

*В.В. Законнов*

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Россия

#### ОПАДОУТВОРЕННЯ У ВОДОСХОВИЩАХ РІЗНОГО ТИПУ

На підставі власних досліджень та узагальнення матеріалів з процесів утворення донних відкладів у Волжському, Дніпровському і Ангарському каскадах та водоймищах басейну нижнього Дону, що відрізняються низкою класифікаційних ознак та географічним розміщенням, встановлені загальні закономірності опадоутворення для водоймищ уповільненого водообміну.

*Ключові слова: опадоутворення, седиментація, рівнинні та передгірські водосховища*

*V.V. Zakonnov*

Institute of Biology of Inside Water RAS, Russia

#### SEDIMENT FORMATION IN THE DIFFERENT TYPE RESERVOIR

General patterns of sediment formation in reservoirs with slow water circulation have been determined on the basis of the author's data and generalized materials on processes of sediment formation in the Volga, Dnieper and Angara cascades and in reservoirs of the Lower Don basin differed by quite a number of classification features and geographical position.

*Key words: sediment formation, sedimentation, flat and submountain reservoir*

УДК 556.113.2.04

**А.В. ЗАКОННОВА, А.С. ЛИТВИНОВ**

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., 152742, Россия

## **МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

---

Представлены результаты исследований многолетних изменений температуры воды Рыбинского водохранилища за период 1947–2008 гг. Выявлены и оценены линейные тренды. Установлена зависимость между температурой водной массы и поверхностного слоя воды.

*Ключевые слова: потепление климата, Рыбинское водохранилище, температура воды*

В последние годы большое внимание уделяется проблеме глобального потепления климата [2], связанной в первую очередь с повышением температуры воздуха. Исследования, проведенные в бассейне Рыбинского водохранилища, показали значимый рост среднегодовой температуры воздуха на побережье за период 1947–2005 гг. [3]. Особенно значительные изменения произошли в последней четверти XX ст., которые продолжаются и в настоящее время. Авторами установлено, что за последние 30 лет (1976–2005 гг.) повышение среднегодовой температуры воздуха на постах водохранилища составило за теплый период 1,4–1,6°C. С 1989 г. началось потепление, не имеющее себе равных по продолжительности и интенсивности, когда резко повысилась температура воздуха зимой и в среднем за год составила 6,0°C (ст. Переборы) при среднемноголетней 3,7°C. Выделяется также 2001 г. – теплый апрель (T=8,7°C) и 1999 г. – теплый июнь (T=20,8) и июль (T=22°C). Аномально теплым был 2008 г. (средняя температура в 2 раза выше нормы).

Изменение климатических условий в бассейне водохранилища привело к синхронному возрастанию температуры воды.

### **Материал и методы исследований**

В работе выполнен анализ многолетних данных по среднемесячной температуре воды Рыбинского водохранилища за период 1947–2008 гг.

В климатологии для выявления тенденций изменения характеристик используется осреднение по тридцатилетиям. В настоящее время ВМО (Всемирная метеорологическая организация) в качестве нормы выбран период 1961–1990 гг. Поэтому сравнение температур воды проводилось относительно указанного периода.

Многолетняя изменчивость температуры воды проводилась при выявлении и оценке линейных трендов. Статистическая значимость линейного тренда оценивалась по величине  $R^2$

## ПРИСНОВОДНА ГІДРОБІОЛОГІЯ

(коэффициент детерминации). Его значение показывает каков вклад линейного тренда в общую изменчивость температуры воды. При объеме выборки 50 лет и более это соответствует величине  $R^2 > 0,08$  [ 4 ].

При анализе использовались программы Excel и Statistika.

### Результаты исследований и их обсуждение

За рассматриваемый период средняя за май-октябрь температура поверхностного слоя воды водохранилища составила 13,9°C с колебаниями 11,3 (1976 г.) и 15,7°C (2008 г.) (табл.1). Наибольшая разница в прогреве воды отмечалась в мае-июне – в среднем 10°C, а наименьшая в августе – 5°C. Следует отметить, что среднеиюньская поверхностная температура воды водохранилища в 3% случаев была выше средней температуры в июле (максимум на 2,8°C в 1995 г.). В то же время в августе водохранилище было более прогрето чем в июле уже в 6% случаев (при максимальной разнице 2,2°C в 1985 г.).

