

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕРМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МЕЛКОВОДНОГО ОЗЕРА ЗИМОЙ

Г. Г. Гавриленко*, Г. Э. Здоровеннова**, Р. Э. Здоровеннов**

* Санкт-Петербургский государственный университет

** Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

ВВЕДЕНИЕ

Зимний термический режим мелководных озер умеренной зоны изучен достаточно хорошо. Однако большинство проводимых натуральных исследований ограничиваются краткосрочными температурными съемками, не дающими достоверной информации об эволюции термической структуры озера в течение зимы. Установлено, что зимний термический режим озер, расположенных в одинаковых климатических условиях, определяется, главным образом, их морфометрическими характеристиками и особенностями ветрового перемешивания в период открытой воды (Форш, 1968; Фрейндлинг, 1991 и др.). Период зимнего нагревания, по определению Б. Д. Зайкова, начинается с появлением сплошного ледяного покрова, когда теплоотдача в атмосферу резко падает и вследствие поступления тепла от донных отложений начинается повышение температуры водной толщи озера (Зайков, 1955). А. И. Тихомиров предлагает за начало гидрологической весны принимать момент, когда сумма теплозапасов водной массы и донных отложений водоема достигает минимума и ежесуточная результирующая теплового баланса становится устойчиво положительной величиной (Тихомиров, 1982).

Летом в стратифицированных озерах теплозапас донных отложений увеличивается незначительно, и средняя температура воды зимой за счет теплообмена с дном повышается на десятые доли градуса. Донные отложения озер, нагреваемых летом в состоянии неустойчивой термической стратификации, накапливают значительное количество тепла. К концу зимы температура воды в придонном слое таких озер достигает 4–6 °С (Форш, 1968; Кузьменко, 1976; Bengtsson, Svensson, 1996). Потоки тепла из донных отложений в воду максимальны сразу после появления льда и составляют в начале зимы 1,0–9,6, в конце зимы – 0,5–4,0 Вт·м⁻². Потоки тепла на границе вода – лед зимой имеют порядок 0,2–3,0 Вт·м⁻², весной возрастают до 4,5–10,0 Вт·м⁻² и более (Bengtsson, Svensson, 1996; Malm et al., 1996).

Теплоактивным принято считать слой донных отложений, ниже которого годовое измене-

ние температуры не оказывает влияния на теплозапас водоема. Например, на озерах Кубенском (Тихомиров, Егоров, 1977), Пуннус-Ярви (Красном) (Кузьменко, 1976) годовые колебания температур грунтов прослеживаются до глубин 4–5 м.

Движения воды в мелководном озере зимой могут возникать в результате действия речного стока, проникающей под лед солнечной радиации (Jonas et al., 2003). После появления льда влияние погодных условий на формирование термической структуры озера снижается. Однако усиление ветра или прохождение над акваторией озера барических образований может приводить к колебаниям льда и возникновению в озере связанных с ними сейшеобразных течений. Такие течения могут вносить существенный вклад в колебания теплосодержания мелководного озера в течение зимы (Петров и др., 2007). Зимний термический режим мелководного озера, в свою очередь, играет значительную роль в возникновении и поддержании циркуляции и перемешивания в озере: вследствие неоднородного поступления тепла из донных отложений появляются градиенты плотности и течения, направленные вдоль склонов озера в глубоководную часть (Malm et al., 1998).

В последние годы все шире применяются методы математического моделирования, позволяющие воспроизводить сезонный ход температур в деятельном слое донных отложений, а также изменение во времени теплообмена на границе вода – дно (Ryanzhin, 1997; Golosov, Ignatieva, 1999). При решении таких задач возрастают требования к качеству данных натуральных исследований, что требует применения новых высокоточных измерительных приборов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовались данные, полученные в ходе экспедиций Института водных проблем Севера (ИВПС) Карельского научного центра РАН на оз. Вендюрском.

