

FEATURES FUNCTIONING RESERVOIR AS NATURAL-TECHNOGENOUS OBJECT

Features of operation of reservoirs as natural-technogenous objects. The estimation of influence of technological factors on ecosystems reservoirs is given. The features of chemical composition and hydrochemical regime of Votkinsk reservoir in relation to its morphological regions, assessed the role of technogenous factors in its formation.

Key words: reservoir; operation; morphology; chemical composition; pollution; technogenous factor.

Svetlana A. Dvinskikh, Doctor of Geography, Professor of Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm Russia 614990; hydrology@psu.ru

Alexandr B. Kitaev, Candidate of Geography, Professor of Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm Russia 614990; hydrology@psu.ru

УДК 574.02:551.524.35 (282.247.413.5)

А.С. Литвинов, А.В. Законнова

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ
ПРИ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА²**

По материалам многолетних наблюдений дана характеристика термического режима, водного баланса, водообмена и уровня Рыбинского водохранилища в период потепления. Показано, что потепление климата, начавшееся с 1976 г. в его бассейне, привело к изменениям экологических условий в водохранилище.

Ключевые слова: потепление климата; Рыбинское водохранилище; термический режим; водный баланс; водообмен; уровень.

Материалы и методы исследования

Рыбинское водохранилище – одно из крупнейших водохранилищ Волжско-Камского каскада создано в 1947 г. С этого времени Рыбинской гидрометеорологической обсерваторией (РГМО) проводится мониторинг гидрометеорологических характеристик на береговых постах и акватории водоема. С 1959 г. по настоящее время сотрудники Института биологии внутренних вод РАН ведут исследования гидрологических, гидрохимических и гидробиологических характеристик водохранилища по разработанной схеме стандартных станций (рис. 1) [1]. Наличие рядов систематических комплексных собственных наблюдений продолжительностью более 50 лет и материалов РГМО позволяют проанализировать изменения экологических условий в водохранилище, происходящие при потеплении, на региональном уровне.

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ многолетних рядов температуры воздуха на побережье водохранилища – главного индикатора изменения климата – показал ее устойчивый рост с 1976 г. при максимальной скорости в первом десятилетии XXI в. (табл. 1). Повышение температуры воздуха в зимние месяцы способствовало более раннему очищению ото льда акватории водохранилища. До 1976 г. очищение ото

²©Литвинов А.С., Законнова А.В., 2014

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-05-00346) и Программы ОБН РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий».

Литвинов Александр Сергеевич, доктор географических наук, главный научный сотрудник лаборатории гидрологии и гидрохимии Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук; Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, д.50, кв. 6; litvinov@ibiw.yaroslavl.ru

Законнова Арина Васильевна, старший научный сотрудник лаборатории гидрологии и гидрохимии Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук; Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, д.59, кв. 42; zak@ibiw.yaroslavl.ru

Физическая география и геоморфология

льда происходило в среднем 3 мая, в период 1976–2010 гг. – 30 апреля, в последнее десятилетие – 26 апреля. Средняя продолжительность периода, свободного ото льда, увеличилась с 193 до 213 дней, при положительном линейном тренде.



Рис. 1. Схема Рыбинского водохранилища. Римские цифры – плесы: I – Волжский, II – Моложский, III – Шекнинский, IV – Главный; арабские – номера стандартных станций: 1 – Коприно, 2 – Молога, 4 – Наволоки, 5 – Измайлово, 3 – Средний Двор, 6 – Брейтово

Таблица 1

Средняя температура воздуха, °С, МС Рыбинск, ГМО

Период	1961–1990 гг. (норма)	1976–2010 гг.	2001–2010 гг.
Год	3,7	4,2	4,8
Ноябрь–март	-6,9	-6,0	-5,2
Март	-3,9	-3,0	-2,9
Апрель–октябрь	11,3	11,6	12,2

Сроки перехода температуры воды через ее экологически важные значения изменились: до потепления (1947–1975 гг.) установление гомотермии наблюдалось в среднем 6 мая, переход температуры воды через 10°C (начало биологического лета) – 19 мая. В период 1976–2008 гг. даты сместились на 4 и 16 мая соответственно. Осенью в годы потепления эти даты приходились на более поздние сроки [2].

По данным систематических наблюдений период интенсивного весенне-летнего прогрева характеризуется существенными различиями температуры по акватории водохранилища и термическим расслоением водной массы по вертикали. В мае температура по акватории в Главном плесе может изменяться от 5 до 14°C [3]. