

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

ОЗЁРА ЮГО-ЗАПАДА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.Г. Баянов¹, Т.В. Кривдина², В.В. Логинов²

¹*Мордовский государственный природный заповедник им. П.Г. Смидовича;
e-mail: bayanovng@mail.ru*

²*Нижегородская лаборатория ФГБНУ «ГосНИОРХ»; e-mail: gosniorh@list.ru*

Приводится описание и гидрохимическая характеристика малоизученных озёр Сосновского (Рой, Родионово), Ардатовского (Комсомольское, Чарское, Большое, Нуксенское и Чёрное) и Арзамасского (Свято) районов Нижегородской области, являющихся памятниками природы областного значения. Выявлены основные гидрофизические, гидрохимические показатели озёр, оценены качество их вод и трофический статус на настоящий момент.

Ключевые слова: карстовые озёра, Нижегородская область, газовый режим, химический состав вод, биогенные элементы, хлорофилл «а», трофический статус.

На юго-западе Нижегородской области сосредоточено достаточно большое количество озёр карстового генезиса. Они до сих пор остаются слабо изученными природными объектами, которые на протяжении длительного времени используются местным населением для различных целей. В первой половине XX века сотрудниками Окской биологической станции было уделено определённое внимание озеру Святому Дедовскому Навашинского района (Неизвестнова, Жадин, 1922). Во второй половине прошлого века его достаточно детально обследовали гидробиологи Нижегородского университета (Никитина, 1968, 1971; Лукина, Никитина, 1977). Озёра же Сосновского и Ардатовского районов изучены в меньшей степени. Известны лишь некоторые работы тех же гидробиологов (Лукина, 1970; Смирнова, Никитина, 1971).

Тем не менее, в конце XX и начале XXI столетий изучение водоёмов периодически проводилось сотрудниками различных организаций Нижнего Новгорода (Нижегородский университет им. Н.И. Лобачевского, Керженский заповедник, Нижегородская лаборатория ГосНИОРХ) в добровольном порядке, данные которых представляют значительный интерес.

Кроме этого, при паспортизации водоёмов с целью придания им статуса памятников природы, озёра были обследованы С.В. Баккой, которым существенный упор был сделан на высшую водную растительность. Значительная часть информации содержится в сводке по ООПТ Нижегородской области С.В. Бакки и Н.Ю. Киселевой (2008) и в Паспортах на памятники природы.

Определённый вклад в познание озёр вносят и местные краеведы.

Краткое описание озёр

Рассматриваемые нами водоёмы расположены в Тёше-Серёжинском карстовом районе Окско-Сурской карстовой области (Ступишин, 1967) или Серёже-Пьянском озёрно-карстовом районе (Станков, 1951).

Озеро Рой. Расположено в Сосновском районе Нижегородской области, в 7 км на юг от районного центра - пос. Сосновское (рис. 1). Озеро является Государственным памятником природы областного значения. На берегах озера расположены 4 турбазы с пляжами. Площадь водного зеркала - 24.4 га. Озеро бессточное. Вдоль большей части береговой линии по урезу воды проходит прерывистый пояс из осок и папоротника телиптериса болотного. Далее следует местами прерывающийся пояс тростника шириной 5-6 м. Пояс из кубышки желтой и кувшинки имеет ширину от 2-3 до 6-7 м. Вдоль восточного берега выражен прерывистый пояс рдеста блестящего.

В юго-восточной части озера имеется залив, в котором в поясе водных укореняющихся растений с плавающими листьями преобладает кубышка жёлтая, также встречаются кувшинка чисто-белая, рдест плавающий, ежеголовник плавающий. Под листьями этих растений или в более глубоких местах формируется пояс погруженных укореняющихся гидрофитов из рдестов пронзеннолистного и блестящего. Берег залива занимает низинное березово-ольховое болото с травостоем из осок и телиптериса.

На озере имеются три острова. По берегам восточного острова представлен чистый пояс тростника, переходящий в ассоциацию тростник обыкновенный + кубышка желтая. Второй остров полностью зарос тростником обыкновенным и окружен поясом растений из семейства нимфейных, переходящим в пояс рдеста плавающего. К югу от острова имеется пятно ассоциации горца земноводного площадью около 30 м². По берегам третьего острова растительность представлена ассоциацией камыш озерный + тростянка овсяницеvidная, по краям с примесью кубышки желтой (Бакка, Киселева, 2008).

Озера Черепеха и Подборное расположены к северо-востоку от оз. Рой в окрестностях д. Волчиха (рис. 1), входят в систему карстовых озёр (Шишовское, Подборное, Черепеха) - памятник природы регионального значения.

Озеро Родионово находится в 8.5 км на юго-запад от пос. Сосновское, имеет площадь 10.8 га. Расположено в сосновом бору на второй надпойменной террасе реки Серёжи среди дюнного мезорельефа, осложненного карстом, на толще четвертичных песчаных отложений.

Озеро бессточное, имеет неправильную форму, вытянуто в направлении с севера на юг. Береговые склоны умеренно крутые. Согласно Паспорту... (2009), глубина озера до 17.0 м. Прозрачность воды по белому диску 3-4 м. Вдоль уреза воды по берегам озера тянется пояс прибрежно-водной растительности шириной 1-2 м с преобладанием осок, местами -

двуклосточника тростниковидного. На южном берегу оз. Родионово расположена база отдыха.

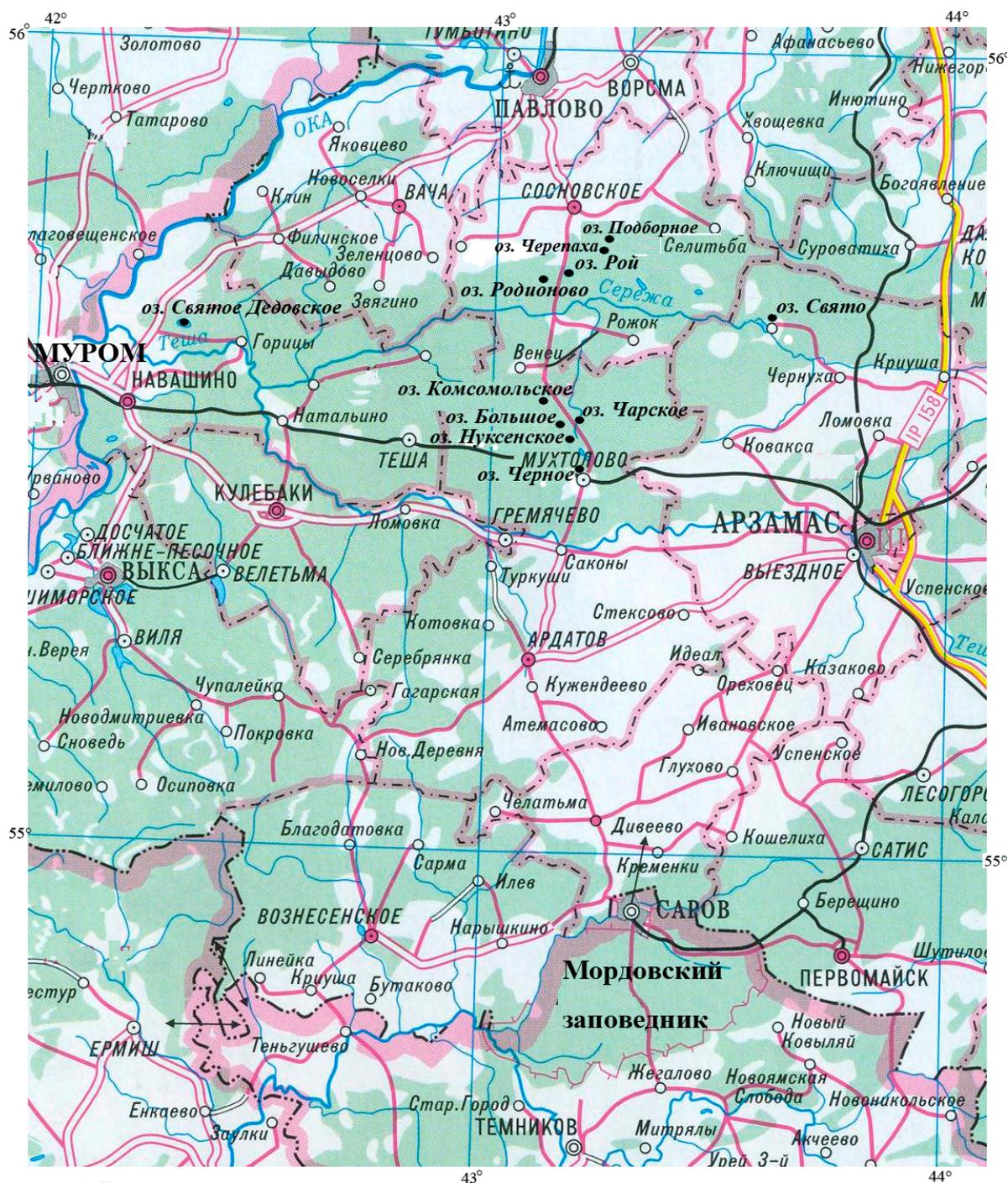


Рис. 1. Карта юго-запада Нижегородской области

Вдоль берега, а также между сплавидами и берегом, на глубине около 0.5 м встречается ассоциация тростник обыкновенный - кубышка желтая + кувшинка чисто-белая с участием сабельника болотного, кизляка кистецветного, пузырчаток обыкновенной и средней.

На глубинах 1-2 м вдоль сплавин и берега тянется прерывистый пояс нимфейных. В нём пятнами встречается ассоциация рдеста плавающего, местами единично - горец земноводный.

Сплавина озера Родионово представляет интерес как место произрастания редких видов растений, занесенных в Красную книгу Нижегородской области: морошки, росянки английской, а также редких видов мхов *Sphagnum papillosum*, *Sphagnum rubellum* и растений, характерных для северных болот, - очеретника белого, осоки топяной, шейхцерии болотной.