Озеро Вендюрское расположено в южной части Карелии (широта 62°10'–62°20' N, долгота 33°10'–33°20' E). Оно относительно небольшое (площадь зеркала 10,4 км², объем вод

$\sim 5,5 \cdot 10^7 \text{ м}^3$) и мелководное (средняя глубина 5,3, максимальная – 13,4 м) (рис. 1). Котловина озера имеет ледниковое происхождение. Объем речного стока невелик. Коэффициент условного водообмена озера равен $0,4 \text{ год}^{-1}$. Прозрачность воды в оз. Вендюрском по диску Секки составляет 3–4 м. Донные отложения представляют собой песок на мелководье (на глубинах не более 2–3 м) и коричневые илы в глубоководной части озера. Толщина слоя илов достигает 0,4–1,0 м (Литинская, Поляков, 1975). Озеро Вендюрское является базовым объектом исследования ИВПС. С 1994 г. здесь проводятся ежегодные гидрофизические исследования, включающие измерение температуры воды и верхнего слоя донных отложений, течений (1994–1996 гг.), содержания растворенного кислорода (с 2000 г.), актинометрические измерения (весенние месяцы), а также сопутствующие наблюдения за метеопараметрами.

Начиная с июля 2007 г. на озере проводятся измерения температуры воды и верхнего 12-см слоя донных отложений с использованием двух термокос и специальной донной конструкции,

названной «катуша» (рис. 1). На термокосах и «катуше» размещены высокочувствительные RBR-термологгеры производства канадской фирмы «RBR Ltd.» (диапазон $-5 \dots +35 \text{ }^\circ\text{C}$, точность $\pm 0,002 \text{ }^\circ\text{C}$, разрешающая способность $< 0,00005 \text{ }^\circ\text{C}$), фиксирующие температуру с дискретностью по времени одна минута. Термокосы и «катуша» непрерывно находятся в озере в течение года, исключая 2–4 дня весной после схода льда и осенью до льдообразования, когда приборы из озера извлекаются для снятия данных, после чего опять помещаются в озеро на прежнее место. Местоположение приборов определяется с помощью GPS с точностью $\pm 20 \text{ м}$ по горизонтали. Данные о постановке термокос и «катуши» зимой 2007–2008 гг. приведены в табл. 1.

Цель работы: на основании анализа данных натуральных наблюдений выявить главные закономерности сезонной изменчивости термической структуры мелководного озера в период существования ледового покрова и оценить влияние гидродинамических процессов на ее формирование. В связи с этим были поставлены и решены следующие задачи:

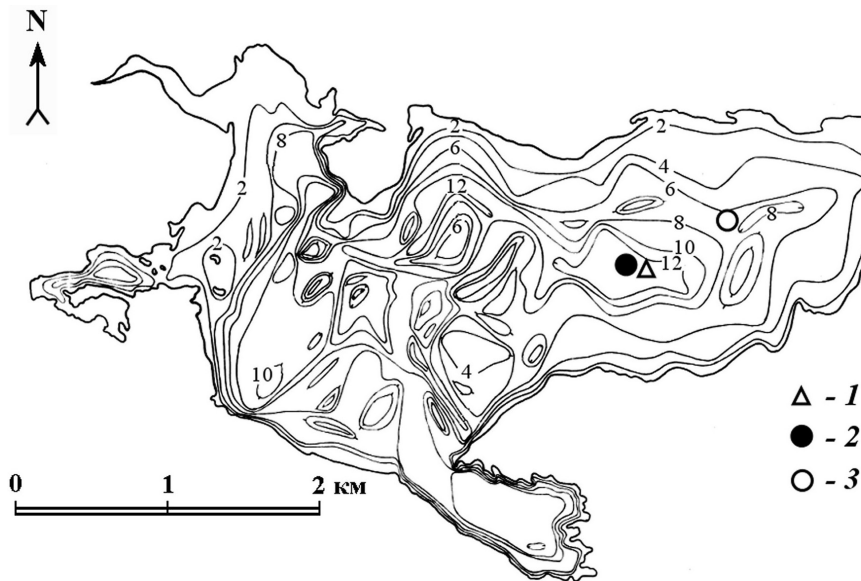


Рис. 1. Положение станций измерений:

1 – «катуша», 2 – «длинная» термокоса, 3 – «короткая» термокоса

Таблица 1. ДАННЫЕ О ПОСТАНОВКЕ ТЕРМОКОС И «КАТЮШИ» ЗИМОЙ 2007–2008 гг. (ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ – ТЕРМОДАТЧИК РАСПОЛОЖЕН В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ)

