

УДК [556.5:550.4]+627.17(470.24)

ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРНО-РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ БОРОВНО-РАЗЛИВ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК “ВАЛДАЙСКИЙ”)¹

© 2012 г. Н.Л. Фролова*, Л.Е. Ефимова*, Е.С. Повалишников*, Е.В. Терская*,
В.А. Широкова**

* Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,

** Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН

Исследованы особенности режима водных объектов озерно-речной системы Боровно-Разлив, механизм формирования стока растворенных веществ в зимний период в пределах территории национального парка “Валдайский”. Представлены результаты оценки современно гидроэкологического состояния водных объектов с учетом особых условий природо- и водопользования в этом регионе.

Введение. Исследование пространственно-временной изменчивости гидролого-гидрохимических характеристик водных объектов в пределах охраняемых территорий – важная как в научном, так и практическом отношении задача. Полученные материалы² позволяют выявить особенности водного режима рек и озер, механизм формирования стока растворенных веществ в различных природных условиях и значимость отдельных факторов их формирования. Расположение исследуемых водоемов в пределах национального парка “Валдайский”, мало подверженной в последние десятилетия антропогенному воздействию, дает также возможность получить представление о фоновых характеристиках химического состава природных вод данного региона. Не менее важна задача оценки современного гидроэкологического состояния водных объектов с учетом особых условий природо- и водопользования в этом регионе.

Объекты исследования. Уникальный природный объект – озеро Боровно – расположено в

бассейне р. Мста и находится в северной части национального парка “Валдайский” (Окуловский район Новгородской области). Это одно из самых крупных озер региона. Оно вытянуто с юга на север более чем на 9 км и имеет дугообразную форму, выпуклая часть которой обращена на юго-восток. Площадь озера составляет 10.03 км², его средняя глубина 10 м, максимальная – 25 м. Ширина колеблется от 3.5 км до 500 м. Объем озера составляет 42.12 млн м³, высота уреза воды над уровнем моря 159 м.

В озеро впадают реки Клетна, Риска, Котчинка, Гнилуха и два ручья: Горнешенский и Горский. В оз. Боровно по системе озер Разлив–Белое (водохранилище Боровновской ГЭС) – Островенко – Плотиценко поступают воды рек Верёвка и Шегринка и осуществляется сток цепочки озер Беляевское–Волосно–Легоща. Вытекает из озера река с одноименным названием – Боровна. До 1925 г. сток р. Шегринка осуществлялся в р. Мста, минуя систему Боровновских озёр. Но в связи со строительством в 1925–1927 гг. Боровновской ГЭС верховья реки были перекрыты плотиной, и вода была направлена по каналу в водохранилище гидроэлектростанции (озеро Разлив) и далее через турбины ГЭС, цепочку озёр и каналов – в озеро Боровно. В результате запруживания Шегринки земляным валом в верхнем бьефе плотины образовывалось небольшое водохранилище, из которого в 40 м выше плотины начинался канал. В 1926 г. завершилось строительство плотины из

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 09-05-00041, 11-05-00285), ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” (проект № П1164).

² Комплексные гидролого-гидрохимические исследования водных объектов озерной системы Боровно-Разлив проводились силами студентов и преподавателей кафедры гидрологии суши МГУ имени М.В. Ломоносова в период с 29 января по 6 февраля 2010 г.



Рис. 1. Схема гидротехнических сооружений оз. Разлив и Боровно.

суглинка, укрепленной деревянными конструкциями и булыжной кладкой и нерегулируемым водосбросом, рассчитанным на среднесезонный сток р. Шегринка в период половодья. Канал длиной 1450 м был прокопан на месте болотистого понижения, из которого после строительства плотины вытекал небольшой ручей, впадавший в нынешнюю котловину оз. Разлив. По замыслу строителей горло канала было расположено на одном уровне с водосбросом в плотине и, таким образом, при паводках, и в половодье излишки стока направлялись в канал, а в межень вода равно распределялась между каналом и рекой. Из-за плохого укрепления стенок канала вода со временем стала размывать его берега и, в первую очередь, в районе горловины. В настоящее время на нерегулируемом водохранилище полностью разрушены конструкции плотины до уровня булыжной кладки. Выше разрушенных конструкций в верхнем бьефе бобры регулярно устраивают свою плотину. По этой причине вода в нижний бьеф попадает только во время половодий и паводков 1–5% обеспеченности и в результате фильтрации сквозь тело плотины. Ниже плотины постепенно формируется новый исток р. Шегринка.

Скорости течения реки в 1 км ниже плотины во время измерений в начале февраля 2010 г. составляли 0.1–0.4 м/с. По данным измерений в начале

февраля 2010 г. скорости в нижнем течении канала достигали 1.5 м/с. Канал выработал себе русло глубиной 2–3 м и шириной около 15 м, значительно повысив свою пропускную способность. Канал прорезает торфяные отложения и в нем регулярно образуются заторы из глыб торфа и топлива, образующегося за счет активной деятельности большого количества бобров, живущих в этом месте. Несмотря на то, что канал ни разу не расчищался, он до сих пор функционирует. В настоящее время канал формирует основную часть притока воды в водохранилище Боровновской ГЭС (рис. 1).

История строительства гидроэлектростанции Боровно, одного из первых сельских гидросооружений в России, берет свое начало еще в доиндустриальную эпоху. Уже тогда на естественной перемычке с перепадом высот в 6 м между озерами Белое и Островенко была поставлена мельница [1]. Вода самотеком спускалась в мельничный пруд. Ближайшая деревня, находящаяся на берегу оз. Боровно в 3 км от нынешней ГЭС, так и называется – Мельница. С ростом технологий и развитием местной промышленности появились соответственно и новые возможности. К началу XX в. в д. Мельнице сформировалось сообщество кустарей, которые занимались различными народными промыслами. В годы Первой мировой войны армии срочно потребовались вязаные из-

деля, в связи с чем по всей стране активизировались локальные артели, и это веяние не обошло стороной и д. Мельницы. В октябре 1914 г. было организовано Боровенско-Мельницкое товарищество кустарей-вязальщиков, в котором числилось 42 человека.

Применяя опыт, накопленный в этой сфере жителями района, коллектив и производство быстро совершенствовались: вместо ручных машин покупались крупные станки и организован Боровновский кустаресюз. К революции товарищество было одним из крупнейших частных предприятий на юге Новгородской губернии. Несмотря на общую разруху в стране в 1919–1921 гг. товарищество устраивает смолокурный завод и приступает к устройству локомобильной электрической станции на 8 л.с. К осени 1920 г. станция дала свет в первые 420 домов пяти деревень. В 1921 г. был приобретен более мощный локомобиль, что позволило подать свет и в село Боровно. В 1922 г. кустики купили паровую мельницу. В 1924 г. Боровновско-Мельницкое товарищество торжественно отметило свое десятилетие и выступило с инициативой строительства крупной гидроэлектростанции. Инженер А. Воеводский, участник строительства Волховской ГЭС, оценив удобство топографических условий места, выбранного крестьянами, развил их идею и разработал гидротехнический проект Боровновской ГЭС. По проекту А. Воеводского, путем переброски стока р. Шегринка, впадавшей в то время в р. Мсту, увеличивался запас воды в верхнем водохранилище. Для этого на р. Шегринка была сооружена плотина и прокопан канал длиной 1450 м и шириной 2.26 м, по которому вода была направлена в низину с озёрами Белое, Чёрное, Хлебное, Боручье и др. Образовалось водохранилище Боровновской ГЭС (озеро Разлив) проектной площадью 5 км² и объемом 14.8 млн м³, обвалованное шестью дамбами. Уровень воды в водохранилище был поднят против природного в оз. Белом на 5 м. Из нижнего оз. Островенко был прокопан канал в оз. Плотиченко и далее – в оз. Боровно. Таким образом, уровень воды в нижнем озере упал на 4 м, а общий перепад уровней достиг 14.5–15 м. Вода из водохранилища подавалась под напором на гидроэлектростанцию по деревянной трубе диаметром 1.8 м и длиной 111.6 м. Под дамбой от водозабора до наклонной деревянной трубы была проложена железобетонная труба длиной 40.8 м. Вода приводила в движение три водяных турбины по 175 л.с., которые сохранились до настоящего времени. Две из них были изготовлены Ленинградским металлургическим заводом и носят порядковые номера № 28 и 29. Турбины соединены с тремя генера-

торами шведского производства. Боровновская гидроэлектростанция строилась с конца 1926 г. по 1927 г. под руководством А. Воеводского и при участии С.Г. Железнова и Н.Н. Благовещенского и закончена одновременно с первенцем советской электрификации Волховской ГЭС. Примечательно то, что весь комплекс сооружений был построен только с помощью ручной силы, без применения техники.

Несмотря на то, что со временем станция потеряла свое значение как главный поставщик электроэнергии, она поддерживалась и обслуживалась вплоть до 1976 г. В начале 1940-х гг. был составлен план реконструкции и модернизации ГЭС, для чего были проведены все необходимые изыскания. Война прервала все работы, и документация была утеряна. Станция постепенно ветшала. В 1964 г. деревянный трубопровод был заменен на стальной. С 1976 г. Боровновская ГЭС выведена из режима электростанции и функционирует как комплекс гидротехнических сооружений, гидротурбины эксплуатируются только в режиме водопропуска, т.е. электроэнергию она не вырабатывает, но продолжает регулировать уровень воды в сложившейся водной системе. Кроме того, на территории ГЭС находится действующее РУ-10 кВ, на котором производится распределение электроэнергии по трем ВЛ 10 кВ с помощью установленного сетевого электротехнического оборудования. С 1991 г. ГЭС перешла с баланса Ленэнерго на баланс ОАО “Новгородэнерго”, которое в соответствии с приказом РАО ЕЭС продало ГЭС в 2008 г., как непрофильный актив, ЗАО “ИнтерЭнергоСоюз”.

Детальное обследование эколого-технического состояния Боровновской ГЭС и связанных с ней природных объектов было проведено в 2004 г. группой сотрудников Валдайского филиала Государственного гидрологического института под руководством И.В. Недогарко. В 2007 г. специалистами ЗАО “Гидроэнергопром” по заказу ЗАО “ИнтерЭнергоСоюз” было проведено рекогносцировочное обследование Боровновской ГЭС [4]. В экспертном заключении был сделан вывод о необходимости восстановления электростанции для обеспечения безопасности в эксплуатации водной системы и решения экологических проблем в части восстановления уникальной водной системы, а также о необходимости восстановления полностью разрушенной Байневской плотины. Она была построена с целью аккумуляирования запаса воды во время паводка в Байневских озерах для последующего пополнения водохранилища Боровновской ГЭС в летний период. Возможные последствия сложившейся ситуации могут при-

