

ИЛЬЯ НИКИТИЧ ОНИЩЕНКО

аспирант кафедры зоотехнии, товароведения и экспертизы продовольственных товаров агротехнического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
mazik-t@yandex.ru

ЛЕОНИД ПАВЛОВИЧ РЫЖКОВ

доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии и экологии эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
rlp@petsu.ru

НИКИТА АЛЕКСАНДРОВИЧ ОНИЩЕНКО

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоотехнии, товароведения и экспертизы продовольственных товаров, декан агротехнического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
nao@sampo.ru

ВОХТОЗЕРО – ВОДОЕМ САДКОВОГО РЫБОВОДСТВА*

Приведены сведения о гидролого-гидрохимическом режиме озера Вохтозера и о его биоресурсах (водной растительности, зоопланктоне, зообентосе и ихтиофауне). Озеро относится к холодноводным водоемам с выраженной температурной стратификацией в летний период. Средние месячные температуры воды с мая по октябрь колеблются в пределах 10,9–18,7 °С, газовый режим благоприятный. В 2007 году было создано форелевое садковое хозяйство, так как акватория водоема благоприятная. В составе ихтиофауны водоема обнаружены ряпушка, сиг, пелядь, форель, щука, налим, ерш, окунь, плотва, язь. Летом местные рыбы интенсивно питаются остатками гранулированных кормов в зоне размещения садков. Осенью они мигрируют от садков в другие районы водоема и остатки гранулированного корма концентрируются в придонных слоях воды, увеличивая количество взвешенных веществ и азотисто-фосфорных соединений. Существенных различий в химическом составе вод в районе садков, в 100 м от них и в контрольной зоне (4,5 км от садков) не отмечено. Низкие количественные показатели водной среды были выявлены и в 1970-е годы. При соблюдении всех требований садковое хозяйство на данном водоеме может функционировать очень долго.

Ключевые слова: гидрология, уровневый режим, гидрохимия, гидробионты, зоопланктон, зообентос, ихтиофауна, форель, биоресурсы

В 2012 году в садковых хозяйствах Карелии выращено 17,5 тыс. тонн рыбной продукции. Экологическая емкость внутренних водоемов республики позволяет выращивать до 25–30 тыс. т. При дальнейшем развитии садкового рыбководства потребуются иметь сведения не только о состоянии водоемов, но и о воздействии на них существующих садковых хозяйств.

В качестве объекта исследования было выбрано озеро Вохтозеро, которое в 60–70-е годы прошлого века использовалось для озерного товарного рыбководства. В озеро вселяли пелядь для выращивания и формирования маточного стада, а 6 лет назад было создано садковое хозяйство для выращивания радужной форели. В статье использованы как литературные, так и собственные материалы. Гидрохимический анализ вод выполнен в лаборатории гидрохимии Института водных проблем Севера КарНЦ РАН.

Озеро Вохтозеро принадлежит к бассейну Ладожского озера. Акватория озера 8,78 км². Наибольшая длина водоема 7,8 км, ширина –

2,0 км. Максимальная глубина (35 м) – в северо-западной части водоема. Восточная часть водоема относительно мелководна с глубинами 6–8 м. Средняя глубина – 11,1 м. Общий объем водной массы озера – 98,1 млн м³, площадь водосбора – 43 км². Коэффициент условного водообмена (КУВ), определяемый отношением среднегодового объема водных масс, поступающих в озеро с его водосбора, к объему водных масс самого озера, равен 0,2. Озеро Вохтозеро вытянуто с юго-востока на северо-запад, имеет четыре ярко выраженных залива, на его акватории располагаются десять небольших островов общей площадью 0,02 км². С западной стороны к основной части озера примыкает широкий плес, а его восточная часть вытянута в широтном направлении. В озеро впадают пять небольших ручьев. Сток осуществляется через реку Вохту (Вухтанъеки), вытекающую из южной части водоема и впадающую в северо-восточную часть озера Ведлозера (рис. 1). Длина береговой линии 34,2 км. Берега на севере возвышенные, каменистые, покрытые

большей частью сосновым лесом, с южной стороны преобладают низкие заболоченные берега, покрытые смешанным лесом [3].