Период измерений	Станция, глубина, м	Координаты	Горизонты измерений, м, расстояние от датчика до дна (в скобках – расстояние от датчика до поверхности озера)
21.10.2007 26.05.2008	«Длинная» коса, 11,10 м	62°13,022' N 33°16,849' E	0,07 (11,03), 0,12 (10,98), 0,17 (10,93), 0,21 (10,89), 0,23 (10,87), 0,25 (10,85), 0,27 (10,83), 1,88 (9,22), 2,89 (8,21), 3,89 (7,21), 4,86 (6,24), 5,80 (5,30), 6,79 (4,31), 7,78 (3,32), 8,23 (2,87), 8,60 (2,50)
19.10.2007 26.05.2008	«Короткая» коса, 6,88 м	62°13,120' N 33° 17,430' E	0,08 (6,80), 0,13 (6,75), 0,18 (6,70), 0,23 (6,65), 0,93 (5,95), 1,88 (5,00), 2,88 (4,00), 3,40 (3,48), 3,80 (3,08), 4,30 (2,58)
19.10.2007 26.05.2008	«Катуша», 11,11 м	62°13,006' N 33°16,852' E	-0,12 (11,23), -0,10 (11,21), -0,08 (11,19), -0,06 (11,17), -0,04 (11,15), -0,02 (11,13), 0,00 (11,11), 0,02 (11,09), 0,04 (11,07), 0,30 (10,81)

- исследовать сезонную изменчивость термической структуры мелководного озера в зимний период по данным натурных измерений;
- выделить частотный диапазон колебаний температур;
- оценить периоды баротропных и бароклинных сейш оз. Вендюрского.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным термокос установлено, что озеро замерзло 14 ноября 2007 г. при средней температуре водной массы около 0,6 °С. Сразу после появления сплошного ледового покрова резко снизилась теплоотдача из воды в атмосферу, а передача тепла от донных отложений в воду продолжалась, вследствие чего началось зимнее нагревание водной толщи оз. Вендюрского. Наиболее быстрый рост температуры воды отмечался в течение первой недели ледостава в придонном слое в глубоководной части озера, как и в предыдущие годы наблюдений (Петров и др., 2006). Абсолютный максимум прироста температуры был зафиксирован на горизонте измерений 0,07 м на «длинной» термокосу в течение первых двух суток ледостава: 0,59–0,61 °С·сут⁻¹ (табл. 2). Затем скорость роста температуры в придонном слое резко снизилась: в течение недели до 0,11–0,15, к концу первого месяца ледостава – до 0,02–0,03 °С·сут⁻¹. Такой порядок скоростей роста температуры наблюдался на всех горизонтах водной толщи озера со второго месяца ледостава до начала весеннего подледного прогрева. В районе постановки «короткой» термокосы температура понижалась в течение первых суток ледостава, затем начался ее медленный рост со скоростью, не превышающей 0,50 в течение первой недели ледостава и снизившейся до 0,02 °С·сут⁻¹ к концу первого месяца зимы. К