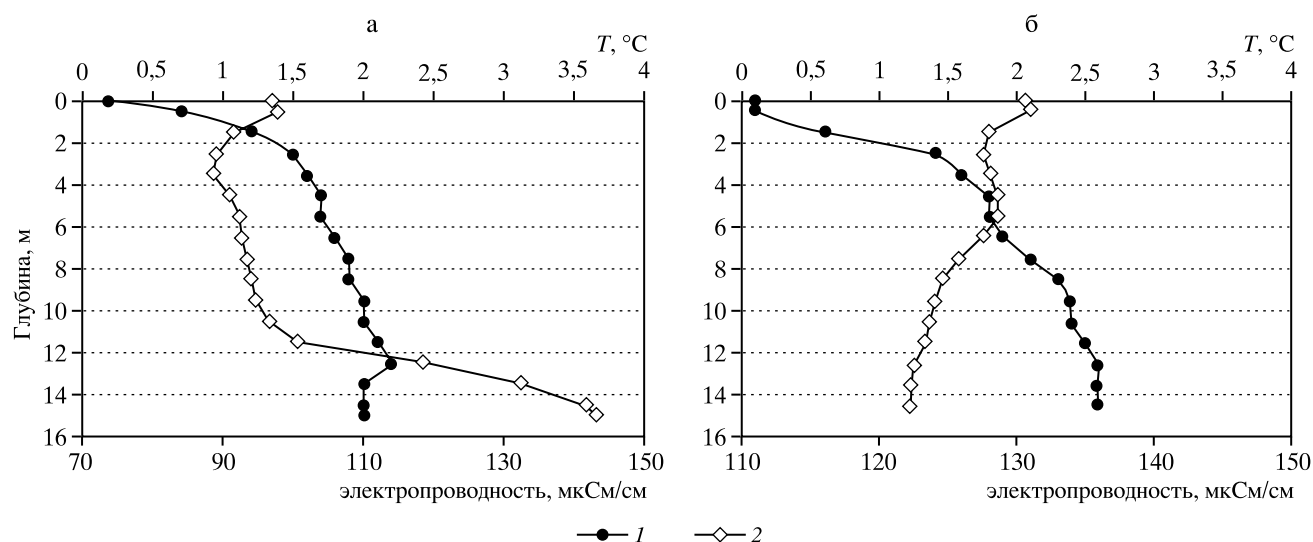


Рис. 2. Вертикальное распределение температуры (1) и электропроводности (2) воды. а) оз. Боровно; б) оз. Разлив.

вести к деградации естественных экологических систем, иным негативным изменениям окружающей среды.

Методика работ. С 29 января по 6 февраля 2010 г. комплексные гидролого-гидрохимические исследования водных объектов озерной системы Боровно-Разлив проводились на озерах Боровно, Разлив, Островенко, Плотиченко, в протоках, соединяющих эти озера и основных притоках озер (на реках Шегринка, Боровна, Корченья, Клетна, Вережка). Во время гидролого-гидрохимических съемок измерены температура, электропроводность и pH озерных и речных вод. Температура и электропроводность воды на разных глубинах измерялась с помощью полевого кондуктометра МАРК-603, расходы воды на реках и ручьях, впадающих в оз. Боровно и Разлив – с помощью измерителя скорости потока ИСП-1. Значения pH определялись при помощи лабораторного pH-метра АКВИЛОН-410, снабженного электродом с датчиком термокомпенсации. Помимо этих характеристик в организованной на месте работ гидрохимической лаборатории определялась концентрация растворенного кислорода методом Винклера и общая щелочность ацидиметрическим методом [14].

При помощи батометра Рутнера было отобрано 43 пробы воды для определения концентрации в воде главных ионов, микроэлементов, биогенных и органических веществ. Пробы воды для определения микроэлементов и биогенных веществ были отфильтрованы через мембранный фильтр (0.45 мкм) и законсервированы. Лабораторный анализ содержания главных ионов и биогенных веществ выполнен в гидрохимической лабора-

тории кафедры гидрологии суши МГУ имени М.В. Ломоносова [6, 14, 15].

Для оценки содержания органического вещества (ОВ) определены перманганатная (ПО) и бихроматная (БО) окисляемость, а также цветность воды [11]. Растворенные формы микроэлементов определены методом атомной абсорбции [5, 13].

Обсуждение результатов. Система озер Боровно – Разлив, как и многие другие озера региона, представляет собой совокупность довольно обособленных заливов и плесов, каждый из которых имеет особенности, связанные с условиями водообмена.

Во время зимней межени в озерах формируется обратная температурная стратификация (рис. 2). С глубиной температура и электропроводность воды увеличиваются. В поверхностных слоях температура воды в озерах Разлив и Боровно составляет от 0 до 0.6°C, причем пониженные значения поверхностной температуры (0–0.2 °C) наблюдаются в более мелководных частях (с глубинами 1.5–5 м), а более высокие (0.2–0.6 °C) на участках с глубиной 10–15 м. Наибольшие градиенты температуры составляют 0.5–0.6 (до 1.1 °C/м) (рис. 3).

Для вод системы оз. Разлив в целом характерны значения электропроводности от 100–110 в поверхностных слоях до 150–160 мкСм/см на глубине. В оз. Боровно, условно разделенном на три относительно изолированных плеса с замедленным водообменом (южный, центральный и северный), связанных между собой узкими протоками, электропроводность воды от поверхности ко дну в среднем изменяется от 90–100 до 110–

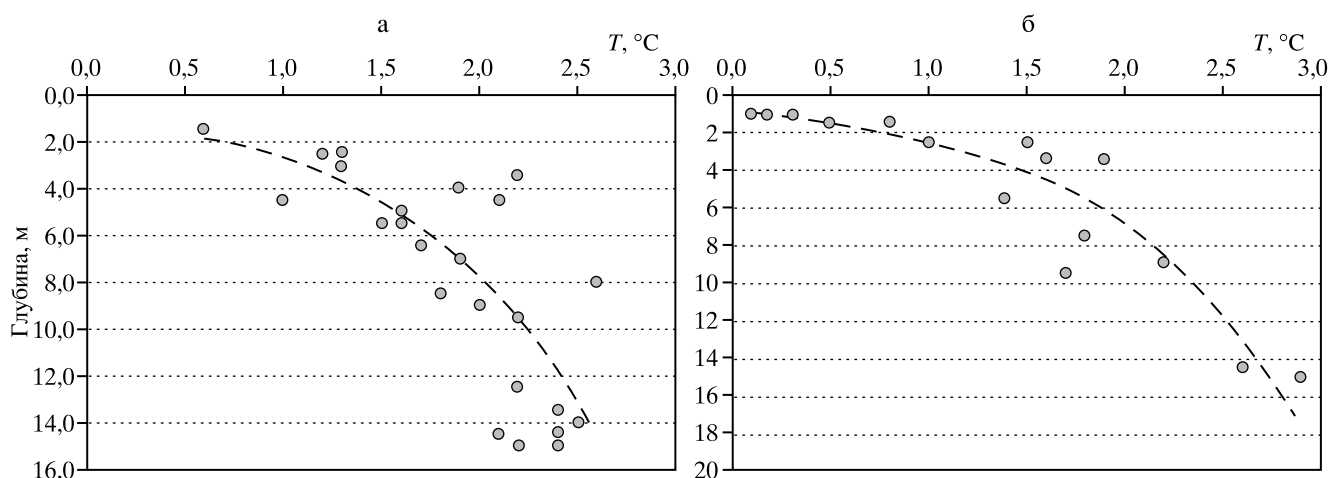


Рис. 3. Изменение температуры воды с глубиной. а) оз. Боровно; б) оз. Разлив.

