova,
E. A. Frolova, T. V. Krivdina

*Nizhny Novgorod branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography,
603116, Nizhny Novgorod, Moskovskoye sh., 31, Russia, e-mail: nnovniro@vniro.ru*

Hydrochemical, hydrobiological and ichthyological studies of the two largest lakes in the Kostroma region - Galichskoye and Chukhlomskoye for the period 2005–19 were carried out. Current state of the fish population in comparison with previous periods was analysed. Area of water bodies was updated according to geographic information systems data for 2017–19. The collection and processing of hydrochemical and hydrobiological samples were carried out according to standard methods. The collection of ichthyological materials was carried out by conventional methods using fry drag, small-mesh seines and fixed nets. The boundaries of the lakes were digitized using Landsat satellite images. The hydrochemical indicators of both lakes are within the limits of fishery standards. The hydrochemical regime of Lake Galichskoye is stable. The rise in the water level of Lake Chukhlomskoye had a positive effect on its hydrochemical regime. It has been established that both investigated lakes are currently, as before, highly productive water bodies. According to the concentration of chlorophyll "a" they have a β -eutrophic status, according to quantitative indicators of phytoplankton development they correspond to a high eutrophic level. According to the quantitative indicators of zooplankton, Lake Galichskoye is a low-forage water body (0.37 g/m^3), and Chukhlomskoye is a medium-forage water body (2.12 g/m^3). Lake Galichskoye is medium-fodder, and Lake Chukhlomskoye is high-forage lakes for benthofagous fish. According to indicator species of zoobenthos, the water of both lakes is classified as an α -mesosaprobic zone, polluted (quality class IV).

The species richness of fish on Lake Galich – 16 species, on Lake Chukhloma – 12 species, ichthyomass – 221.9 and 176.5 kg/ha, respectively. It was noted that in the reservoirs over the past two decades, serious changes have occurred in the structure of the fish population. In both lakes, perch fish were replaced by cyprinids, which is associated with the process of eutrophication. In Galichskoye Lake, after a sharp decrease in fishing load since 2005, there has been a significant increase in the number of small-sized fish species caused a corresponding increase in stocks of predatory species (pike and pike perch). In the Lake Chukhlomskoye, the ecological niche of the crucian was occupied by the bream, which was acclimatized in the reservoir almost a century ago. It was determined that during the growing season the average area of Lake Galichskoye is 7124.3 ± 57.5 hectares, of Lake Chukhlomskoye – 4862.7 ± 14.7 hectares.

Keywords: lakes, Kostroma region, geographic information systems, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, fish population, fish biomass