Мухтоловские озёра (Комсомольское, Чарское, Большое, Нуксенское, Чёрное) лежат на водоразделе р. Серёжи и р.Тёши.

Озеро Комсомольское (Пионерское) расположено в 8 км на северо-запад от р.п. Мухтолово Ардатовского района. В 1946 году на берегу Комсомольского озера был организован пионерлагерь (поэтому озеро иногда называют Пионерским). Выбор места был предпринят тем, что на берегу ещё сохранились бараки, где жили работники леса, а в войну - бригады комсомольцев на заготовке дров. В 1940-х годах лагерь каждое лето принимал 2-3 смены школьников (<http://muht.org>).

Оз. Комсомольское - живописное лесное озеро карстового происхождения вытянуто с северо-запада на юго-восток. Является комплексным памятником природы с целью охраны ценофона (представлены типичные биоценозы карстовых озёр), генофона; имеет научное (ботаническое, геологическое); водоохранное; эстетическое и рекреационное значения.

Длина озера 230 м, ширина 60-80 м, площадь - 6.4 га. Восточный берег озера высокий (4-5 м) и крутой; западный и южный берега более низкие (1-2 м) и пологие. Эти берега заняты вековыми борами. С севера к озеру примыкает небольшое переходное болото. Около восточного берега встречаются отдельные плавучие островки площадью от 0.02 до 0.10 га. Вдоль берегов озера тянется сфагновая сплавина, ширина которой колеблется от 1-2 до 35 метров (Бакка, Киселева, 2008).

Вдоль восточного и юго-восточного берегов наряду с осоковым поясом или сплавиной на глубине около 0.5 м выражен пояс тростника обыкновенного. Ширина пояса вдоль восточного берега - 2-5 м, вдоль юго-восточного - 1.0-1.5 м. Тростник обыкновенный образует ассоциации либо одновидовую, либо с участием осок вздутой и волосистоплодной. Кубышка жёлтая и рдест плавающий формируют пояс шириной 50 м вдоль северного берега и 15-20 м вдоль западного и южного берегов. Проективное покрытие каждого из этих видов - около 10%. Вдоль восточного берега встречаются отдельные небольшие пятна кубышки желтой (Бакка, Киселева, 2008).

Чарское озеро - карстовое лесное озеро, располагается в 5 км к северу от Мухтолова. Площадь 31.2 га, вытянуто с запада на восток, глубина достигает 16 м. Длина - 1300 м, максимальная ширина - 450 м. Склоны озёрной котловины пологие, береговая линия извилистая, изрезана заливами. Южные берега пологие, высотой не более 2 м, северные - крутые, более высокие. Глубина озера до 16 м, дно неровное, песчано-илистое.

Интересен гидрологический режим Чарского озера. Оно через поноры имеет связь с подземными карстовыми полостями, куда в отдельные

годы уходит значительная часть воды, и водоём заметно мелеет. Строгая периодичность этого явления отсутствует.

Через озеро протекает речка Чара (левосторонний приток р. Серёжи), которая берёт начало среди лугов и лесов севернее железнодорожной станции Балахониха. Речка впадает в озеро с восточной стороны и вытекает из него на север. Течёт р. Чара непостоянно, пересыхая в засушливые годы.

Берега оз. Чарского окаймлены узким бордюром осок, тростника и других прибрежных растений. Водную гладь у берегов украшают ярко-жёлтые цветы кубышки и розовые колоски горца земноводного. Озеро окружают старые сосновые и хвойно-широколиственные леса, поднявшиеся на древних дюнах. Здесь много карстовых провалов, самые большие достигают глубины 10 м и диаметра 20 м.

Из рыб в озере обитают щука, окунь и карась.

В период с 1963 до начала 1970-х гг. пионерлагерь, что был расположен на оз. Комсомольском, сменил свою дислокацию и обосновался на кордоне Красный Дом возле Чарского озера, где были выстроены новые дощатые домики, спортплощадки, а на озере купальни.

Озеро Большое (Пустынное) расположено в 3 км севернее пос. Мухтолово. Карстовое озеро неправильно-четырёхугольной формы, вытянуто с северо-запада на юго-восток, длина 1380 м, наибольшая ширина - 550 м, средняя ширина - 320 м, площадь водного зеркала - 44.09 га, объём воды - 2182200 м³ (<http://www.travellers.ru/city-mukhtolovo>). Абсолютная высота уреза воды в озере 144.3 м над уровнем моря. На вышеприведённом сайте и в книге С.В. Бакки и Н.В. Киселевой (2008) указана максимальная глубина оз. Большого - 21.6 м (в северной, северо-восточной и восточной частях), в то же время по другим источникам (Природа..., 1974), максимальная глубина не превышает 8 м. Прозрачность воды - 3 м. В прошлом это озеро составляло единое целое с озером Нуксенским. В настоящее время их разделяет болото. Северо-восточные и восточные береговые склоны оз. Большого высокие (до 6 м) и крутые (крутизна 10-20 градусов). Они покрыты сосновыми лесами (в основном брусничниками). С остальных сторон к озеру примыкает болото Пустынное. Со стороны болота вдоль уреза воды озера тянется сфагновая сплавина шириной около 10 м (на северо-западе - до 50 м), где представлены осоково-сфагновые и тростниково-сфагновые фитоценозы (Бакка, Киселева, 2008).

На оз. Большом имеется два крупных острова размером 150×200 м и 30×100 м. Есть и более мелкие плавучие островки. В XVIII веке на самом большом острове, посреди Большого озера, стояли церковь Изосима и Савватия и мужской монастырь, настоятелем которого был Виталий. Ещё в 1970-е годы вблизи пляжа на озере были хорошо видны остатки фундамента.

Из рыб в озере обитают щука, окунь и карась.

Озеро Большое используется местным и приезжим населением в рекреационных целях (купание, рыбалка, отдых и проведение пикников на

берегах). Периодически производится уборка территории пляжа и берегов от мусора. На оз. Большом с 1973 года располагается пионерский (в 1990-х гг. он был именован как оздоровительный) лагерь «Озёрный», для которого сооружена купальня в южной части озера. Были выстроены фундаментальные корпуса, подведена асфальтированная дорога от шоссе Мухтолово - Сосновское.

Озеро Нуксенское расположено в 2 км севернее пос. Мухтолово, имеет неправильную форму, вытянуто в направлении с северо-запада на юго-восток. Наибольшая длина - 1120 м, наибольшая ширина - 250 м, средняя ширина - 135 м, площадь водного зеркала - 15.1 га, объем воды – 662200 м³ (<http://www.travellers.ru/city-mukhtolovo>). Максимальная глубина - до 15.2 м (Бакка, Киселева, 2008), береговая линия озера сильно извилистая. Абсолютная высота уреза воды - 143.4 м Б.С.

На озере с 1912 по 1996 гг. действовала водокачка, и существовал водопровод для подачи воды на станцию Мухтолово. Из-за этого купание в оз. Нуксенском долгое время было запрещено. Объем забираемой из озера воды в начале 1980-х годов составлял 600-700 м³/сутки зимой и 1200-2200 м³/сутки летом.

С юго-запада и запада к озеру примыкает болото Пустынное. Северный и восточный берега оз. Нуксенского крутые (до 6 м высотой), песчаные. Они покрыты сосновыми лесами (в основном брусничниками). Берега в заболоченной части торфянистые. Озеро проточное. На нём имеется два острова размером 5×8 м и 30×60 м. Есть также мелкие плавающие островки (сплавнины). Вода желтоватого оттенка, мягкая, рН от 6.5 до 6.9.

На оз. Нуксенском выражен прерывистый пояс прибрежно-водной растительности шириной 1-2 м. В нём доминируют осоки, образующие кочки на топком и влажном грунте (Бакка, Киселева, 2008). Второй пояс шириной 3-6 м образуют водные растения с плавающими листьями и погруженные. В этом поясе доминирует кубышка желтая, имеющая проективное покрытие около 10%; встречаются также рдест плавающий, горец земноводный (водная форма), уруть колосистая, пузырчатка обыкновенная, водокрас лягушачий, рдест альпийский (редкий вид флоры Нижегородской области), мох дрепанокладус. В отдельных местах на сфагновых сплавинах у берега произрастают сабельник болотный, белокрыльник болотный, телиптерис болотный. Мощность сфагновой сплавины - 0.5 м. С запада и юго-запада от озера сплавина переходит в сфагновое болото переходного типа.

Из рыб в озере обитают щука, окунь, плотва, карась и верхоплавка (мест.).

Озёра Чарское, Большое и Нуксенское находятся в природном заказнике «Мухтоловский», который был создан 22 марта 1994 года на площади 9.4 тыс. га с целью сохранения типичных для Нижегородской области сосновых боров, ельников, хвойно-широколиственных лесов и болот. Заказник служит местом обитания редкого в Нижегородской области серого журавля, а также местом произрастания занесенного в Красную книгу РФ

вида грибов - рогатика пестикового и редких растений - ивы черниковидной и цинны широколистной. Болота, расположенные на территории заказника, являются клюквенными. В заказнике обитают охотничье-промысловые животные: лоси, кабаны, лисицы, зайцы, ондатры, тетерева, глухари, рябчики, утки и другие.

Озеро Чёрное расположено на северной оконечности пос. Мухтолово. Образовалось в результате заполнения водой очень крупного карстового провала, произошедшего в первом десятилетии XX века на месте соснового леса. Котловина заполнена стволами деревьев. Озеро используется местным населением как в рекреационных целях (купание), так и для бытовых нужд (полоскание белья), берега сильно захламлены. Длина озера составляет 110 м, максимальная ширина - 96 м. Площадь - 0.6 га (рис. 2).

По данным наших промеров, максимальная глубина оз. Чёрного составляет 14.6 м. В прибрежной зоне дно песчаное, покрытое опадом из листвы и хвои. Среди бентоса преобладают моллюски семейства Sphaeriidae - шаровки и горошинки. Из рыб - головешка-ротан.

Озеро Свято расположено в Пустыньском заказнике и принадлежит системе из восьми Пустыньских озёр, лежащих по руслу р. Серёжа и связанных с ним протоками, между с. Старая Пустынь и д. Меньшиково Арзамасского района. Протяженность системы с запада на восток по течению р. Серези - 6.5 км, с севера на юг - 3.6 км, общая занимаемая площадь 303.1 га. Благодаря существованию на Пустыньских озёрах биостанции Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского оз. Свято (рис. 3) является одним из наиболее хорошо изученных водоёмов Нижегородской области.

Оз. Свято расположено в стороне от русла р. Серези, к северу от оз. Великого и соединено с последним протокой. Свято имеет две глубокие воронки: в центральной и южной частях с максимальными глубинами 14.5-14.6 м. Северная часть озера мелководная и заболоченная, здесь в него впадает ручей Печенжуй. Восточная часть также характеризуется небольшими глубинами и отделено от основной части озера полуостровом. Длина оз. Свято 324 м, ширина 150 м, площадь водного зеркала составляет 21.9 га.

Основным источником водного питания озера являются ручей Печенжуй, грунтовые воды, а также атмосферные осадки. Озеро непроточно, но вода может уходить, просачиваясь через дно и карстовую щель, расположенную на юго-восточном берегу. В период половодья озеро дает сток в оз. Великое через протоку.

Каменисто-песчаный грунт в узкой полосе литорали на значительном протяжении покрыт остатками разлагающейся древесины. Котловина озера заполнена чёрными илами. Мелководные участки составляют незначительную часть акватории. Расположены они главным образом вдоль северо-западного и северного берегов, а также вдоль западного берега и протоки в оз. Великое. Площадь зарослей составляет 3.2 га. Наибольшее рас-

пространение имеют три формации: стрелолиста обыкновенного, кубышки желтой, рдеста пронзеннолистного. Преобладающая растительная ассоциация: кубышка жёлтая + горец земноводный (Старцева, 1977; Лаврова, 2000).

Из рыб в оз. Свято встречаются: лещ, карась, язь, плотва, линь, щука, ёрш, окунь, красноперка.

Далее мы приводим описание наших работ и полученные данные по морфометрии и гидрохимии вышеуказанных озёр.

Материал и методы. Работы на водоёмах производились по стандартным методикам (Богословский, 1960; Эдельштейн, 1972; Методика..., 1989).

Промеры глубин осуществлялись лотом Воронкова и эхолотом Eagle Fisheasy 245 DS по профилям.

Пробы воды отбирались батометром Рутнера (объём 1 л) с придонных и поверхностных горизонтов. Гидрохимический анализ выполнялся в лаборатории ВВУГМС, согласно руководства (Алекин и др., 1973). Непосредственно на месте определялись следующие показатели:

- температура и содержание кислорода на разных горизонтах водной толщи (термооксиметром «Марк-302Э»);
- водородный показатель - рН-метром рНер 2 (НІ 98107);
- электропроводность поверхностного и придонных слоёв (кондуктометром DIST 3);
- прозрачность по белому диску (диск Секки диаметром 20 см);
- освещённость вод разных горизонтов относительно поверхности (в %). Изменения освещённости с глубиной регистрировались погружным зондом НИРФИ (Савельев и др., 2010).

Определение хлорофилла проводили спектрофотометрическим методом (ГОСТ 17.1.04.02.90) на спектрофотометре СФ-2000. Концентрации хлорофилла *a* рассчитывали по формулам (Семина, Хромов, 1992).

Генезис, морфометрия котловин, термика и газовый режим озёр

Промеров котловин озёр Сосновского и Ардатовского районов до сих пор не проводилось. Максимальные глубины озёр по данным местных жителей составляют от 14 до 20 м. Нам удалось измерить глубины на озёрах Рой (частично), Чёрное Мухт. и оз. Свято системы Пустыньских озёр, схемы котловин двух последних мы приводим (рис. 2, 3).

Непойменные озёра юго-западной части Нижегородской области чаще всего имеют карстовый генезис, их котловины состоят из одной или нескольких воронок различной глубины. При большом количестве воронок озеро имеет сложную многолопастную форму, как, например, оз. Рой или оз. Свято. В случае одной воронки озеро простой округлой формы (оз. Чёрное). Можно предположить, что рассматриваемые карстовые озёра имеют относительно небольшой возраст. Так, происхождение озера Чёрно-

го в окрестностях пос. Мухтолово было на памяти недавних поколений местных жителей.

Закрытое положение озёр среди высокоствольных лесов и достаточно большие глубины сводят до минимума ветровое перемешивание вод и создают чёткую температурную стратификацию в течение всего сезона. Термоклин в большинстве озёр в летнее время расположен на глубинах 4-6 м, в малом по площади и наиболее защищённом от ветрового перемешивания оз. Чёрном он растянут от 2 до 6 м. Наряду с термоклином в озёрах имеется и оксиклин. В оз. Рой налицо металимниальный минимум кислорода (рис. 4), который образуется вследствие задержки в металимнионе остатков оседающего планктона и массового развития бактерий на этом субстрате. На диаграммах хорошо заметно быстрое снижение концентрации O_2 в поверхностных слоях оз. Чёрного, произошедшее в течение месяца между наблюдениями. Столь быстрое исчезновение кислорода характерно для богатых легкоокисляемым органическим веществом эвтрофных озёр.

Как и для большинства озёр, где наблюдается термическое расслоение водной толщи в безлёдный период, в озёрах Сосновского, Ардатовского и Арзамасского районов имеет место ещё и химическое расслоение (хемоклин). Наиболее четко он выражен на озёрах Нуксенское, Чёрное, Свято, менее - на оз. Рой. Выражается это прежде всего в повышенном содержании в придонных горизонтах таких элементов, как железо, кремний, росте цветности, отсутствии или крайне незначительном количестве кислорода, скоплении сероводорода (тухлый запах от воды придонных горизонтов наблюдался нами в оз. Нуксенском).

В зимний период наблюдается обратная зависимость в распределении температуры и кислорода по глубинам озёр (рис. 5). Разница между озёрами главным образом в степени насыщения поверхностных горизонтов. Так в конце зимы 2009-2010 гг. достаточно хорошо ($6-10 \text{ мг/дм}^3$) насыщенными оказались верхние слои озёр Родионово, Рой и Нуксенское (особенно первого), слабо насыщенными - оз. Комсомольского. В последнем зимний кислородный режим достаточно напряжённый, не исключены заморы в отдельные годы. Регулярные зимние заморы, по всей видимости, происходят в оз. Чёрном, из прорубленных на котором лунок исходит тухлый запах. В целом хочется отметить более хороший кислородный режим озёр Сосновского района в сравнении с мухтоловскими озёрами, что может свидетельствовать об их более низком трофическом статусе.

На рис. 6 представлены графики распределения температуры, кислорода, рН и редокс-потенциала в оз. Свято в июне 2002 г. График O_2 в оз. Свято подобен таковому температуры. В середине июня кислород отсутствует глубже 3.5 м, а на глубине 7 м окислительная обстановка в водной толще с положительной меняется на отрицательную. Изменения рН наиболее существенны в самом верхнем наиболее прогретом метровом слое воды (рис. 6). Согласно Т.В. Лавровой (2000), разброс абсолютных показателей рН в оз. Свято в течение всего вегетационного сезона был не-

значительным и ограничивался значениями 6.55-6.85 (слабокислая реакция).

В период летней стратификации и зимой в оз. Свято имеет место сероводородная зона (Лаптева и др., 1985). Поэтому в воде оз. Свято весной отмечается повышенное содержание сульфатов ($19-20 \text{ мг/дм}^3$), вызванное, очевидно, окислением после вскрытия льда сероводорода, накопившегося в гипolimнионе в подледный период. Летом количество SO_4^{2-} снижается и составляет 12 мг/дм^3 (Кузнецова и др., 2012).

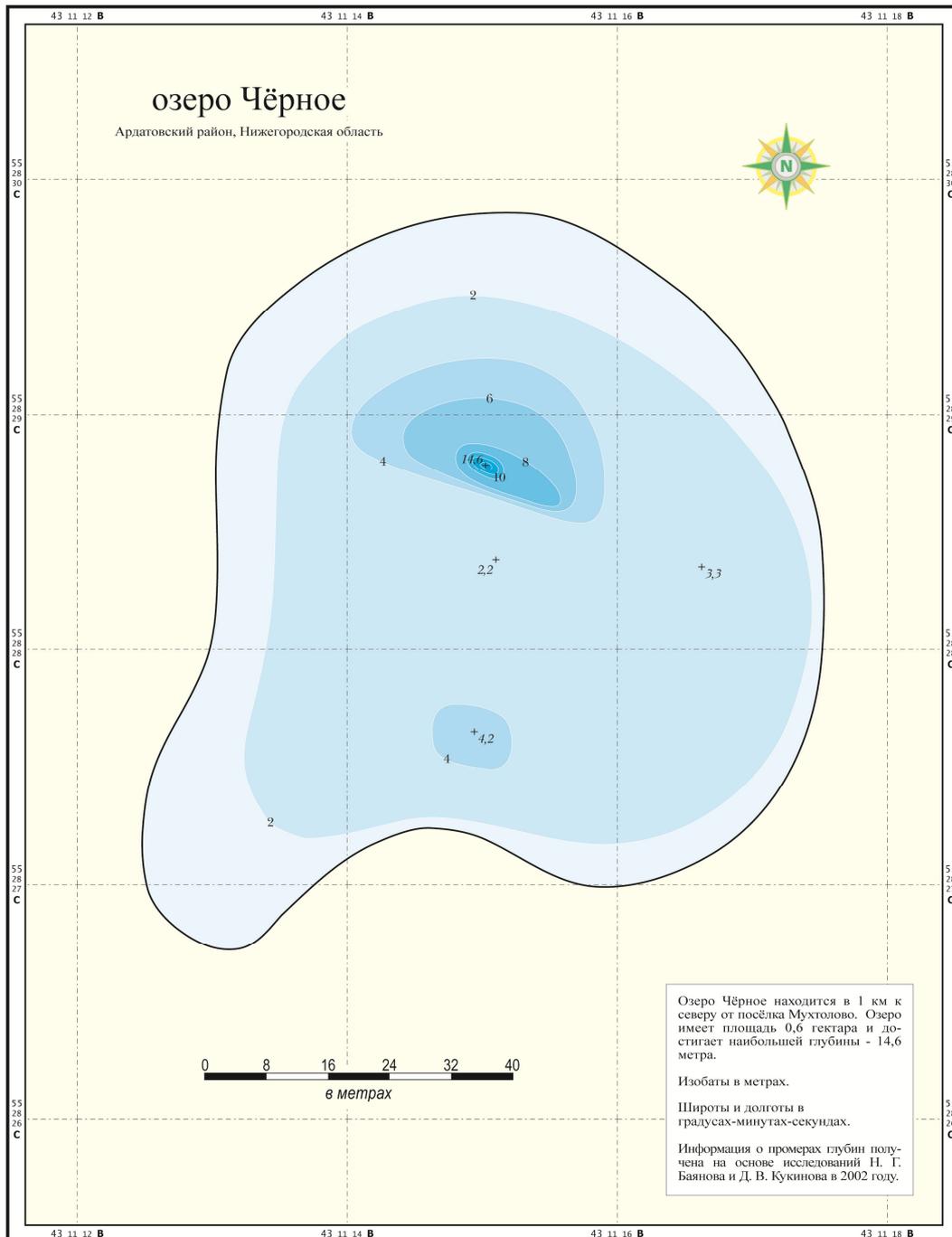


Рис. 2. Батиметрическая карта оз. Черное

Озёра Нижегородского Правобережья характеризуются нейтральными или слабокислыми водами малой и средней минерализации. Величина рН большую часть года находится в пределах 5.1-7.1. Лишь в летний период интенсивного фотосинтеза водородный показатель может подниматься выше (до 7.8 в оз. Рой, 7 июня 2009 г.).

Гидрохимия озёр

Вода озёр Рой, Родионово, Свято, Комсомольское, Чарское, Большое, Чёрное (поверхностный горизонт) очень мягкая (0.31-1.07 мг-экв/дм³). В озере Чёрное (придонный горизонт) и оз. Нуксенское (поверхностный горизонт) вода мягкая - 1.5-2.2 мг-экв/дм³. В то же время в придонном горизонте оз. Нуксенское вода очень жёсткая 11.3 мг-экв/дм³, что, вполне вероятно, вызвано поступлением и погружением в нижние слои высокоминерализованных вод из скважин¹. Минерализация всех обследованных озёр малая (табл. 1), за исключением придонного горизонта оз. Нуксенское (544.8 мг/дм³). Самые низкие величины минерализации и электропроводности воды характерны для озёр, где зафиксирована очень низкая жёсткость (Большое, Комсомольское). Жёсткость вод придонных горизонтов, как правило, несколько выше, нежели поверхностных.

Особенно маломинерализованными водами характеризуются озёра Комсомольское и Большое, суммарное содержание солей в поверхностных водах которых 18.9-19.9 мг/дм³. Большинство же других озёр имеет среднюю минерализацию вод - 86.2-159.1 мг/дм³. Величина электропроводности в диапазоне 24-183 мкСм/см. Исключение - придонные горизонты оз. Нуксенское - 682 мкСм/см (табл.1).

По классификации О.А. Алекина (1970), вода большинства озёр относится к гидрокарбонатному классу, исключением являются озёра Комсомольское, Чарское, Большое сульфатного класса. Для маломинерализованных озёр, питание которых осуществляется за счёт атмосферных осадков и поверхностно-склоновых вод, такое явление (появление вод сульфатного класса) вполне характерно (Валяшко, 1954; Посохов, 1960). Оно имеет место и для заволжских озёр Нижегородской области (Баянов, Кривдина, 2011). Смена класса воды, как правило, связана с уменьшением концентрации гидрокарбонатов в маломинерализованных и более кислых озёрах. В таких водах вследствие более высокой концентрации водорода уменьшается степень диссоциации угольной кислоты, поэтому содержание ионов НСО_3^- может доходить даже до аналитического нуля (оз. Большое).

¹ В 2010 году в оз. Нуксенское имело место поступление высокоминерализованных вод из скважин (глубина 40 м), расположенных в непосредственной близости от озера. Электропроводность воды первой скважины - 1483 мкСм/см, второй - 1451-1480 мкСм/см. В данном случае человеком с помощью насосов была создана вертикальная восходящая циркуляция карстовых вод, и «перенос» озера Нуксенского из одной гидродинамической зоны в другую. Это могло привести к существенным изменениям в озёрной экосистеме - ухудшение качества воды (резкое повышение минерализации, доли сульфатов, возникновение и расширение сероводородной зоны), структурным изменениям в гидробиоценозах, а также во флоре и фауне гидробионтов.

Еще одной причиной уменьшения гидрокарбонатов может быть переход водорослей на углеводное питание, вследствие недостатка минерального азота и фосфора (Баранов, 1982). При этом происходит метаморфизация воды и появление сульфатных и даже хлоридных вод. Кроме того для поверхностно-склоновых вод с облесённых водосборов также характерна очень малая минерализация и выраженный сульфатный характер. В таких водах содержание гидрокарбонатов резко падает (Воронков, 1956).

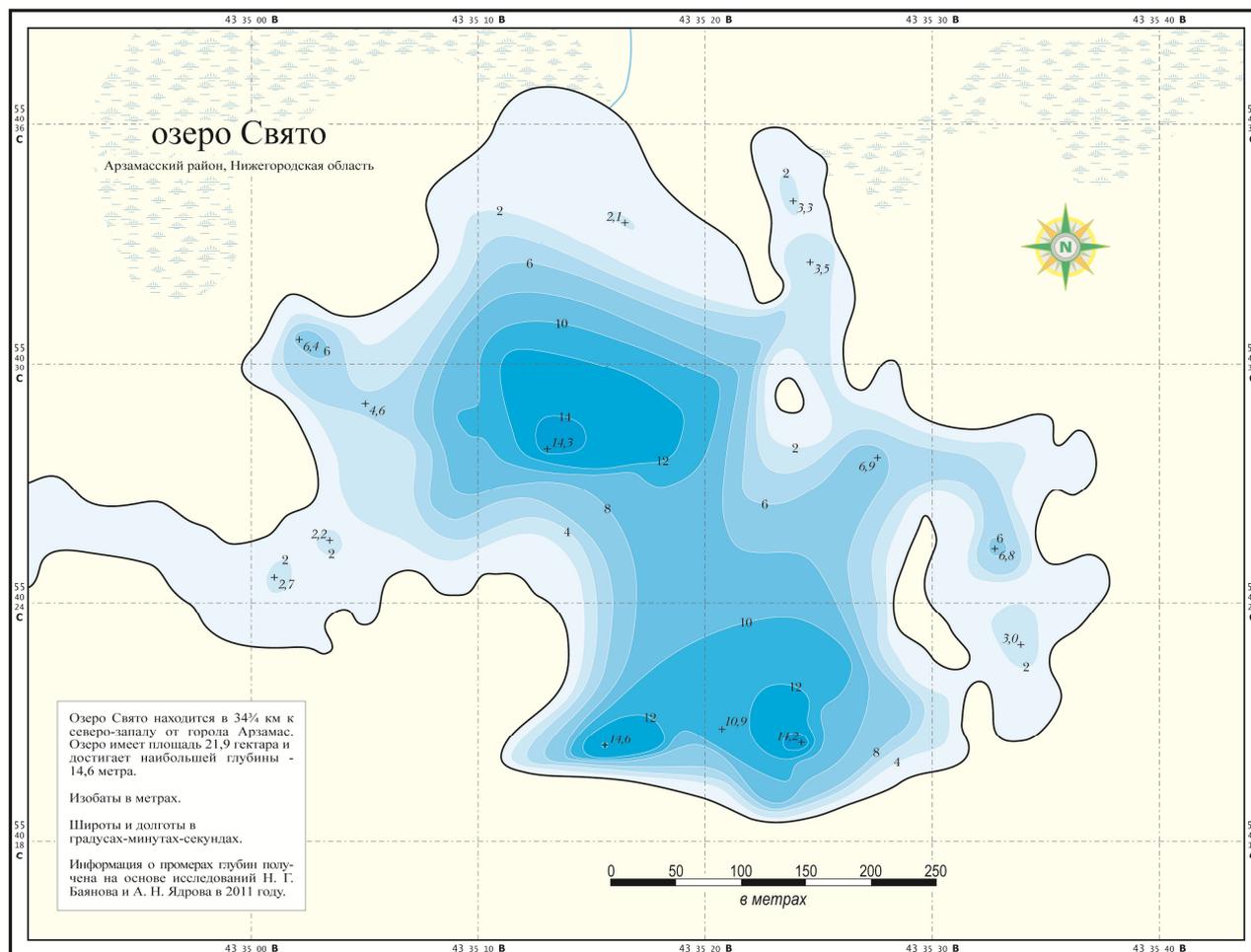


Рис. 3. Батиметрическая карта оз. Свято

Группы вод разные - кальциевые, магниевые, натриевые, что зависит от характера подстилающих пород, а также от состава вод, которые подпитывают озёра. Тип воды также меняется от I до IV.

Теперь рассмотрим классификацию озёр по Г.А. Максимовичу (1955). Вода классифицируется по первым трём преобладающим по весу (в мг/дм³) компонентам - это фация воды (гидрофация). Название даётся в порядке убывания веса ингредиентов. Гидрофации по первому преобладающему компоненту объединяются в группы (гидроформации).

Озёра Рой, Родионово, Свято относятся к гидрокарбонатной формации. Для оз. Рой характерна гидрокарбонатно-натриево-сульфатная фация, для оз.

Родионово - гидрокарбонатно-натриево-кальциевая, для оз. Свято - гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевая.

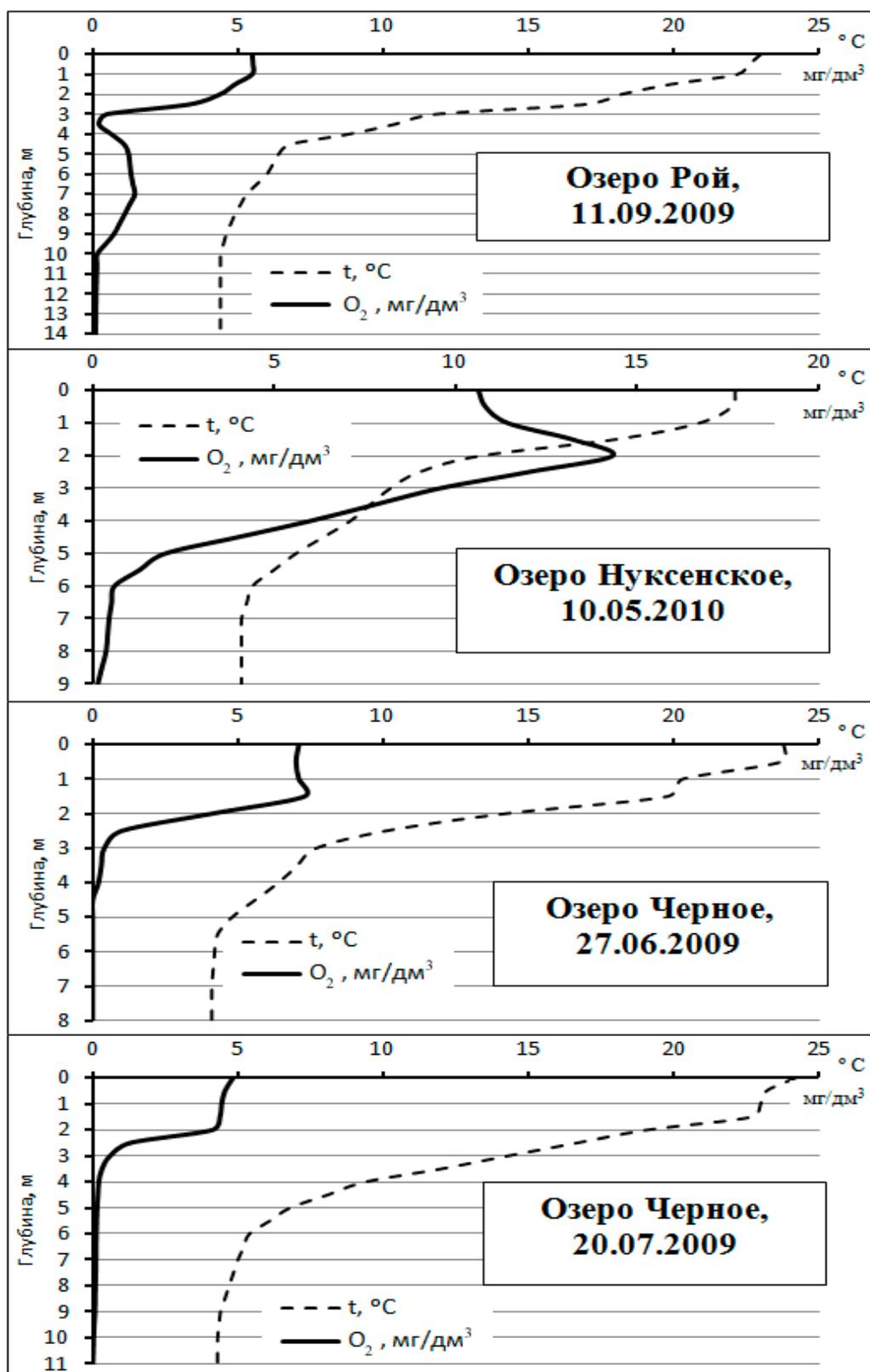


Рис. 4. Распределение температуры и кислорода в озерах в безледный период

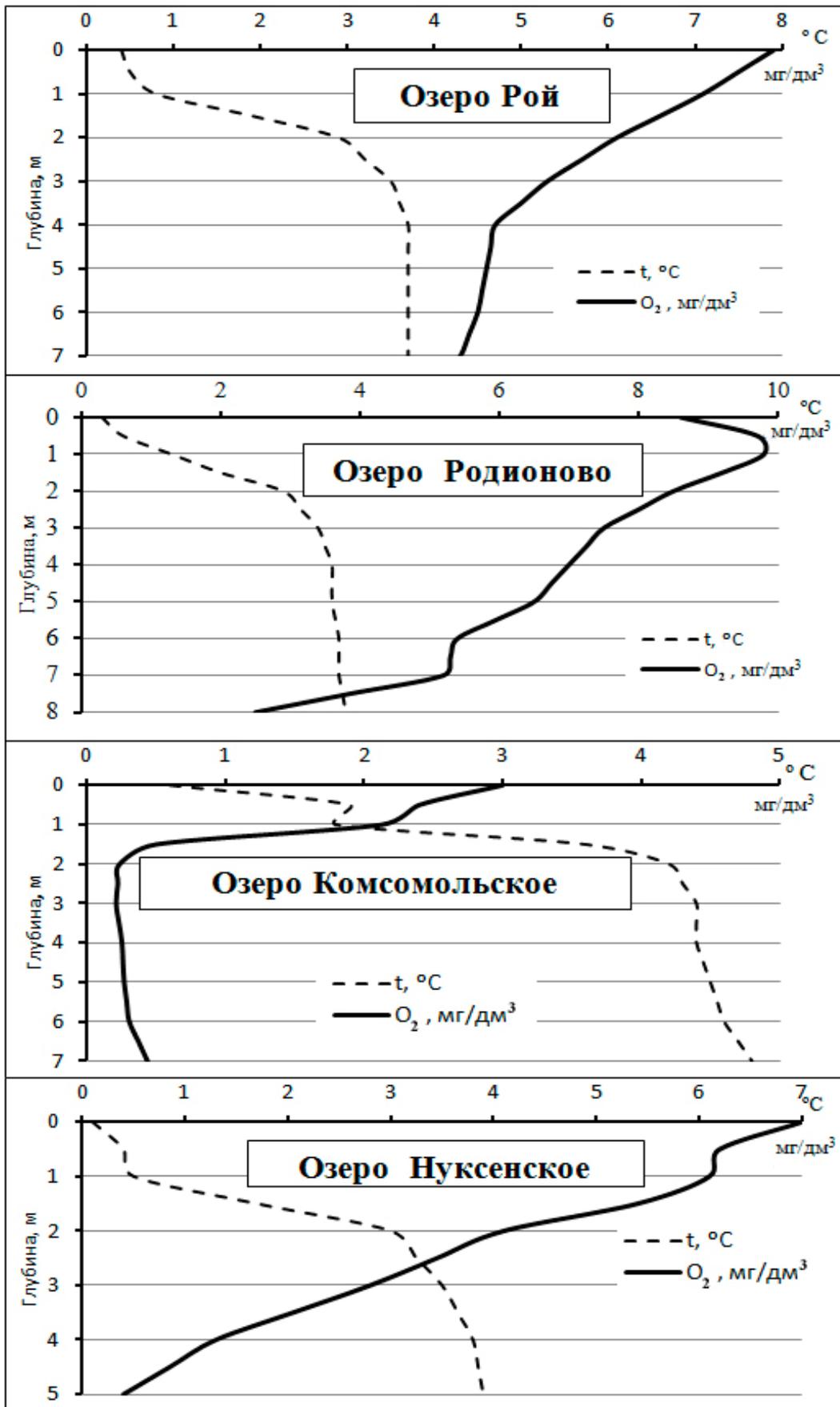


Рис. 5. Распределение температуры и кислорода в озерах в подледный период (8 марта 2010 г.)

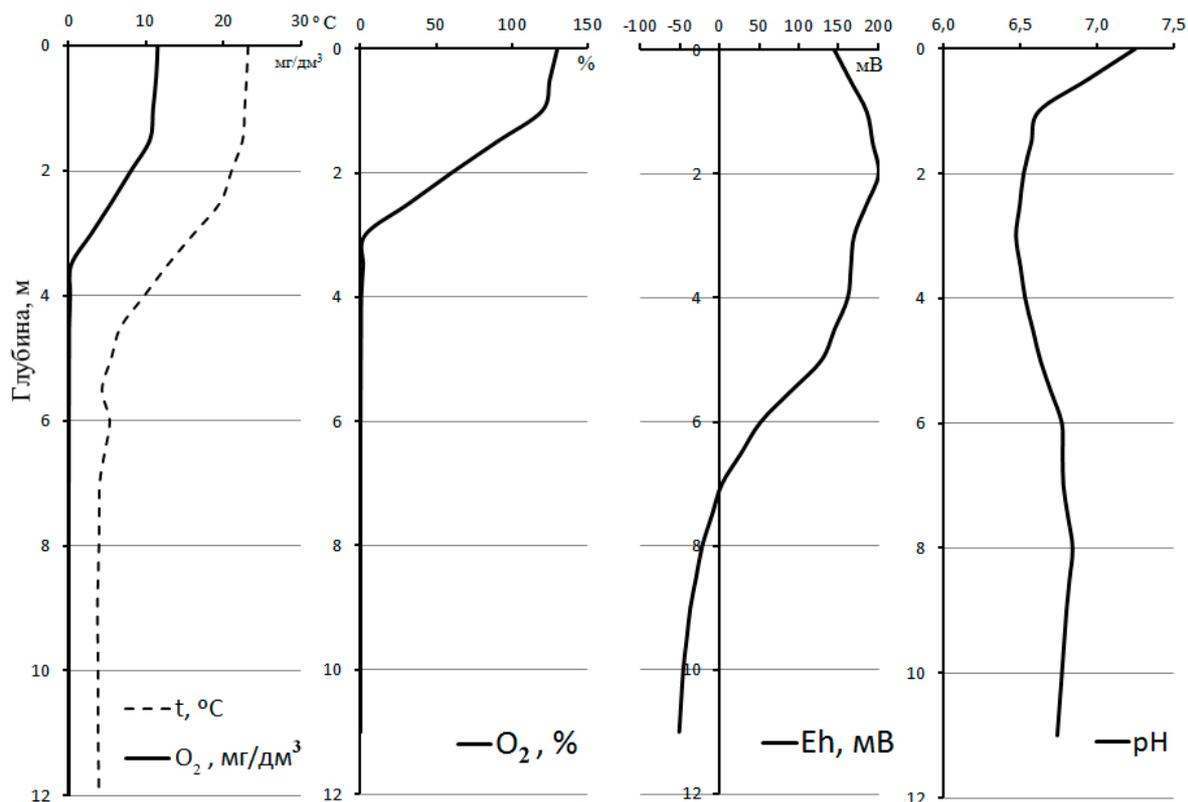


Рис. 6. Распределение температуры, кислорода, рН и редокс-потенциала (Eh) в оз. Свято 20 июля 2002 г.

Следующая группа озер, которая относится к гидрокарбонатной формации: Нуксенское и Чёрное. Для оз. Нуксенское в поверхностном, а также в придонном горизонтах характерна гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевая фация. Для оз. Чёрное (поверхностный горизонт) - гидрокарбонатно-натриево-кальциевая, а в придонном горизонте - гидрокарбонатно-кальциево-хлоридная.

Озёра Комсомольское, Чарское и Большое относятся к сульфатной формации. Для оз. Комсомольское характерна сульфатно-магниево-кальциевая фация, для оз. Чарское - сульфатно-гидрокарбонатно-натриевая, а для оз. Большое - сульфатно-кальциево-магниевая. В этих озёрах очень низкое содержание гидрокарбонатов: Комсомольское - 3.8% экв., Чарское - 17.3% экв., Большое - полное отсутствие их. Таким образом, мы видим, что обе классификации хорошо сочетаются (см. табл. 1).

В целом состав воды обследованных озёр очень разнообразен, что связано с различиями в расположении озёр, а также в источниках их питания.

На основании вышеуказанных гидрохимических показателей, а также с учётом гидрологических особенностей (наличие или отсутствие проточности и поверхностного стока, динамики уровня) исследуемые озёра можно ранжировать согласно классификации карстовых озёр по приуроченности их котловин к той или иной области движения карстовых вод (Горбунова, 1968; Максимович, 1969) следующим образом: озеро Чарское относится к типу «подвешенное озеро с подземным стоком в поглощающие поноры». Остальные

мухтоловские озёра – «подвешенные поверхностно-проточные». Все рассматриваемые озёра расположены в зоне вертикальной нисходящей циркуляции карстовых вод. Под вопросом остаются бессточные озёра Рой и Родионово Сосновского района - требуется изучение их гидрологического режима.

Таблица 1. Гидрохимическая характеристика озёр

Озеро, горизонт	Дата	pH	(Na+K), мг/дм ³	Ca, мг/дм ³	Mg, мг/дм ³	Жес. тк., мг-экв/дм ³	НС О ₃ , мг/дм ³	Cl, мг/дм ³	SO ₄ , мг/дм ³	TDS, мг/дм ³	χ, мкСм/см	Формула воды	
												(Алекин, 1970)	(Максимович, 1955)
Рой, пов.	11.07.09	6.6	26.5	10.3	3.4	0.79	82.4	3.4	20.9	146.9	119.0	$C_{I-0.15}^{Na-0.8}$	HCO ₃ -(Na+K)-SO ₄
Рой, дно	11.07.09	6.6	21.4	11.8	3.4	0.87	76.3	3.3	17.6	133.8	110.0	$C_{I-0.13}^{Na-0.87}$	HCO ₃ -(Na+K)-SO ₄
Родионово, пов.	11.07.09	6.8	37.5	3.9	1.4	0.32	106.8	0.7	2.4	152.7	99.0	$C_{I-0.15}^{Na-0.32}$	HCO ₃ -(Na+K)-Ca
Свято, пов.	15.07.09	7.0	0.0	10.4	-	0.99	35.8	5.9	12.0	69.7	85.0	$C_{IIIa-0.07}^{Ca-0.99}$	HCO ₃ -SO ₄ -Ca
Комсомольское, пов.	20.07.09	5.8	0.0	3.8	5.6	0.66	2.1	2.6	5.2	19.9	29.0	$S_{IIIa-0.02}^{Mg-0.66}$	SO ₄ -Mg-Ca
Чарское, пов.	01.08.10	6.2	8.8	8.0	6.0	0.90	26.4	6.0	31.0	86.2	61.0	$S_{II-0.09}^{Mg-0.9}$	SO ₄ -HCO ₃ -(Na+K)
Большое Мухт., пов.	20.07.09	5.2	0.0	3.8	1.8	0.34	0.0	1.0	12.3	18.9	24.0	$S_{IV-0.02}^{Ca-0.34}$	SO ₄ -Ca-Mg
Нуксенское, пов.	21.07.09	6.9	4.7	18.8	7.8	1.59	58.0	5.8	32.2	127.3	192.0	$C_{II-0.13}^{Ca-1.6}$	HCO ₃ -SO ₄ -Ca
Нуксенское, дно	21.07.09	6.8	0.0	105.4	73.1	11.36	228.8	6.6	130.9	544.8	682.0	$C_{IIIa-0.55}^{Mg-11.4}$	HCO ₃ -SO ₄ -Ca
Нуксенское, пов.	01.08.10	6.9	0.25	22.0	13.2	2.2	79.2	14.0	24.1	152.8	239.0	$C_{IIIa-0.15}^{Ca.Mg-2.2}$	HCO ₃ -SO ₄ -Ca
Чёрное Мухт., пов.	26.06.09	7.1	25.0	13.4	4.8	1.07	100.7	9.4	5.8	159.1	142.0	$C_{I-0.16}^{Na-1.1}$	HCO ₃ -(Na+K)-Ca
Чёрное Мухт., дно	20.07.09	6.8	2.8	15.8	8.7	1.52	85.4	9.7	7.3	129.7	183.0	$C_{II-0.13}^{Ca-1.5}$	HCO ₃ -Ca-Cl

Примечания:

χ - удельная электропроводность,

TDS – общая минерализация (Total Dissolved Solids)

Концентрации железа в озёрных водах в большинстве случаев невелики (табл. 2). По классификации С.П. Китаева (2007), класс концентраций, со-

ответственно, очень низкий (<0.1 мг/дм³) и низкий (0.1-0.3 мг/дм³). Только в придонном горизонте оз. Рой класс содержания железа - средний (0.383 мг/дм³), а в придонном горизонте оз. Чёрное - очень высокий (1.805 мг/дм³). В целом в большинстве озёр концентрации железа не превышают рыбохозяйственных ПДК (ОСТ 15-372-87). Лишь в придонном горизонте оз. Чёрное они повышаются до 3.6 ПДК. В большинстве случаев в тех озёрах, где содержание железа очень низкое, цветность воды также низкая (меньше или близка к 50° Pt-Co шкалы). Исключением является оз. Нуксенское (пов.) и оз. Чарское, цветность воды в этих озерах 75° и 143° соответственно. В озёрах Рой и Большое цветность достигает 85°, а в оз. Нуксенское (дно) - 178°. Вероятно, цветность воды в этих озерах в значительной степени обусловлена присутствием значительного количества гумусовых соединений. По величине цветности воды озёр Родионово, Свято, Комсомольское, Нуксенское (пов.), Чёрное (пов.) - олигомезогумозные (20°-40°) и мезогумозные (40°-80°). Воды озёр Рой, Чарское, Большое, Нуксенское (дно), Чёрное (дно) относятся к мезополигумозным (80°-160°). Цветность воды в озёрах Нуксенское (пов.), Рой (все горизонты), Большое (пов.) достигает 1.5-1.7 ПДК, в оз. Чарское (пов.) - 2.9 ПДК, в оз. Чёрное (дно) - 2.4 ПДК, в оз. Нуксенское (дно) - 3.6 ПДК.

Содержание кремния либо низкое (оз. Свято), либо очень низкое (все остальные озёра). Исключение составили придонные горизонты оз. Нуксенское, где концентрация кремния приближается к предельно допустимой. Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01, «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», кремний определён как высокоопасное вещество. Норматив его содержания в питьевой воде - до 10 мг/дм³.

Данные по прозрачности воды озёр (замеры по стандартному шрифту) указаны в таблице 2. Замеры диском Секки выявили прозрачность вод озера Чёрного - 3.0 м, оз. Нуксенское - 2.0 м, озера Рой - 1.5 м, оз. Свято - 1.6 м. Изменения освещённости разных горизонтов воды озера Чёрного показаны на рис. 7. Зависимость между параметрами: освещённость (y) и глубина (x) хорошо описывается уравнением $y = -0.0004x^2 - 0.0125x + 5.6258$, коэффициент детерминации $R^2 = 0.92$. Как видно, при прозрачности по белому диску 3 метра свет проникал до глубины чуть более 6 м.