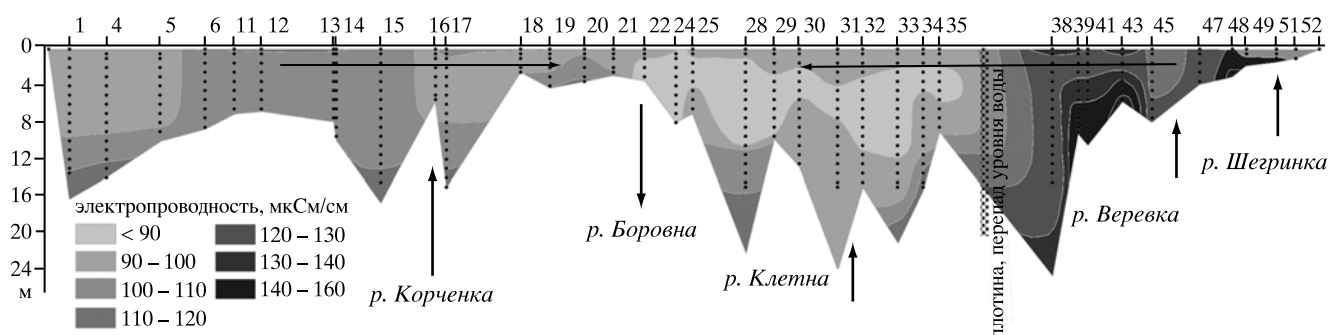


Рис. 4. Распределение электропроводности воды озерно-речной системы Разлив – Боровно.

120 мкСм/см (рис. 4). В придонных горизонтах изолированных плесов озера формируются линзы более минерализованных вод. Вертикальное распределение нарушается в местах впадения притоков, воды которых имеют отличные от озерных вод гидролого-гидрохимические характеристики. Зимой в подледных слоях озер может наблюдаться повышенная по сравнению с нижележащими слоями электропроводность воды. При быстром образовании и нарастании льда часть солей не вовлекается в лед, а остается в подледном слое воды, повышая ее электропроводность [12]. Подобная картина наблюдалась в озере Разлив, электропроводность воды которого подо льдом была на 5–7 мкСм/см больше, чем в нижележащих слоях.

Два основных притока озера Разлив – р. Вережка и р. Шегринка (канал). Сток р. Шегринка (р. Шегринка-канал) формируется в основном за счет грунтового и подземного питания, поэтому ее воды, более минерализованные и холодные, чем в самом озере, растекаясь в придонных горизонтах,

постепенно смешиваются с озерной водой. Менее минерализованные воды р. Вережки при впадении в озеро растекаются по его поверхности, понижая в приустьевой области электропроводность озерной воды (рис. 4).

В глубоком приплотинном плесе водохранилища Боровновской ГЭС (оз. Разлив) происходит перемешивание, связанное с глубоководным сбросом воды через водовод, что обуславливает однородность электропроводности воды по глубине, равной в среднем 130–140 мкСм/см. Водная масса, сформировавшаяся в оз. Разлив, при прохождении через расположенные ниже малые озера трансформируется: уменьшается ее электропроводность, выравнивается температура по глубине.

В южном плесе оз. Боровно в слое 5–10 м отчетливо прослеживается линза вод, имеющая минерализацию в среднем на 10 мкСм/см меньшую, чем выше- и нижележащие воды. В связи с обособленностью северной и средней частей озера в них формируется собственная циркуляция

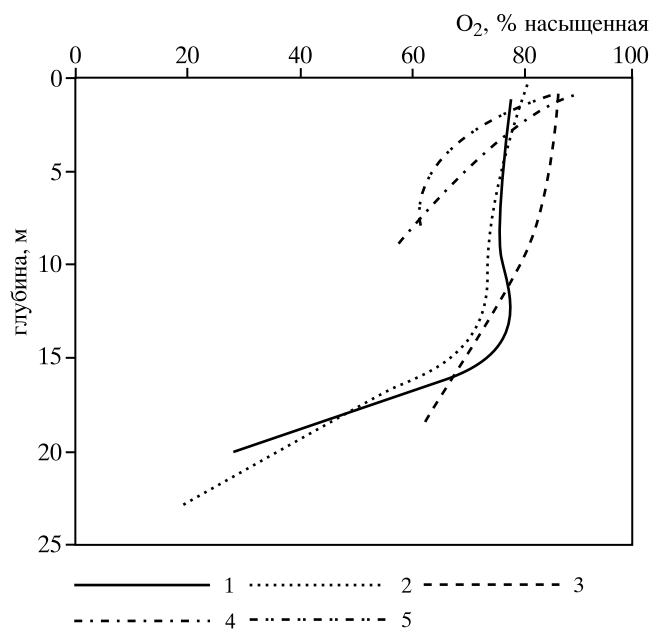


Рис. 5. Изменение относительного содержания растворенного кислорода в водах озер Боровно и Разлив по глубине. 1 — оз. Боровно, ст. 33; 2 — оз. Боровно, ст. 31; 3 — оз. Разлив, ст. 41; 4 — оз. Разлив, ст. 49; 5 — оз. Островенко, ст. 36.

водных масс. В этих частях оз. Боровно электропроводность воды увеличивается с глубиной от 90 до 115 мкСм/см.