Рис. 1. Озеро Вохтозеро: станция 1 – садки; 2 – в 100 метрах от садков; 3 – станция «Карьер» в 4500 м от садков

Дно водоема очень неровное, встречается ряд глубоких впадин (ям), подводных возвышений и луд, которые в основном регулируют направления внутренних течений. В прибрежных районах дно выстлано каменистыми или каменисто-песчаными россыпями. Местами встречаются песчаные отмели. Центральная часть дна озера покрыта мощными иловыми отложениями светло-бурого цвета [3].

Вохтозеро относится к холодноводным водоемам с хорошо выраженной температурной стратификацией в летний период. В конце первой декады мая озеро освобождается от ледяного покрова. В это время температура воды в поверхностном слое переходит рубеж 4°C . К концу мая она уже превышает 10°C . Максимальный прогрев воды обычно наблюдается в середине июля. К этому времени поверхностные слои воды нагреваются до $23\text{--}25^{\circ}\text{C}$. В отдельные годы температура воды достигает $27\text{--}28^{\circ}\text{C}$. Продолжительность такого периода может достигать 10–15 суток, как это наблюдалось в 2010 году. Обычно высокие температуры наблюдаются в течение 2–3 суток. При прогреве воды различия в температуре между придонными и поверхностными водами достигают $5\text{--}7^{\circ}\text{C}$. Слой температурного скачка располагается на глубине 4–5 метров. Наличие летней температурной стратификации следует использовать при размещении садковых модулей. В начале сентября начинается процесс охлаждения поверхностных вод и уже к концу месяца температура воды опускается ниже 10°C . В конце октября поверхностные слои воды охлаждаются до 4°C , начинается процесс льдообразования, а в конце ноября озеро полностью покрывается льдом. Средняя толщина льда около 50 см, максимальная – до 80 см. В середине апреля начинается таяние льда, к концу первой декады мая озеро полностью освобождается от ледяного покрова.

Как правило, образование ледяного покрова и освобождение озера ото льда происходят спокойно, без его подвижек и ледоходов. Этому спо-

собствуют относительно незначительные размеры акватории озера, его конфигурация и высокие залесенные берега, лед постепенно вытаскивает на месте, что очень важно для функционирования садкового хозяйства.

Средние месячные температуры воды за многолетний период составляют: в мае – $10,9^{\circ}\text{C}$, в июне – $15,6^{\circ}\text{C}$, в июле – $18,7^{\circ}\text{C}$, в августе – $16,9^{\circ}\text{C}$, в сентябре – $11,4^{\circ}\text{C}$.

Внутригодовая динамика температурного режима в бассейне Вохтозера определяет в нем сезонные изменения уровня режима. Весенний подъем уровня воды в озере начинается во второй декаде апреля в период интенсивного таяния снежного покрова, с максимумом в конце первой декады мая. Его величина не превышает 0,7–0,8 м. Во второй половине мая, после паводка, начинается медленное снижение уровня, которое завершается в конце августа. Минимальные летние уровни обычно устанавливаются во второй декаде августа. В конце сентября – начале октября уровень воды в озере вновь повышаются от длительных осенних дождей, но не более чем на 0,3 м. С декабря по март происходит зимний спад уровня с минимумом в конце марта. Как правило, минимальные летние и зимние уровни по своим значениям приблизительно равны.