Таблица 1

Многолетняя температура поверхностного слоя воды Рыбинского водохранилища и ее статистические характеристики (1947–2008 гг.)

Месяц	$T_{\text{ср}}$	$T_{\text{макс}}$	$T_{\text{мин}}$	$\sigma$	$\sigma^2$	Me
3-я декада апреля	2,6	8,0	1,1	3,4	3,0	2,0
Май	8,9	14,2	4,0	4,8	5,9	8,9
Июнь	16,7	22,2	12,3	4,3	4,6	16,8
Июль	19,8	24,2	16,5	3,5	3,0	19,9
Август	18,6	21,4	16,5	2,1	1,1	18,6
Сентябрь	12,9	15,3	9,1	2,8	1,9	12,8
Октябрь	6,2	9,3	2,6	3,2	2,6	6,1
1-ая декада ноября	2,2	5,6	0,1	2,9	2,0	2,1
Средние значения за май-октябрь	13,9	15,7	11,3	1,9	0,9	13,8

Примечание:  $T_{\text{ср}}$ ,  $T_{\text{макс}}$ ,  $T_{\text{мин}}$  – средняя, максимальная и минимальная температуры воды, °C,  $\sigma$  – стандартное отклонение, °C,  $\sigma^2$  – дисперсия, °C, Me – медиана, °C

Для выявления тенденций изменения температуры воды среднемесячные ряды наблюдений были разделены на три периода: 1947–1960 (I), 1961–1990 (II – климатическая норма) и 1991–2008 гг. (III). Для каждого периода рассчитаны средние месячные значения температуры воды, а затем между каждым соседним периодом были найдены аномалии ( $\Delta t$ ) (табл. 2).

При сравнении I и II периодов можно отметить, что для всех месяцев (кроме июня) аномалии незначительны. Сравнение II периода с современным показало устойчивое повышение температуры воды во все месяцы. Максимальное повышение отмечено весной в 3-ей декаде апреля ( $\Delta t=1,3^\circ\text{C}$ ), летом в июле-августе ( $\Delta t=1,0^\circ\text{C}$ ) и осенью в октябре ( $\Delta t=1,1^\circ\text{C}$ ).

Таблица 2

Средние температуры поверхностного слоя воды Рыбинского водохранилища в разные периоды и их аномалии ( $\Delta t$  – аномалии температуры воды выделены жирным шрифтом)

Период	3-я декада IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	1-ая декада XI	V-X
1947–1960(I)	2,0	8,6	17,0	19,4	18,6	13,0	5,7	2,1	13,7
1961–1990 (II)	2,2	8,8	16,3	19,6	18,4	12,7	5,9	2,1	13,6
$\Delta t(I-II)$	0,2	0,2	-0,7	0,2	-0,2	-0,3	0,2	0,0	-0,1
1991–2008 (III)	3,5	9,3	17,3	20,6	18,9	13,2	7,0	2,3	14,4
$\Delta t(II-III)$	1,3	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	1,1	0,2	0,8
$\Delta t(I-III)$	1,5	0,7	0,3	1,2	0,3	0,2	1,3	0,2	0,7

Средняя температура за май-октябрь выросла на 0,8° C. Следует отметить, что для всех месяцев I и III периодов разница между температурой воды положительная.

При анализе изменчивости многолетнего хода температуры воды важная роль отводится выявлению и оценке трендов. За период 1947–2008 гг. прослеживается тенденция увеличения средней за май-октябрь температуры поверхностного слоя акватории Рыбинского водохранилища – выявлен на 5% -ном уровне значимости положительный линейный тренд. Многолетняя динамика средней температуры воды отдельных месяцев имеет свои особенности – положительный тренд

установлен ранней весной (первая декада апреля), летом (июль) и осенью (октябрь), а в остальные месяцы он не значим (рис. 1).

Максимальная скорость роста значений температуры воды за период 1976–2008 гг. в июле – 0,8 и октябре – 0,7°C/10 лет.

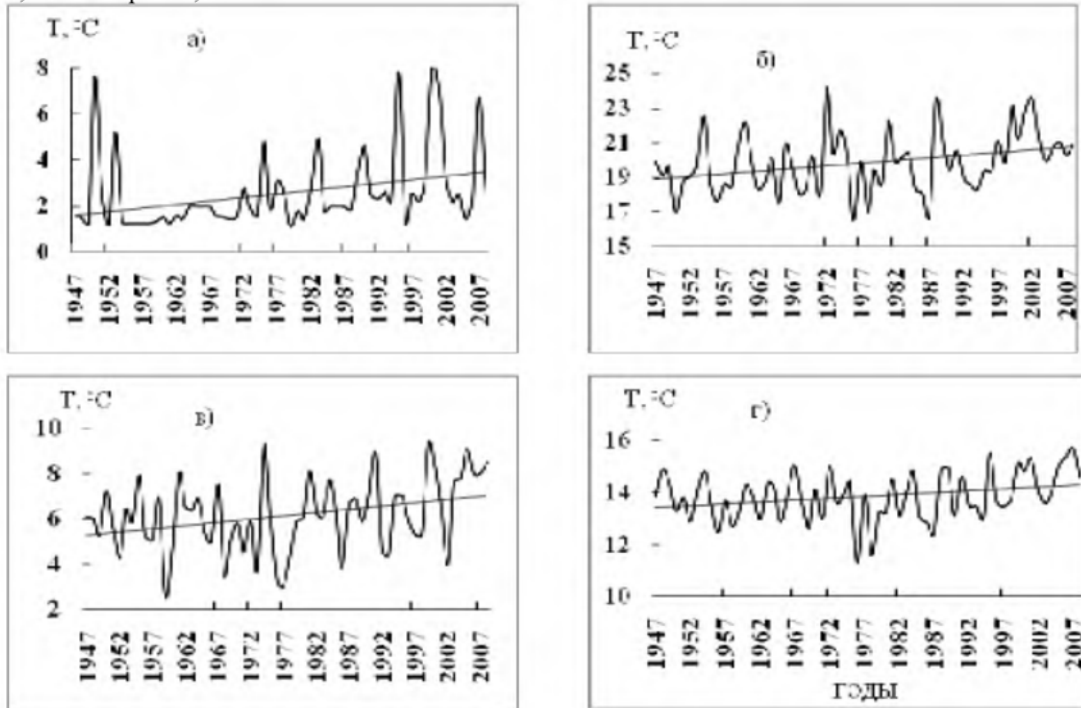


Рис. 1. Временной ход средней температуры воды Рыбинского водохранилища: а – 3-я декада апреля ( $y=0,032x+1,55, R^2=0,112$ ); б – июль ( $y=0,030x+18,86, R^2=0,102$ ); в – октябрь ( $y=0,028x+5,26, R^2=0,102$ ); г – май-октябрь ( $y=0,014x+13,4, R^2=0,075$ )

Анализ корреляционной матрицы распределения температуры воды по месяцам показал, что значительные связи сохраняются в основном между соседними месяцами. Следует отметить, что наиболее длительные связи июля, которые распространяются на август и октябрь, т. е. средняя температура июля оказывает влияние на среднюю температуру августа и октября.

Вследствие мелководности Рыбинское водохранилище характеризуется в основном равномерным распределением температуры воды по глубине. Высокий прогрев придонных слоев воды и дна летом является особенностью термического режима водоема [1]. Определена прямая зависимость средней за май-октябрь температуры водной массы от температуры поверхностного слоя воды (рис. 2).

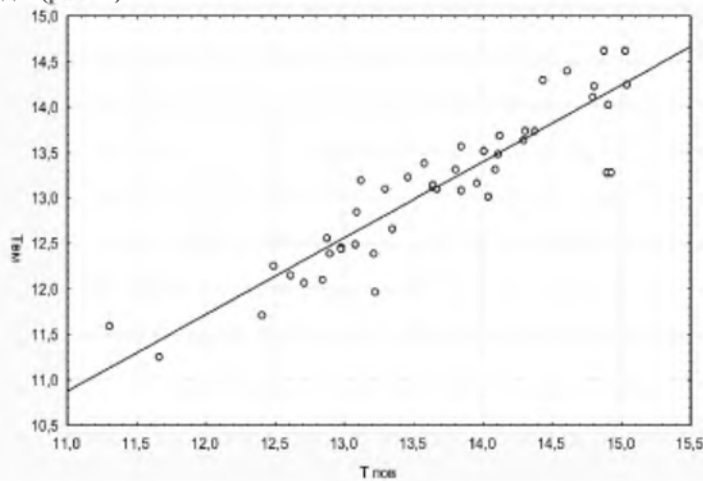


Рис. 2. Зависимость температуры водной массы от температуры поверхностного слоя воды ( $T_{вм} = 1,62 + 0,84 T_{пов}, N=45$ )