Содержание наиболее быстро окисляемого органического вещества, судя по величине перманганатной окисляемости, в воде большинства озёр составляет 4.9-11.8 мгО₂/дм³. Более высокие величины перманганатной окисляемости зафиксированы в оз. Свято (16.0 мгО₂/дм³) и придонном слое оз. Нуксенское - 44.0 мгО₂/дм³. Необходимо отметить, что для рыбохозяйственных водоемов допустимой величиной перманганатной окисляемости является 10-15 мгО₂/дм³ (Рыбоводно-биологические..., 1985). При этом бихроматная окисляемость (ХПК) воды в большинстве озёр достигает средних величин 20.0-33.3 мгО₂/дм³. Лишь в оз. Нуксенском бихроматная

окисляемость в поверхностном горизонте значительно выше - 54.7 мгО₂/дм³ (1.8 ПДК), а около дна она увеличивается до 146.6 мгО₂/дм³ (4.9 ПДК). При этом показатель перманганатной окисляемости составляет в большинстве озёр 19.8-35.5% от бихроматной, что указывает на значительное содержание в воде озёр аллохтонного трудно окисляемого органического вещества. По-видимому, последнее поступает в озёра с поверхностно-склоновыми водами, и наибольшее их количество попадает именно в лесные озёра (опад листвы и хвои). Кроме того, в некоторых озёрах (Нуксенское, Чёрное) находится значительное количество неразложившейся древесины. Удельная цветность (Цветность/ХПК) для изучаемых озёр равна - 1.1-3.6. Более высокие значения получены для оз. Нуксенское (1.21), оз. Комсомольское (1.6), оз. Рой (2.4-2.8), оз. Большое (2.94) и оз. Чёрное (3.6). То есть для этих озёр характерно присутствие значительного количества окрашенных гумусовых соединений.

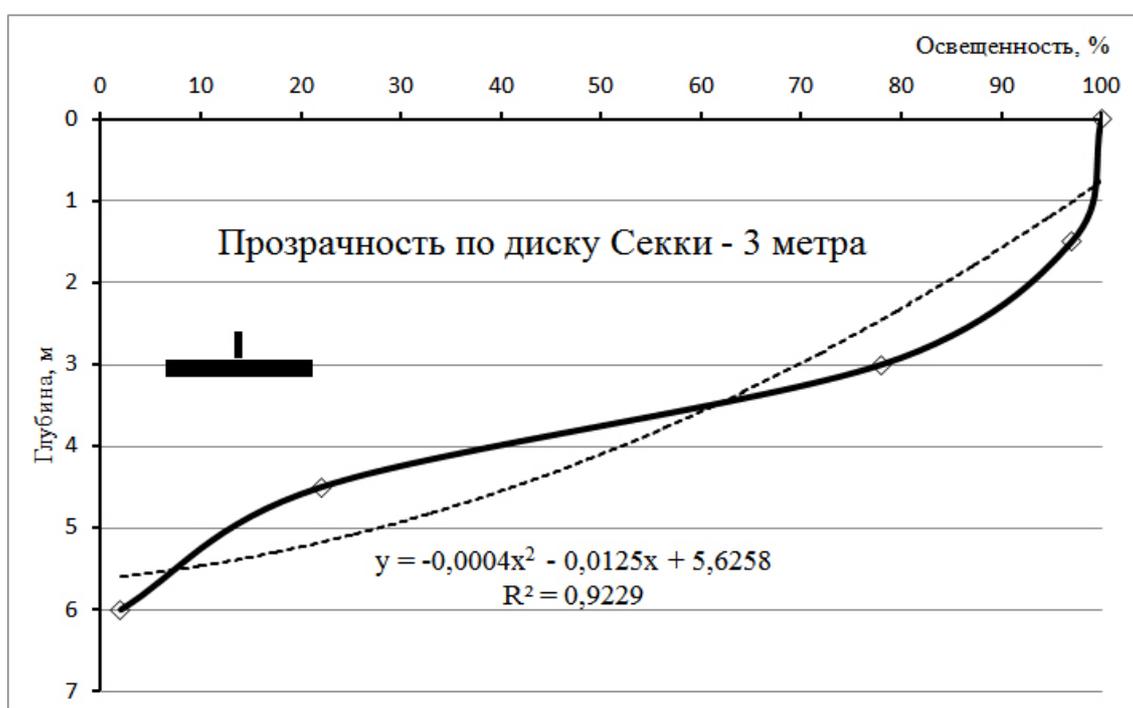


Рис. 7. Зависимость степени освещённости разных горизонтов воды оз. Чёрного от глубины (штрихом показана линия тренда)

Содержание минерального азота довольно высокое в воде оз. Чарское (1.57 мг/дм³), придонных горизонтах оз. Нуксенское (3.02 мг/дм³) и оз. Чёрное (3.08 мг/дм³). Для рыбохозяйственных водоемов допустима концентрация минерального азота до 1.0 мг/дм³ (Правила охраны..., 1991). Концентрации минерального, а также общего фосфора в воде большинства озёр очень низкие (значительно ниже ПДК=0.05 мг/дм³). Лишь в придонных горизонтах оз. Нуксенское P_{min} достигает 1.09 мг/дм³ (21.8 ПДК), и в придонном горизонте оз. Чёрное содержание минерального фосфора составляет 0.402 мг/дм³ (8 ПДК), а общего - 0.544 мг/дм³. При

этом соотношение $N_{\min}:P_{\min}$ близко к оптимальному (Баранов, 1982) только в озёрах Родионово и Свято. В озёрах Рой, Комсомольское, Большое, Нуксенское (поверхность), Чёрное (поверхность) наблюдается нехватка минерального, а также общего фосфора. В придонном горизонте оз. Нуксенское и оз. Чёрное отмечается значительное пересыщение как минеральным азотом, так и минеральным фосфором. Подобное явление свойственно мезотрофным и эвтрофным водоемам (Vollenweider, 1979).

Таблица 2. Прозрачность, цветность, содержание биогенов и окисляемость вод озёр

Озеро, горизонт	Дата	П, см	Цв, °Pt-Co	ПО, мгО ₂ /дм ³	ХПК, мгО ₂ /дм ³	N_{\min} , мг/дм ³	P_{\min} , мг/дм ³	$N_{\min}:P_{\min}$	$P_{\text{общ}}$, мг/дм ³	Si, мг/дм ³	$Fe_{\text{общ}}$, мг/дм ³	Fe^{2+} , мг/дм ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Рой, пов.	11.07.09	26	85	9.5	36.0	0.60	0.004	150	0.007	0.2	0.16	0.10
Рой, дно	11.07.09	26	85	8.2	30.7	0.65	0.000	-	0.000	1.3	0.38	0.29
Родионово, пов.	11.07.09	30	21	4.9	20.0	0.17	0.013	13.1	0.020	0.2	0.05	0.03
Свято, пов.	15.07.09	-	54	16.0	-	0.30	0.02	15.0	-	0.6	0.06	-
Комсомоль-	20.07.09	29	41	5.0	25.3	0.42	0.007	60.0	0.020	1.1	0.06	0.05
Чарское,	01.08.10	35	143	6.9	-	1.57	-	-	-	-	0.10	-
Большое	20.07.09	25	86	10.4	29.3	0.40	0.007	57.1	0.074	1.4	0.21	0.11
Нуксенское	21.07.09	30	53	11.8	54.7	0.32	0.008	40.0	0.046	1.0	0.08	0.08
Нуксенское	21.07.09	23	178	44.0	146.6	3.02	1.090	2.1	1.343	6.0	0.17	0.11
Нуксенское	01.08.10	22	75	5.8	-	0.81	-	-	-	-	0.04	-
Чёрное Мухт.,	26.06.09	30	21	6.4	25.3	0.59	0.003	196.7	0.025	0.2	0.08	0.01
Чёрное Мухт.,	20.07.09	23	120	11.3	33.3	3.08	0.402	7.7	0.544	1.5	1.81	1.00

Примечания:

П - прозрачность по стандартному шрифту,

Цв - цветность,

ХПК - химическое потребление кислорода.

Важным фактором для роста водорослей является соотношение одновалентных и двухвалентных катионов (Pearsall, 1922), которые отвечают

за ионный транспорт, активность ферментов и осмотическую регуляцию. Величина этого соотношения для маломинерализованных вод меньше 0.3 в эвтрофных, и больше 0.3 в олигомезотрофных водах (Корнева, 1996). В нашем случае соотношение одновалентных и двухвалентных катионов меньше 0.3 для озёр Нуксенское, Чёрное, Чарское.

Оценим трофический статус озёр на основании концентрации азота, фосфора, а также содержания хлорофилла *a* в их водах. Из-за дефицита того или иного элемента оценка трофического статуса озёр на основании содержания биогенов весьма противоречива. Со значительной уверенностью можно сказать, что в категорию олиготрофных попадает оз. Родионово с низким содержанием N_{\min} и $P_{\text{общ}}$. В то же время исходя из содержания общего фосфора к олиготрофным можно отнести и озёра Рой и Комсомольское, однако концентрация азота в их водах на уровне перехода от мезотрофии к эвтрофии. Озёра Большое, Нуксенское и Чёрное (исходя из $P_{\text{общ}}$) характеризуются как мезотрофные водоёмы, причём придонные слои озёр Нуксенское и Чёрное сильно обогащены биогенами (эвтрофные воды).

Исходя из концентрации хлорофилла *a* (табл. 3), озёра различаются по своему трофическому статусу не столь значительно. Большинство попадает в категорию мезотрофных и лишь оз. Рой и Большое относятся к α -эвтрофным (табл. 3). Заметим, что оз. Рой характеризуется хорошим кислородным режимом и низкой концентрацией биогенов, что свидетельствует, наоборот, об олиготрофно-мезотрофном статусе. И металимниальный минимум кислорода, что был отмечен нами в этом озере, - дополнительное свидетельство переходного состояния водоёма от олиготрофии к мезотрофии (Кузнецов, 1952).