Зимой в озерной системе Боровно–Разлив наблюдается уменьшение концентрации растворенного кислорода с глубиной (рис. 5). Наличие ледяного покрова, отсутствие перемешивания и фотосинтеза, процессы деструкции, протекающие при низких температурах, приводят к резкому уменьшению кислорода в придонных горизонтах. Содержание растворенного кислорода в оз. Боровно в период наблюдений изменялось в диапазоне 8,74–11,59 мг/л в поверхностных слоях и 1,68–10,42 мг/л в придонных горизонтах, что составляло соответственно от 86 до 12,3% насыщения. Наибольшее относительное содержание кислорода в поверхностных горизонтах в оз. Боровно наблюдалось в центральном плесе озера (до 86,9% насыщения). Поверхностные воды оз. Перестово и Конино менее всего насыщены кислородом (около 60%). Вероятно, кислород в этих озерах расходуется на окисление органических веществ, содержание которых максимально по сравнению с его содержанием в других обследованных озерах системы Боровно–Разлив. С глубиной содержание O_2 уменьшается практически во всех плесах озера. Его относительная концентрация на 10–15 м не превышает 60–70%, а на больших глубинах отмечено снижение до 20–25% и менее (8,5%). Для вод оз. Разлив характерно бо-

лее высокое абсолютное содержание кислорода: от 12,43 мг/л на поверхности до 8,96 мг/л у дна (от 88,2 до 57% насыщения соответственно).

Воды озерно-речной системы Боровно–Разлив — пресные, по классификации О.А. Алекина относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция. Зимой 2010 г. минерализация воды обследованных рек и озер не превышала 200 мг/л (за исключением р. Шегринка — новый исток — 230 мг/л). Величина pH изменялась в озерных водах от 7,4 до 7,8, уменьшаясь от поверхности ко дну, в водах исследованных рек составляла от 7,0 до 7,5.

Зимой 2010 г. содержание гидрокарбонатов в воде исследованных озер изменялось в диапазоне 45–80 мг/л, в целом увеличиваясь от поверхности ко дну. Распределение ионов кальция было аналогичным. Их концентрация составила в среднем 17–35 мг/л. Воды озер мягкие (<4 мг-экв/л), что обусловлено низким содержанием Ca^{2+} и Mg^{2+} . В речных водах преобладали ионы HCO_3^- и Ca^{2+} , соответственно изменяясь от 47 и 14 мг/л в воде р. Вережки до 137 и 31 мг/л в воде р. Шегринка (новый исток). Концентрация сульфатных ионов увеличивалась от поверхности ко дну и изменялась в диапазоне от 2 до 7 мг/л. Ионы Cl^- , Na^+ , K^+ в озерных и речных водах содержались в количестве менее 3 мг/л. Воды северной и центральной частей оз. Боровно хорошо перемешаны, концентрация в них основных ионов по вертикали практически не меняется. В южной части озера Боровно и в озерах Разлив и Островенко–Плотиченко изменчивость по вертикали выражена более ярко — в придонных горизонтах минерализация и содержание гидрокарбонатов и ионов кальция в 1,5 раза больше, чем в поверхностных слоях воды.

Заболоченность водосбора озерно-речной системы Боровно–Разлив обуславливает повышенное содержание органических веществ в воде исследованных рек и озер. Ландшафтные условия водосбора во многом определяют интенсивность вымывания растворимых гумусовых веществ, чем оказывают влияние на цветность воды, концентрацию и химический состав водного гумуса в воде рек и озер [17]. Цветность воды в период наблюдений изменялась в среднем от 60 до 90°, возрастая более чем в полтора раза в озерах Перестово и Конино, р. Вережка. Для этих же водных объектов в период проведения исследований были характерны повышенные величины ПО и БО (соответственно 12–14 и 36–46 мгО/л). В среднем для вод озерно-речной системы Боровно–Разлив величина ПО составила 7,5–10, БО — 25–33 мгО/л,

уменьшаясь в озерах от поверхности ко дну. Содержание органических веществ (по ПО и БО) в р. Шегринка – новый исток, обусловленное ее питанием подземными водами, было в 2.5–3 раза меньше, чем в воде других обследованных рек и озер и сравнимо с содержанием ОВ в воде родников. Линейный вид и тесный характер связи между цветностью и перманганатной окисляемостью (коэффициент корреляции равен 0.93) указывает на то, что в обследованных водах присутствуют, главным образом, трудноокисляемые биохимически органические вещества.

Рассчитанные соотношения ПО/БО позволяют оценить качественный состав ОВ и степень его трансформации. В обследованных водных объектах ПО/БО изменялось незначительно и составило 0.25–0.38, что свидетельствует о преобладании в зимний период органических соединений с алифатической структурой [17]. Наименьшая величина ПО/БО (0.22) отмечена в воде р. Шегринка – новый исток и обусловлена поступлением с грунтовыми водами малоцветной фракции фульвокислот.

Анализ содержания органического углерода ($C_{орг}$) в фильтрованных и нефилтрованных пробах из обследованных водных объектов показал, что около 80% $C_{орг}$ составляет его растворенная форма. Содержание взвешенных веществ в период зимней межени незначительно. Концентрация $C_{орг}$, рассчитанная по величине БО в нефилтрованных пробах, изменялась в среднем от 9 до 15 мгС/л. Наибольшее содержание отмечено в воде озера Перестово (18 мгС/л), наименьшее (2.5 мгС/л) – в воде р. Шегринка – новый исток.

Величина цветности, перманганатной и бихроматной окисляемости в речных и озерных водах района исследований в значительной степени зависит от ландшафтных условий водосбора и преобладающего питания водных объектов. Так, речные воды, дренирующие заболоченные территории, отличаются меньшей минерализацией и большим содержанием органических веществ. Реки, в питании которых основная роль принадлежит подземному стоку, имеют большую минерализацию, содержание органики в них невелико (рис. 6).

В период зимней межени концентрация растворенного минерального фосфора в речных и озерных водах не превышала 20 мкг/л, в среднем изменяясь в диапазоне от 7 до 16 мкг/л. Доля органического фосфора составила 15–20% его суммарного содержания.