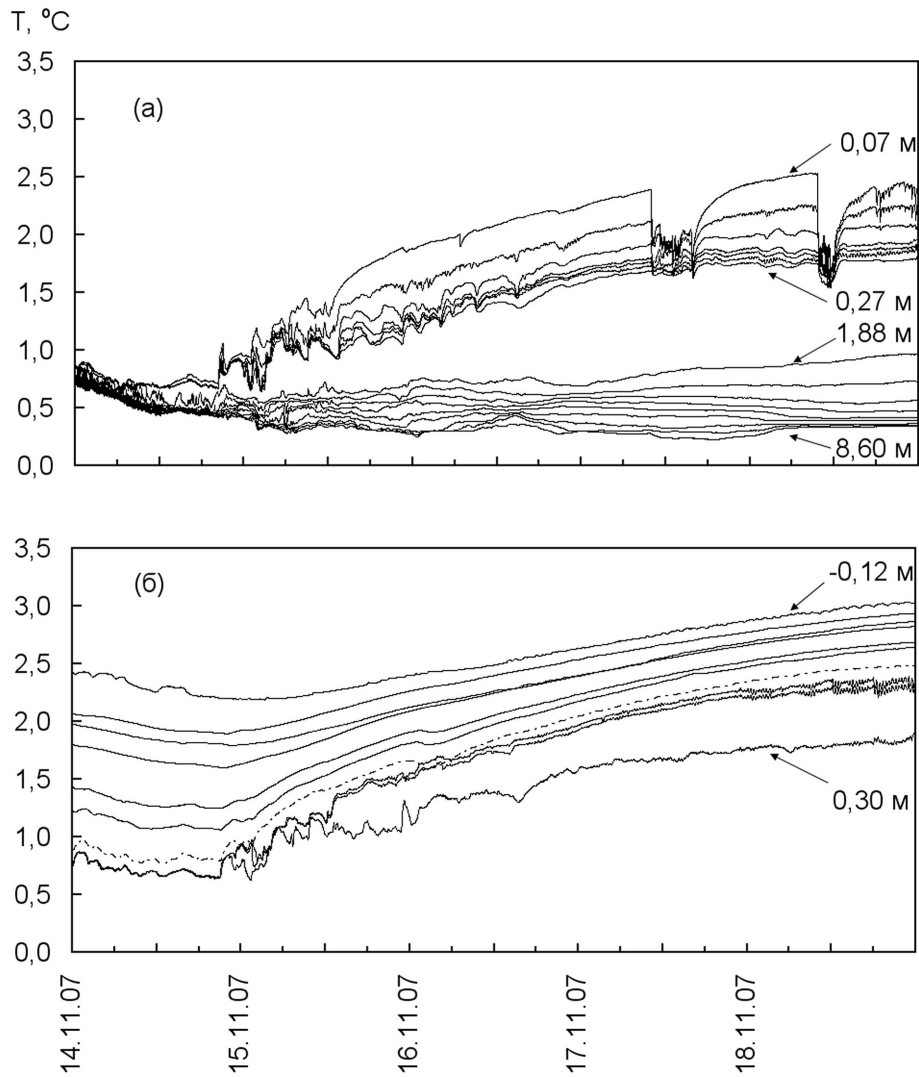
концу зимы температура придонного слоя в глубоководной части озера поднялась выше 5, в районе постановки «короткой» термокосы поднялась до 3 °С. Вскрытие ледового покрова озера происходило в период с 6 по 10 мая 2008 г.

В течение всей зимы в придонном слое глубоководной части озера на фоне повышения температуры неоднократно были зафиксированы резкие ее падения (на величину 0,05–0,80 °С) с последующим плавным ростом. Такие резкие падения температуры продолжались обычно 1–15 мин, наиболее часто – 6 мин, плавный рост до предшествующих падению значений – от 3 до 30 ч, наиболее часто – 3–9 ч (рис. 2).

Описанное явление трудно поддается объяснению, тем более что его синхронность между «длинной» термокосой и «катушей» (расстояние между станциями около 50 м) наблюдалась в редких случаях. Если связать это явление со стеканием по склону «ядер» более холодных вод из районов с меньшими глубинами в глубоководную часть озера, то в данных «длинной» термокосы и «катуши» должна быть синхронность выбросов, которая наблюдалась редко. Зачастую резкие колебания температуры в придонном слое «длинной» термокосы происходили одновременно с ее плавным ростом в придонном слое «катуши» и наоборот. По данным «длинной» термокосы в течение зимы 2007–2008 гг. было зафиксировано четыре периода интенсификации резких падений температуры: с 17 по 28 ноября, с 6 по 23 декабря, с 29 января по 17 февраля, с 25 марта по 10 апреля 2008 г. По данным «катуши» интенсификация колебаний температуры в придонном слое наблюдалась с 6 по 22 декабря, со 2 по 24 января, с 23 марта по 9 апреля. По данным «короткой» термокосы резких колебаний температуры в придонном слое зафиксировано не было.

Таблица 2. ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДНЕСУТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА РАЗЛИЧНЫХ ГОРИЗОНТАХ ВОДНОЙ ТОЛЩИ оз. ВЕНДЮРСКОГО В НАЧАЛЕ ЗИМЫ (ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ – Понижение температуры)