Для озёр Рой, Родионово и Нуксенское приводим данные по содержанию хлорофилла на разных горизонтах в зависимости от величины прозрачности (*S*) по диску Секки (табл. 4).

Обращают на себя внимание очень высокие концентрации хлорофилла в водной толще озера Рой на глубинах соответствующих половине прозрачности по диску Секки (0.75 м) в июне, с последующим пониже-

Таблица 3. Концентрация хлорофилла «а» и трофический статус озёр (данные 2010-2011 гг.)

Озеро	Хлорофилл <i>a</i> . мкг/м ³	Трофический статус
Рой	15.6	α -эвтрофный
Родионово	7.0	β -мезотрофный
Черепаха	6.7	β -мезотрофный
Подборное	4.3	α -мезотрофный
Свято	10.5	β -мезотрофный
Чарское	4.6	α -мезотрофный
Большое Мухт.	17.8	α -эвтрофный
Нуксенское	7.4	β -мезотрофный

Таблица 4. Концентрация хлорофилла «а» и уровень трофности вод разных горизонтов озёр Рой, Родионово и Нуксенское (2010 г.)

Рой						
Месяц	май		июнь		июль	
Глубина, м	Chl <i>a</i> , мкг/дм ³	Трофность	Chl <i>a</i> , мкг/дм ³	Трофность	Chl <i>a</i> , мкг/дм ³	Трофность
0.0 (0S)	5.0	α-мезо	3.4	α-мезо	14.2	α-эв
0.75 (0.5S)			65.2	поли	28.4	β-эв
1.5 (1S)			20.7	α-эв	17.0	α-эв
3.0 (2S)			15.6	α-эв	3.2	α-мезо
Родионово						
Месяц	май			июль		
Глубина, м	Chl <i>a</i> , мкг/дм ³		Трофность		Chl <i>a</i> , мкг/дм ³	Трофность
0.0 (0S)	4		α-мезо		4.4	α-мезо
1.5 (0.5S)					14.9	α-эв
3.0 (1S)					11.8	β-мезо
4.5 (2S)					10.8	β-мезо
9.0 (3S)					7.9	β-мезо
Нуксенское						
Месяц	май		июнь		август	
Глубина, м	Chl <i>a</i> , мкг/дм ³	Трофность	Chl <i>a</i> , мкг/дм ³	Трофность	Chl <i>a</i> , мкг/дм ³	Трофность
0.0 (0S)	6.6	β-мезо	-	-	7.0	β-мезо
1.0 (0.5S)			5.7	α-мезо		
2.0 (1S)			7.6	β-мезо		
4.0 (2S)			12.6	α-эв		

Примечание:

S - величина прозрачности по диску Секки, м.

ем концентрации и более равномерным распределением пигмента в верхнем 2.5 метровом слое воды в июле 2010 г. Содержание хлорофилла *a* в водах оз. Родионово несколько ниже, чем в оз. Рой (табл. 4), и он довольно равномерно (8-14 мкг/дм³) распределён по глубинам от 1.5 м до 4.0 м. В оз. Нуксенском концентрации хлорофилла *a* ещё ниже, максимум (12.6 мкг/дм³) наблюдается на глубине удвоенной прозрачности. Данные по разным горизонтам свидетельствуют о мезотрофном статусе озёр Родионово и Нуксенское, и о переходном от мезотрофии к эвтрофии оз. Рой.

Выполненная нами оценка трофического статуса того или иного озера на основании гидрохимических показателей и содержания хлорофилла *a* весьма противоречива. С определённой долей уверенности можно утверждать лишь о нахождении озёр на стадии мезотрофии или вблизи неё. Исключение составляет оз. Чёрное, статус которого может быть определён как эвтрофный. Уточнить трофический статус помогут данные по гидробиологии озёр.

Таким образом, нам удалось выявить основные гидрофизические, гидрохимические показатели карстовых озёр юго-запада Нижегородской области, оценить качество вод и их трофический статус на настоящий момент. Не смотря на многолетнее воздействие со стороны человека и использование их в разных целях, озёра сохраняют свою первозданность и красоту. Надеемся, что включение их в число памятников природы Нижегородской области будет способствовать этому.

Авторы выражают благодарность всем добровольным помощникам, принимавшим участие в исследовательских работах: Кукинову А.В., Кукинову Д.В., Баяновой О.Н., Исаковой М.В., Даниличевой Д.А., Ядрову А.Н., Кроткову А.В.

Список литературы

- Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л., 1970. 444 с.
- Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. Л., 1973. 268 с.
- Бакка С.В., Киселева Н.Ю. Особо охраняемые природные территории Нижегородской области. Аннотированный перечень. Н. Новгород, 2008. 560 с.
- Баранов И.В. Основы биопродукционной гидрохимии. М., 1982. 110 с.
- Баянов Н.Г., Кривдина Т.В. Типология и свойства озёр Нижегородского Заволжья // Известия РАН. Серия географическая. № 5, 2011. С. 85-96.
- Богословский Б.Б. Озероведение. М., 1960. 335 с.
- Валяшко М.Г. Роль растворимости в формировании химического состава природных вод // ДАН АН СССР. 1954. Т. 99, № 4. С. 581-584.
- Горбунова К. А. Гидрогеологическая классификация карстовых озёр // Карст Урала и Предуралья. Пермь, 1968. С. 60-65.
- ГОСТ 17.1.04.02-90. ВОДА. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла *a*. М., 1990. 14 с.
- Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск, 2007. 395 с.
- Корнева Л.Г. Влияние кислотности на планктонные диатомовые водоросли в слабоминерализованных лесных озерах Северо-Запада России // Биология внутренних вод. 1996. № 1, С. 33-42.
- Кузнецов С.И. Роль микроорганизмов в круговороте веществ в озерах. М, 1952. 300 с.
- Кузнецова М.А., Баянов Н.Г., Лаврова Т.В. Концепция сукцессии в приложении к озёрным экосистемам. Сукцессия, эвтрофикация и лимногенез. Саарбрюкен, 2012. 145 с.
- Лаврова Т.В. Пространственная структура зоопланктона на акватории озёрной экосистемы: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Н. Новгород, 2000. 16 с.
- Лаптева Н.А., Дубинина Г.А., Кузнецов С.И. Микробиологическая характеристика некоторых карстовых озёр Горьковской области // Гидробиологический журнал. 1985. Т. 21, № 2. С. 61-62.
- Лукина Е.В. Геоботаническая характеристика некоторых карстовых озёр Горьковской области // Биология озёр: Тр. Всесоюз. симпоз. по основным проблемам пресноводных озёр. Т. 3. Вильнюс, 1970. С. 87-103.
- Лукина Е.В., Никитина И.Г. Охрана флоры и растительности озёр Горьковской области // Актуальные проблемы охраны природы. Иваново, 1977. С. 134-136.
- Максимович Г.А. Химическая география вод суши. М., 1955. 328 с.
- Максимович Г.А. Основы карстоведения. Т. 2. Пермь, 1969. 530 с.
- Методика комплексных полевых исследований озерных экосистем: Уч. пособие. Иркутск, 1989. 144 с.

- Неизвестнова Е.С., Жадин В.И. Отчет о деятельности Окской биологической станции в 1921 г. // Работы Окской биологической станции. 1922. Т. 2, № 1. С. 16-23.
- Никитина И.Г. Об озёрах полушникового типа в Горьковской области // Уч. зап. Горьковского ун-та. Вып. 139. Горький, 1971. С. 47-50.
- Никитина И.Г. Полушник озёрный у с. Дедово Горьковской области // Уч. зап. Горьковского ун-та. Вып. 90. Горький, 1968. С. 133-139.
- ОСТ-15-372-87. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования и нормы. М., 1988. 18 с.
- Паспорт на памятник природы регионального значения «Озеро Родионово и окружающий лесной массив». Н. Новгород, 2009. 4 с.
- Посохов Е.В. О хлоридных водах низкой минерализации // Гидрохимические материалы. Т. 3. М., 1960. С. 122-125.
- Правила охраны поверхностных вод (типовые положения). М. 1991, С. 12-15.
- Природа Горьковской области / Науч. ред. Н.В. Кузнецов. Горький. 1974. 416 с.
- Савельев В.Ю., Востоков А.В., Логинов В.В., Баянов Н.Г. Патент на полезную модель № 94335. Погружной зонд для определения гидрофизических и гидрохимических параметров воды в водоёмах // Опубликовано: 20.05.2010 Бюлл. № 14. М., 2010. С. 3.
- Смирнова А.Д., Никитина И.Г. Некоторые данные о мхах побережий днищ озёр Тёше-Серёжинского карстового района // Мат-лы 1 конф. по споровым растениям Украины (сентябрь 1969 г.). Киев, 1971. С. 299-301.
- Семин В.А., Хромов В.Н. Методика определения пигментов фитопланктона // Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. С. 164-172.
- Станков С.С. Очерки физической географии Горьковской области. Горький, 1951. 295 с.
- Старцева М.В. Распространение кубышки желтой *Nuphar lutea* (L.) Smith на Пустыньских озерах и ее лекарственное значение. Рукопись. Горький, 1977. 32 с.
- Ступишин А.В. Равнинный карст и закономерности его развития на примере Среднего Поволжья (карст древний). Казань, 1967. 291 с.
- Эдельштейн К.К. Лимнологическая практика. Методические указания. М., 1972. 156 с.
- Pearsall W.H. A suggestion as to factors influencing the distribution of free-floating vegetation // J. Ecol. 1922. Vol. 9. P. 241-253.
- Vollenweider R.A. Das Nährstoffbelastungsconzept als Grundlage für den eutrophierungsprozess stehender Gewässer und Talsperren // Ztschr. Wasser und Abwasser Forsch. 1979. V. 12, N. 2. P. 46-56.