Миграция микроэлементов в поверхностных водах происходит преимущественно в виде ком-

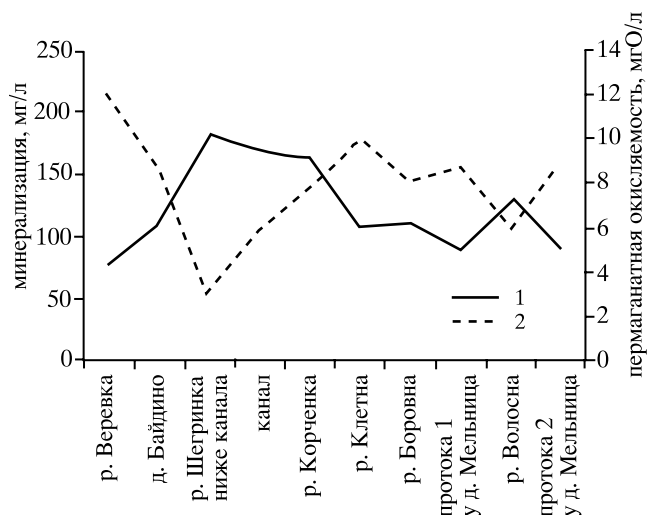


Рис. 6. Изменение минерализации (1) и перманганатной окисляемости (2) в обследованных реках.

плексных соединений с растворенными органическими веществами [3, 7–9]. Повышенная концентрация суммарного железа (до 900 мкг/л), марганца (400–600 мкг/л), алюминия (до 70 мкг/л) в обследованных водных объектах обусловлена природными факторами (высокое содержание этих элементов наблюдается в болотных водах). Больше всего Fe обнаружено в водах рек Вережка и Клетна, озерах Перестово и Конино, т.е. в тех объектах, для которых характерно повышенное содержание органики (рис. 7). Подтверждением тому служит хорошая зависимость между концентрацией железа и величиной ПО. Наименьшее содержание железа фиксируется в подземных водах. В воде р. Шегринка – новый исток, концентрация Fe в 7.5 раз меньше, чем в р. Шегринка ниже по течению, где ее водосбор заболочен.

Содержание марганца в поверхностных водах не превышало 100 мкг/л, возрастая в придонных горизонтах озер до 200–650 мкг/л. Подобное увеличение концентрации может происходить в результате диффузии Mn из поровых вод, где его содержание достигает нескольких мг/л [16]. Кроме того, в условиях дефицита кислорода органическое вещество начинает окисляться диоксидом Mn, а железобактерии, физиологический метаболизм которых связан с окислением Mn^{2+} , в условиях дефицита O_2 не настолько активны, чтобы существенно влиять на содержание растворенного Mn, поэтому в зимний период оно увеличивается (рис. 8).

Содержание меди изменялось в диапазоне от 0 до 8 мкг/л, никеля – от 0 до 3 мкг/л. Максимальная концентрация Cu (27 мкг/л) и Ni (4.7 мкг/л)

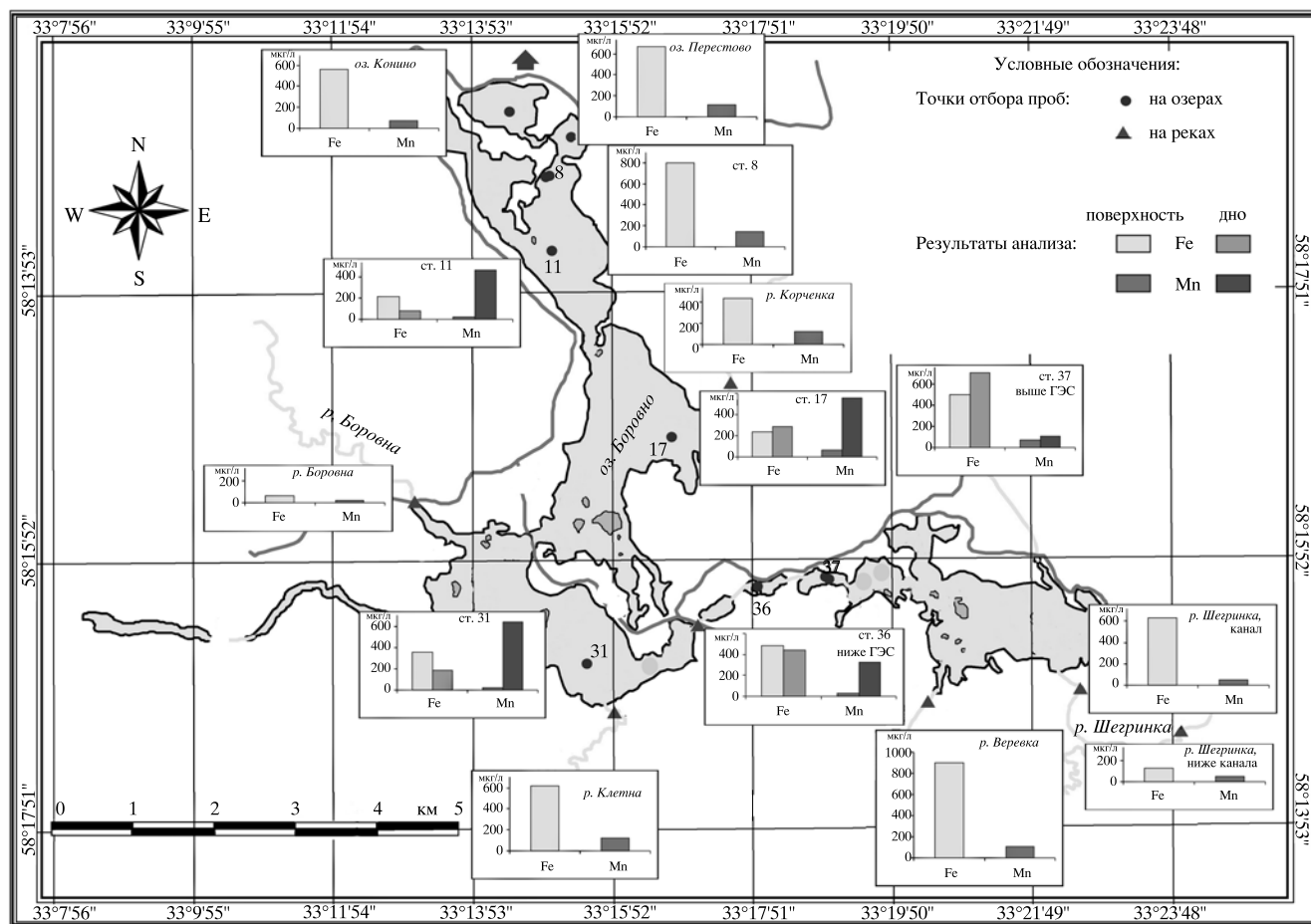


Рис. 7. Концентрация железа и марганца в исследованных водных объектах.