Период измерений	«Катуша»			«Длинная» термокоса				«Короткая» термокоса		
	Горизонт, м									
	–0,02	0,00	0,02	0,07	0,27	1,88	8,60	0,08	0,23	1,88
ΔT, °С·сут ⁻¹										
14–15.11.07	0,42	0,50	0,47	0,59	0,20	0,02	–0,10	–0,01	–0,06	–0,10
15–16.11.07	0,45	0,45	0,54	0,61	0,39	0,10	–0,01	0,06	0,02	–0,01
16–17.11.07	0,37	0,39	0,36	0,15	0,29	0,07	–0,05	0,40	0,37	0,13
17–18.11.07	0,23	0,22	0,17	0,12	0,06	0,11	0,07	–0,02	–0,03	–0,02
18–19.11.07	0,15	0,13	0,14	0,24	0,16	0,13	0,01	0,09	0,05	0,04
19–20.11.07	0,08	0,09	0,12	0,13	0,15	0,13	0,01	0,06	0,03	0,04
20–21.11.07	0,11	0,13	0,14	0,11	0,15	0,11	0,02	0,06	0,06	–0,08
21–27.11.07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,11	0,08	0,00	0,02	0,02	0,01
27.11–4.12.07	0,05	0,05	0,05	0,04	0,06	0,04	0,00	0,02	0,03	0,01
4–13.12.07	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,04	0,00	0,04	0,03	0,03
13–20.12.07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02
20–27.12.07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02



Р и с . 2 . Изменение температуры водной толщи и верхнего 12-см слоя донных отложений в глубоководной части озера в период 14–18.11.2007 г.:

а – данные «длинной» термокосы, б – данные «катюши», пунктирной линией обозначена граница вода – дно. На рисунке указано расстояние от датчика до границы вода – дно, м, расстояние от датчика до поверхности озера см. в табл. 1

На протяжении зимы на всех станциях наблюдений в придонном слое отмечались колебания температуры с периодами, близкими к теоретически рассчитанным периодам продольной (25–30 мин) и поперечной (6–7 мин) сейш оз. Вендюрского (Malm et al., 1996), а также усиления этих колебаний с периодом, близким к суткам. Амплитуда колебаний температуры при таких короткопериодных пульсациях достигала 0,1 °С, однако в большинстве случаев составляла 0,02–0,05 °С. Температура вышележащей водной толщи повышалась плавно, без резких скачков.

С помощью спектрального анализа были оценены основные периоды колебаний температуры воды придонного слоя, составившие 5–6, 23–27 мин, 1–3, 6–8, 11–12, 22–26 ч, 1,7–

2,6, 3,1–4,1, 5–6, 13–15 сут (табл. 3). Были оценены периоды первой моды продольной бароклинной сейши оз. Вендюрского по формуле (Gill, 1982):

$$T_1 = \frac{2\pi L}{NH}, \quad (1)$$

где T_1 – период первой моды бароклинной сейши; L – максимальная длина озера, м; N – частота плавучести, c^{-1} ; H – средняя глубина, м.

Рассчитанные периоды продольной бароклинной сейши оз. Вендюрского, составившие 9–10 и 12–13 сут для «длинной» и «короткой» термокос, соответственно, неплохо согласуются с расчетными данными, полученными по наблюдениям других лет (Петров и др., 2006).

Таблица 3. ОСНОВНЫЕ ПЕРИОДЫ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИДОННОГО СЛОЯ ТЕРМОКОС $T_{лс}$ И ПЕРИОД ПЕРВОЙ МОДЫ БАРОКЛИННОЙ СЕЙШИ оз. ВЕНДЮРСКОГО T_1