Воды Вохтозера зеленовато-желтого цвета с низким уровнем цветности (50–60 градусов) отличаются высокой прозрачностью (до 5 м). Газовый режим благоприятный, на протяжении всего года содержание кислорода колеблется около 10 мг/л. Активная реакция воды слабо кислая (рН – 5,9–6,1), очень малое количество взвешенных веществ (4,7–6,8 мг/л), что способствует функционированию садкового хозяйства (см. таблицу). Только в одном случае, осенью, было отмечено значительное содержание взвесей в придонных слоях воды (25,1 мг/л).

Содержание бикарбонатов в Вохтозере, как и в большинстве водоемов этого района, в основном не превышает 10 мг/л. Воды озера бедны органическими соединениями, в частности легко окисляемыми органическими веществами. Величина ПО колеблется в пределах 5–6 мгО/л (ПДК – 10 мгО/л). Азотистые соединения в основном представлены органической формой (0,4–0,7 мгN/л), а в составе минерального азота преобладают нитраты (0,01–0,09 мгN/л), причем их содержание возрастает от поверхности ко дну. Летом в зоне садков на глубине 16 м содержание нитратов достигало величины 0,21 мгN/л (см. таблицу). В это время интенсивно развивался фитопланктон, наблюдалось «цветение» воды. Минеральный фосфор также содержится в незначительных количествах (0,001–0,06 мгP/л). Количество общего фосфора в основном не превышает 0,01 мгP/л. Содержание обеих форм фосфора в исследованные сезоны года в максимальных количествах отмечено у дна на глубине 16 м. Вертикальные распределения азотистых и

фосфорных соединений хорошо согласуются друг с другом, а осенью – и с распределением взвешенных веществ. Возможна также некоторая связь между вертикальным распределением органических компонентов (остатков пищи, экскрементов) с распределением местных видов рыб. Наши наблюдения показали, что летом

местные рыбы интенсивно питаются остатками гранулированных кормов в зоне размещения садков. Осенью они мигрируют от садков в другие районы водоема и остатки гранулированного корма концентрируются в придонных слоях воды, увеличивая количество взвешенных веществ и азотисто-фосфорных соединений.

Химический состав воды озера Вохтозера

Компонент	Июль				Октябрь				
	Садки, глубина, м			Карьер, глубина 2 м	Садки, глубина, м			100 м от садков, глубина 2 м	Карьер, глубина 2 м
	1	4	16		1	4	16		
pH	6,04	5,91	5,94	5,88	6,05	5,92	6,11	5,96	6,01
O ₂ , мг/л	10,3	–	10,8	11,0	10,0	–	9,9	10,6	10,8
Взв. в-ва, мг/л	6,8	6,6	6,3	6,1	4,0	4,6	25,1	8,2	7,8
HCO ₃ , мг/л	9,58	8,84	8,11	9,58	8,84	9,09	8,6	8,84	13,76
ПО, мгО/л	5,28	5,81	–	4,81	5,81	6,14	–	6,11	6,38
NH ₄ , мг/л	0,06	0,04	0,03	0,05	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04
NO ₃ , мг/л	0,01	0,07	0,21	0,01	0,09	0,09	0,09	0,09	0,03
NO ₂ , мг/л	<0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002
N _{орг} , мг/л	0,66	0,49	0,42	0,48	0,47	0,48	0,59	0,43	0,70
N _{общ} , мг/л	0,73	0,60	0,66	0,54	0,60	0,61	0,71	0,56	0,77
P _{мин} , мг/л	0,004	0,003	0,006	0,003	0,001	0,001	0,014	0,002	0,010
P _{общ} , мг/л	0,01	0,01	0,012	0,012	0,010	0,011	0,046	0,010	0,046

Примечание. Анализ воды выполнен в лаборатории гидрохимии Института водных проблем Севера КарНЦ РАН (2011 год).