зафиксирована в воде оз. Перестово (Рис. 9). Вероятно, повышенное по сравнению с другими водными объектами содержание этих элементов в воде оз. Перестово обусловлено высоким содержанием ОВ. Так, например, доля меди, свя-

занной с растворенным органическим веществом гумусовой природы, составляет для Иваньковского водохранилища 70%, цинка – 67%, никеля – 33% [2].

Выводы:

1. Исследованные озера и их отдельные плесы различаются по величине электропроводности воды, содержанию в них основных ионов и другим гидрохимическим характеристикам, что может быть объяснено разным влиянием речного стока, морфометрическими особенностями водоемов, обуславливающими характер водообмена. Воды озерно-речной системы Боровно-Разлив гидрокарбонатно-кальциевые, минерализация вод в период зимней межени составляет не более 200 мг/л. Больше всего выделяются своими гидрохимическими характеристиками реки Шегринка и Вережка, озера Перестово и Конино.

2. Зимой в воде озерно-речной системы Боровно-Разлив наблюдается типичное вертикальное распределение содержания кислорода уменьше-

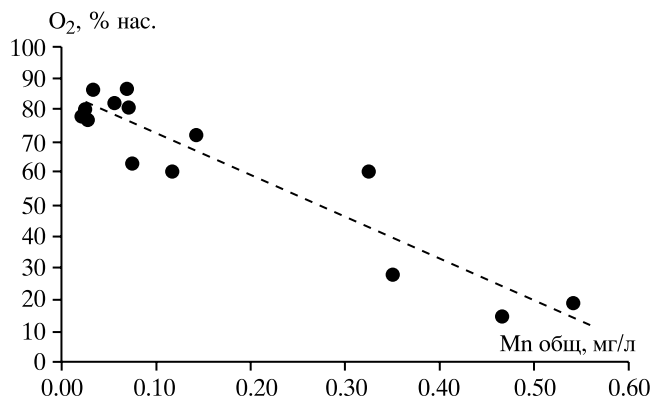


Рис. 8. Зависимость концентрации общего марганца от относительного содержания растворенного кислорода в воде озера.

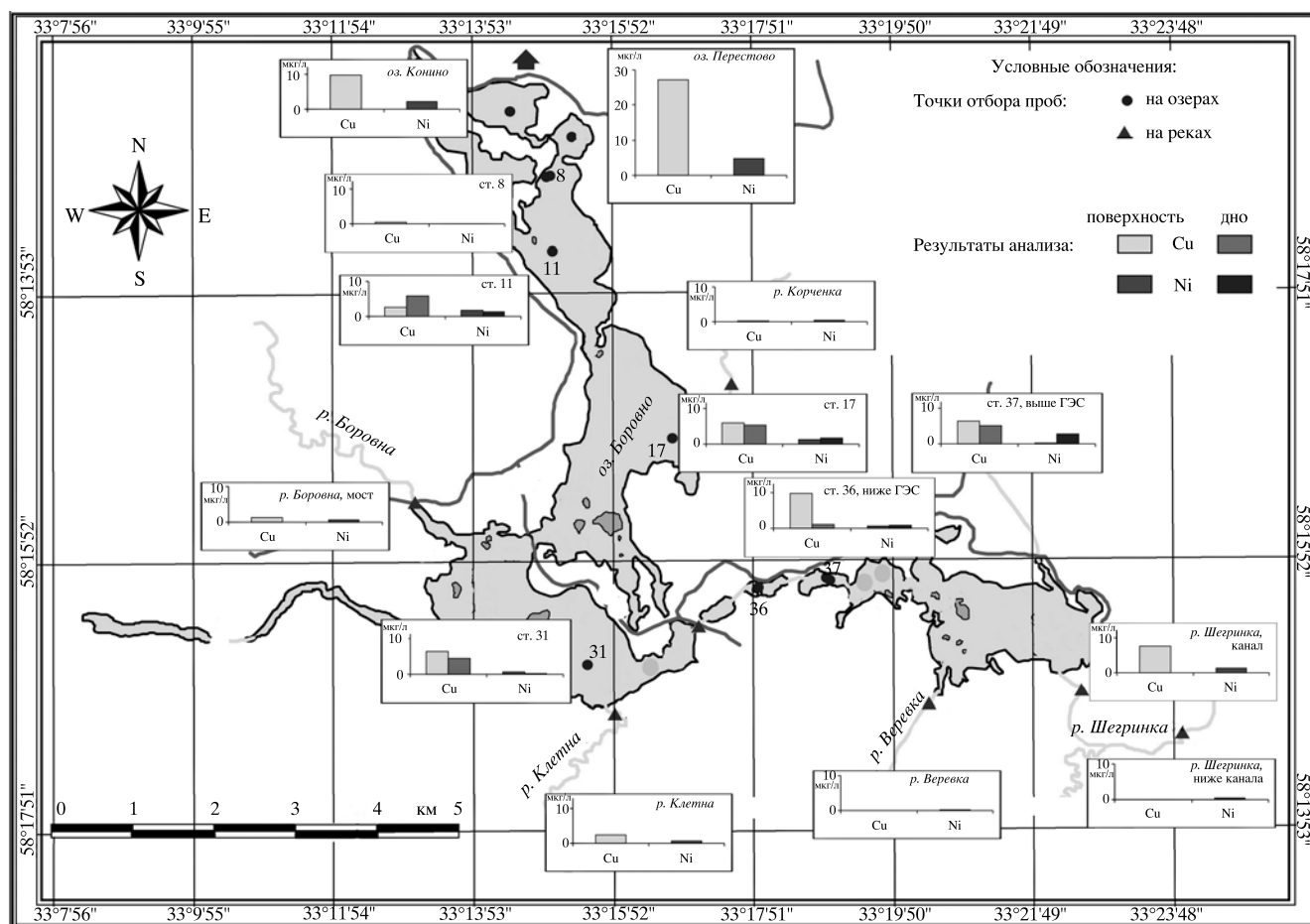


Рис. 9. Концентрация никеля и меди в исследованных водных объектах.