	«Длинная» коса			«Короткая» коса		
	$T_{лс}$, ч	$T_{лс}$, мин	T_1 , сут	$T_{лс}$, ч	$T_{лс}$, мин	T_1 , сут
15–20.11.2007	24,6, 14,0, 11,3, 6,7, 4,5	26	11,6–9,5	3–4, 1,7, 0,8	26, 11	22,9–15,6
21–30.11.2007	21,6,13,2, 10,5, 7,1, 3,9	26	9,3	22, 12, 3–4, 1,5	24, 12	15,2
01–10.12.2007	22,4, 8,1, 3,9, 2,6	23,8	9,2	24–25, 11,5, 4–5, 1–3	26, 10	14,6
11–20.12.2007	23,6, 10,2, 6,4, 3,3	24,6, 5,9	9,3	24–26, 12	26	14,1
21–31.12.2007	11,5, 6,5, 3,7	24,7	9,5	24–26, 12	24–26	13,8
01–10.01.2008	11,6, 3,1, 1,5	24,6, 13,1	9,6	24–25	26	13,5
11–20.01.2008	7,7, 2,4	23,9, 13,4	9,7	23,8, 12	26, 27	13,5
21–31.01.2008	22,4, 12,9, 6,5, 2,4	24,8, 8,9, 6,2–5,5	9,8	23,8, 11,9	26,4	13,4
01–10.02.2008	23,6, 7,9, 2,9	24,1, 14,5, 6,1–5,3	9,9	23,6, 11,2, 3	25,9, 26,8	13,3
11–20.02.2008	24,2, 6,8, 2,6	25,1, 11,8, 6,3–5,1	10,0	24, 11, 4–5, 1–3	26,9	13,3
21–29.02.2008	12,6, 5,9, 2,3	24,4, 6,3	10,1	24,3, 11,7, 4	27,3	13,2
01–10.03.2008	11,9, 2,9	23,9, 5,9	10,1	23,6, 12,6,	26,9	13,2
11–20.03.2008	22,6, 12,1, 2,8	24,5, 11,4	10,1	23,8, 11,5, 3	26,8	13,1
21–31.03.2008	23,1, 6,2, 2,4	25,2, 11,7	10,1	23,9, 11,4	26	13
01–10.04.2008	24,1, 12,2, 6,9, 3,1	24,8, 11,6	10,1	23,3, 12,1, 4–5, 2,8	26	12,9
11–20.04.2008	11,5, 7,0, 2,9	24,3, 12,0	10,1	36		12,8
21–30.04.2008	20,9, 7,5, 3,8	26,1,14,1	10,1	25,1, 11,7, 5		12,7
01–06.05.2008	12,6, 6,9, 3,3	24,9	10,0	25,3, 11,9, 5		12,4
15.11.2007– 06.05.2008	13–15, 9–11, 5–6, 3,1– 4,1, 1,7–2,6 сут; 24, 12 ч			21, 13, 7–8, 5, 2 сут; 24 ч		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Зимнее нагревание водной толщи оз. Вендюрского продолжается около 160 сут. Наиболее быстрый рост температуры воды наблюдается в придонном слое в глубоководной части озера в первые дни ледостава. Скорость роста температуры быстро снижается и начиная со второго месяца ледостава не превышает $0,03 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{сут}^{-1}$.

В течение всей зимы в придонном слое глубоководной части озера периодически фиксируются резкие падения температуры (в течение 1–15 мин) на величину $0,1\text{--}0,6 \text{ } ^\circ\text{C}$ с последующим плавным ростом (в течение 3–30 ч). В течение зимы наблюдается несколько периодов усиления таких колебаний продолжительностью 15–20 сут.

На протяжении зимы в придонном слое озера практически постоянно наблюдаются колебания температуры с периодами, близкими к теоретически рассчитанным периодам продольной (25–

30 мин) и поперечной (6–7 мин) сейш оз. Вендюрского, а также усиления этих колебаний с периодом, близким к суткам. Амплитуда колебаний температуры при таких короткопериодных пульсациях достигает $0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$, однако в большинстве случаев составляет $0,02\text{--}0,05 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Основные периоды колебаний температуры воды придонного слоя озера, оцененные с помощью спектрального анализа, составляют 5–6, 23–27 мин, 1–3, 6–8, 11–12, 22–26 ч, 1,7–2,6, 3,1–4,1, 5–6, 13–15 сут. Бароклинные сейши оз. Вендюрского (период первой моды 9–13 сут) могут вносить определенный вклад в изменчивость температуры придонного слоя.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 07-05-00351). Авторы выражают благодарность за предоставленные данные и ценные советы сотрудникам лаборатории гидрофизики ИВПС КарНЦ РАН А. Ю. Тержевику, Н. И. Пальшину, А. В. Митрохову.

ЛИТЕРАТУРА

Зайков Б. Д. Очерки по озероведению. Л.: Гидрометеиздат, 1955. 272 с.

Кузьменко Л. Г. Термический режим водной массы и донных отложений озера // Биологическая продуктивность озера Красного. Л.: Наука, 1976. С. 18–36.

Литинская К. Д., Поляков Ю. К. Озера Вендюрской группы – Урос, Риндозеро, Вендюрское // Водные ресурсы Карелии и их использование. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1975. С. 57–66.