Исследования показали, что период 1991–2008 гг. характеризуется более высокими температурами воды в водохранилище в течение всего безледного периода (начиная с 1995 г. отмечались только положительные аномалии). По сравнению с многолетними данными очищение водохранилища ото льда весной происходит на 5 дней раньше, средняя дата установления ледостава не изменилась, продолжительность периода открытой воды увеличилась с 199 до 203 дней, возросло количество декад с температурой воды  $\geq 20^{\circ}\text{C}$ .

#### **Выводы**

За период существования Рыбинского водохранилища средняя за май-октябрь температура поверхностного слоя воды составила  $13,9^{\circ}\text{C}$  с колебаниями от  $11,3^{\circ}\text{C}$  до  $15,7^{\circ}\text{C}$ .

В многолетнем ходе температуры воды третьей декады апреля, июля, октября и средней за май-октябрь отмечена тенденция к повышению.

В 1991–2008 гг. в течение всего периода открытой воды средняя температура поверхностного слоя на  $0,5\text{--}1,3^{\circ}\text{C}$  выше климатической нормы.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 10-05-00593).

1. *Буторин Н.В.* Температура воды и грунтов Рыбинского водохранилища / Н.В. Буторин, Т.Н. Курдина, С.С. Бакастов. – Л.: Наука, 1982. – 224 с.
2. *Израэль Ю.А.* Изменение глобального климата. Роль антропогенных воздействий / Ю.А. Израэль, Г.В. Груза, В.П. Мелешко // Метеорология и гидрология. – 2001. – № 5. – С. 5–21.
3. *Литвинов А.С.* Многолетние изменения элементов гидрометеорологического режима Рыбинского водохранилища / Литвинов А.С., Рощупко В.Ф. // Метеорология и гидрология. – 2010. – № 6. – С. 88–95.
4. *Шиловецова О.А.* Многолетние изменения температуры воздуха на Северо-Западном Таймыре и Нижнем Енисее в XX веке / Шиловецова О.А., Романенко Ф.А. // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 3. – С. 55–68.

*А.В. Законнова, А.С. Литвинов*

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Россия

#### **БАГАТОРІЧНІ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ РИБІНСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА**

Представлені результати досліджень багаторічних змін температури води Рибінського водоймища за період 1947–2008 рр. Виявлено та оцінено лінійні тренди. Встановлено залежність між температурою водної маси та поверхні води.

*Ключові слова: потепління клімату, Рибінське водосховище, температура води*

*A.V. Zakonnova, A.S. Litvinov*

Institute of Biology of Inside Water RAS, Russia

#### **THE WATER TEMPERATURE LONG-TERM CHANGES OF THE RYBINSK RESERVOIR**

Results of the studies of long-term changes in water temperature in the Rybinsk Reservoir in 1947-2008 are presented. Linear trends have been found and evaluated. The relationship between the temperature of the water mass and the surface water in the reservoir has been established.

*Key words: climate warming, Rybinsk reservoir, water temperature*

УДК 577.152.3:597.556.33.1(262.5-16)

**В. В. ЗАМОРОВ, И. Л. РЫЖКО, О. В. ДРУЗЕНКО, Л. В. ИВАНОВА**

Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова

Шампанский пер., 2, Одесса 65058, Украина

#### **ТКАНЕВЫЕ ЭСТЕРАЗЫ БЫЧКА-ГОЛОВАЧА, БЫЧКА-КРУГЛЯКА И БЫЧКА-ПЕСОЧНИКА ИЗ ПРИДУНАЙСКОГО ОЗЕРА ЯЛПУГ**

Методом электрофореза анализировали тканевые эстеразы бычка-головача, бычка-кругляка и бычка-песочника из придунайского озера Ялпуг. Показаны межвидовые отличия в числе молекулярных форм эстераз, а также высокая степень сходства по электрофоретической подвижности отдельных форм карбоксиэстераз.