нием его содержания с ростом глубины. Ледяной покров, отсутствие перемешивания и фотосинтеза, протекающие, несмотря на низкие температуры, процессы деструкции приводят к резкому уменьшению концентрации кислорода в придонных горизонтах. Большое количество органических веществ аллохтонного и автохтонного происхождения, недоокисленных в теплый период года и накапливающихся в придонных горизонтах воды, усугубляет ситуацию, возникающую в период ледостава. К концу зимнего периода возможно полное исчезновение кислорода в глубинных слоях отдельных частей озер, а снижение его концентрации на глубинах более 10–15 м может привести к возникновению заморных условий.

3. Величина цветности, перманганатной и бихроматной окисляемости в речных и озерных водах в значительной степени зависит от ландшафтных условий на водосборе и доли подземного питания водных объектов. Так, речные воды, дренирующие заболоченные территории, отличаются меньшей минерализацией и большим содержанием органических веществ. Реки, в питании

которых основная роль принадлежит подземному стоку, имеют большую минерализацию, содержание органики в них невелико. Высокий коэффициент корреляции между величинами цветности и ПО указывает на присутствие в воде в основном трудноокисляемых биохимически органических веществ аллохтонного происхождения.

4. В ряде исследованных водных объектов отмечено превышение рыбохозяйственного и санитарно-гигиенического нормативов по железу и марганцу и рыбохозяйственного норматива по меди. Содержание Ni и Zn не превысило ПДК.

5. Водная система, включающая озеро Боровно и водохранилище Боровновской ГЭС с комплексом гидротехнических сооружений, является уникальным природно-историческим объектом со сложившейся структурой природо- и водопользования. Для сохранения этого уникального объекта необходимо проведение ряда мероприятий, которые позволят обеспечить режимы работы водной системы, заложенные на этапе ее проектирования, включая восстановление разрушенной Байневской плотины.

Авторы благодарят всех студентов и аспирантов кафедры гидрологии суши, участвовавших в проведении полевых исследований и обработке гидрологических и гидрохимических материалов, а также сотрудников национального парка “Валдайский”, оказавших содействие в организации и проведении экспедиции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бриккер Л.Э. Боровно. Справочно-краеведческое описание озера Боровно и его окрестностей с приложением путевого указателя. Великий Новгород, 2002.
2. Варванина Г.В., Кочарян А.Г., Лапин И.А. и др. Экспериментальное изучение форм нахождения органического вещества тяжелых металлов в водах Иваньковского водохранилища // Водные ресурсы. 1988. № 4. С. 134–145.
3. Веницианов Е.В., Кочарян А.Г. Тяжелые металлы в природных водах // Воды суши: проблемы и решения. М.: 1994. Под ред. М.Г. Хубляряна. С. 299–327.
4. Декларация безопасности комплекса ГТС Боровновской ГЭС № 10.11(00)60835-22-ГТС утверждена Северо-Западным управлением Ростехнадзора 01.02.2011
5. Ермаченко Л.А., Ермаченко В.М. Атомно-абсорбционный анализ с графитовой печью. М.: ПАИМС, 1999. 219 с.
6. Комаров Н.В., Каменцев Я.С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза “Капель”. СПб.: Изд-во “Веда”, 2006. 212 с.
7. Лапин И.А., Красюков В.Н. Влияние гуминовых кислот в процессах комплексообразования и миграции металлов в природных водах // Водные ресурсы. 1986. № 1. С. 134–145.
8. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 269 с.
9. Моисеенко Т.И., Гашкина Н. А. Распределение микроэлементов в поверхностных водах суши и особенности их водной миграции // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 4. С. 454–468.
10. Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши. Технофильность. Биоаккумуляция. Экотоксикология. ИВП РАН. М.: Наука, 2006. 261 с.
11. Муравьев А.Г. Руководство по определению качества воды полевыми методами. СПб.: Изд-во Красмас+, 1999. 229 с.
12. Пальшин Н.И. Термические и гидродинамические процессы в озерах в период ледостава. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1999. 86 с.
13. ПНДФ 14.1:2:4.139-98. Методика выполнения измерений массовых концентраций кобальта, никеля, меди, хрома, цинка, марганца, железа, серебра в питьевых, природных и сточных водах методом атомно-абсорбционной спектроскопии. М.: Госкомитет РФ по охране окружающей среды, 1998. 18 с.
14. Руководство по методам химического анализа поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 541 с.
15. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового Океана. М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 202 с.
16. Савенко В.С., Андриевский Е.И., Павлов В.А., Петрухин В.А. Микроэлементы // Водохранилища Москворецкой водной системы. М.: Изд-во МГУ, 1985. С. 130–142.
17. Скопинцев Б.А., Гончарова И.А. Использование значений отношений различных показателей органического вещества природных вод для его качественной оценки // Современные проблемы региональной и прикладной гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1987. С. 95–117.

Specific Features of Nature Use and Hydroecological Condition of Lake-River System of Borov Razliv (“Valday” National Park)

N.L. Frolova*, L.E. Efimova*, E.S. Povalishina*, E.V. Terskaya*, V.A. Shirokova**

* *Lomonosov Moscow State University*

** *Institute of History of Science and Technics*

Complex study of rivers and lakes of the Valdai national park watershed was carried out at the end of January – early February, 2010. Modern hydroecological condition of water objects with special conditions of nature and water management was estimated. Obtained data has given an opportunity to characterize water regime and runoff of dissolved substances within the protected area.