Петров М. П., Тержевик А. Ю., Здоровеннов Р. Э., Здоровеннова Г. Э. Особенности термической структуры мелководного озера в начале зимы // Водные ресурсы. 2006. Т. 33, № 2. С. 154–162.

Петров М. П., Терзевик А. Ю., Здоровеннов Р. Э., Здоровеннова Г. Э. Движения воды в мелководном озере, покрытом льдом // Водные ресурсы. 2007. Т. 34, № 2. С. 131–140.

Тихомиров А. И. Термика крупных озер. Л.: Наука, 1982. 232 с.

Тихомиров А. И., Егоров А. Н. Термический режим и теплозапасы // Озеро Кубенское. Ч. 1: Гидрология. Л.: Наука, 1977. С. 257–285.

Форш Л. Ф. Термический режим, тепловой баланс озер и роль иловой толщи в их тепловом бюджете // Озера различных ландшафтов Северо-Запада СССР. Ч. 1. Л.: Наука, 1968. С. 166–208.

Фрейндлинг В. А. Температурные условия водоемов // Поверхностные воды озерно-речной системы Шуи в условиях антропогенного воздействия. Петрозаводск: Карелия, 1991. С. 36–39.

Bengtsson L., Svensson T. Thermal regime of ice-covered Swedish lakes // Nordic Hydrol. 1996. Vol. 27, N 2. P. 39–56.

Gill A. E. Atmosphere-ocean dynamics. N.Y.: Acad. Press, 1982. 662 p.

Golosov S. D., Ignatieva N. V. Hydrothermodynamic features of mass exchange across the sediment-water interface in shallow lakes // Hydrobiologia. 1999. Vol. 408/409. P. 153–157.

Jonas T., Terzhevik A. Y., Mironov D. V., Wuest A. Radiatively driven convection in an ice-covered lake investigated by using temperature microstructure technique // J. Geophys. Res. 2003. Vol. 108, N C6. 3183. doi: 10.1029/2002JC001316.

Malm J., Terzhevik A., Bengtsson L. et al. A field study of Thermo- and Hydrodynamics in three Small Karelian Lakes during winter 1994/1995. Lund: University of Lund, 1996. 220 p.

Malm J., Bengtsson L., Terzhevik A. et al. A field study on currents in a shallow ice-covered lake // Limnol. Oceanogr. 1998. Vol. 43, N 7. P. 1669–1679.

Ryazhin S. V. Thermophysical properties of lake sediments and water-sediments heat interaction. Department of Water Resources Engineering, Institute of Technology. University of Lund. 1997. N 3214. 96 p.

ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ КАРЕЛИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

Ю. С. Разуваева*, М. С. Потахин**

* Карельская государственная педагогическая академия

** Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

ВВЕДЕНИЕ

Территория Карелии обладает густой, хорошо развитой гидрографической сетью, насчитывающей около 27 тыс. рек и более 61 тыс. озер (Каталог..., 2001). Водные объекты и их ресурсы издавна привлекали людей. Первобытный человек селился преимущественно по берегам; вплоть до XX в. на территории Карелии, как правило, не встречалось ни одного поселения, расположенного вне линии озерно-речной сети. Данный факт объясняется тем, что основным источником пищи наших предков была рыба, а также тем, что зачастую водные объекты являлись единственными путями сообщения. Во времена Средневековья население Карелии стало использовать силу воды для приведения в действие мукомольных мельниц, а в начале XVIII в., с развитием дерево- и металлообработки, вододействующие установки становятся неотъемлемой частью лесопильных, чугунно- и медеплавильных заводов. С XX в., в связи с бурным развитием промышленности, использование воды в хозяйственных целях многократно возросло.

Современное использование водных объектов часто сопровождается их преобразованием. В одних случаях происходит качественное изменение состава природных вод в результате сброса в реки и озера промышленных и коммунальных стоков. В других случаях происходят количественные изменения водных объектов – увеличение площадей озер в результате образования водохранилищ, обсыхание рек в результате строительства плотин и т. д. Также появляются новые, рукотворные водные объекты, например, каналы для судоходства, лесосплава или мелиорации и др. Цель настоящей работы – проследить, как изменилась гидрографическая сеть Карелии в результате создания искусственных водоемов – водохранилищ.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ

В отличие от озера, водоема с естественным режимом, водохранилище является водоемом, режим которого регулируется человеком. В настоящее время существует много определений понятия «водохранилище».