Особо следует отметить, что существенных различий в химическом составе вод в районе садков, в 100 м от них и в контрольной зоне «Карьер» (4,5 км от садков) нами не отмечено. Не менее интересен и тот факт, что низкие количественные показатели в воде Вохтозера были отмечены в 1970-е годы (ПО – 5–7 мгО/л, HCO₃ – 10–11 мг/л). Прозрачность вод в то время была 5–6 м. Кислородный режим также был благоприятный, содержание кислорода превышало 10 мг/л [1]. Высшая водная растительность хорошо развита и широко распространена на многих участках водоема. Большие заросли водных растений размещены в заливах водоема и в прибрежных участках с песчаным и песчано-каменным дном. Преобладают заросли тростника. Также часто встречаются рдесты, хвощи, осока.

Кормовые ресурсы рыб Вохтозера, зоопланктон и зообентос находятся в удовлетворительном состоянии. В составе зоопланктона преобладают: по численности – циклопиды (29 %), по биомассе – клadoцеры (48 %). Средняя численность зоопланктона – 20,6 тыс. экз./м³, средняя биомасса – 0,62 г/м³. Донная фауна весьма разнообразна. Литораль населена хирономидами, ручейниками, поденками, веснянками. В поверхностных слоях иловых отложений встречаются хирономиды, олигохеты, ручейники, поденки. В глубоких слоях иловых отложений обнаружены хирономиды, олигохеты, пизидиумы и др. Средняя численность зообентоса – 2,4 тыс. экз./м², биомасса – 3,9 г/м² [1].

В составе ихтиофауны водоема обнаружены 10 видов рыб: ряпушка, сиг, пелядь, форель,

щука, налим, ерш, окунь, плотва, язь. Наиболее многочисленны плотва (39 % от величины общего улова), ряпушка (35 %) и окунь (21 %). Пелядь и сиг появились в результате проведения рыбоводно-мелиоративных работ в 70-е годы прошлого века. В то время предпринимались попытки создания в Вохтозере маточного стада пеляди и сига, но они оказались безуспешными из-за большой глубины водоема. Форель – результат садкового рыбоводства.

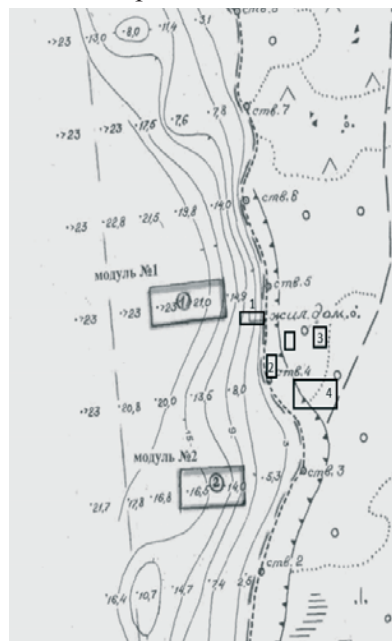


Рис. 2. Карта глубин и расположения садковых модулей ООО «Радужная форель»

На северо-восточном берегу северо-западного плеса Вохтозера в 2007 году было создано форелевое садковое хозяйство ООО «Радужная форель». Акватория водоема в этом районе благоприятна для функционирования хозяйства: 10-метровая изобата проходит в 50 м от берега, далее глубины увеличиваются до 15–20 м и более (рис. 2). С ближайшим населенным пунктом Савиново хозяйство связано проселочной автодорогой (расстояние 6 км). В настоящее время рыбоводно-биологическим обоснованием (РБО) определена мощность хозяйства в 300 т товарной продукции. В 2008–2011 годах в хозяйстве ежегодно выращивалось до 160 т товарной форели.

В дальнейшем мощность хозяйства будет доведена до биологически обоснованных объемов (300 т). Вохтозеро по своим физическим, гидрологическим, гидрохимическим и гидробиологическим показателям является типичным водоемом для организации садковой аквакультуры. Оно холодно- и глубоководно, бедно органическими компонентами, имеет слабо кислую, почти нейтральную, активную реакцию воды. Если соблюдать все биотехнические нормативы [4], своевременно осуществлять профилактические мероприятия [5] и не допускать загрязнения водоема, то садковое хозяйство мощностью до 300 т может функционировать очень продолжительное время.

* Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности на 2012–2016 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет «Святозерско-щечкильская группа озер» // Архив СеврыбНИИпроекта / Б. М. Александров, З. А. Горбунова, Л. И. Гордеева-Перцева, А. А. Заболотский и др. Петрозаводск, 1973. 456 с.
2. Отчет Лаборатории экологических проблем Севера ПетрГУ // Архив лаборатории. Петрозаводск, 2002. 34 с.
3. Рыбоводно-биологическое обоснование на организацию форелевого садкового хозяйства на озере Вохтозеро Пряжинского района. Петрозаводск: ООО «Аквакультура», 2008. 84 с.
4. Рыжков Л. П., Нечаева Т. А., Евсеева Н. В. Садковое рыбоводство – проблемы здоровья рыб. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2007. 120 с.
5. Рыжков Л. П., Кучко Т. Ю. Садковое рыбоводство. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2008. 163 с.

Onishchenko I. N., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
Ryzhkov L. P., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
Onishchenko N. A., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

VOKHTOZERO – WATER RESERVOIR OF CAGE CULTURE FISHERY

The article is concerned with hydrological and hydrochemical regimes of Lake Vohtozero and its biological resources (aquatic plants, zooplankton, zoobenthos and fish fauna). The lake belongs to cold-water reservoirs with significant temperature stratification in summer. The average monthly temperature from May to October ranges from 10,9 to 18,7 °C; gas regime is friendly. Due to favourable water conditions for fish growth, a trout cage farm was organized in the area in 2007. The fish fauna of the lake consists of whitefish, cisco, peled, trout, pike, burbot, ruffe, perch, roach, and ide. In summer, the fish of the lake lives off voluminous leftovers of pelleted fish food gravitated in the zone around netcages. In autumn, the fish migrate from the netcage area to other parts of the lake. The fish food leftovers concentrate in the bottom layers of the water by this increasing the amount of particulate matter and nitrogen-phosphorus compounds. No significant differences in the chemical composition of the water in the netcage area, in the range from 100 meters up to 4,5 km (control area) were revealed. Compliance with all netcage fish farming requirements secures long-term capacity of the fish farm.

Key words: hydrology, water level regime, hydrochemistry, aquatic, zooplankton, zoobenthos, fish fauna, trout, biological resources

REFERENCES

1. Otchet "Svyatozersko-shchekil'skaya gruppа ozer" [A Report "Svyatozersko-shchekil'skaya group of lakes"]. *Arkhiv Sevryb-NIIproekta*. Aleksandrov B. M., Gorbunova Z. A., Gordeeva-Pertseva L. I., Zabolotskiy A. A., Petrozavodsk, 1973, 456 p.
2. Otchet Laboratorii ekologicheskikh problem Severa PetrGU [A Report of Petrozavodsk State University laboratory about environmental problems of the North]. *Arkhiv laboratorii*, Petrozavodsk, 2002. 34 p.
3. *Rybovodno-biologicheskoe obosnovanie na organizatsiyu forelevogo sadkovogo khozyaystva na ozere Vokhtozero Pryazhinskogo rayona* [Fish breeding biological basis for the organization of trout cage farm in Lake Vohtozero District Priazhinsky]. Petrozavodsk, LLC "Akvakul'tura" Publ., 2008. 84 p.
4. Ryzhkov L. P., Nechaeva T. A., Evseeva N. V. *Sadkovoe rybovodstvo – problemy zdorov'ya ryb* [Cage aquaculture – fish health problems]. Petrozavodsk, PetrGU Publ., 2007. 120 p.
5. Ryzhkov L. P., Kuchko T. Yu. *Sadkovoe rybovodstvo* [Cage aquaculture]. Petrozavodsk, PetrGU Publ., 2008. 163 p.

Поступила в редакцию 17.12.2012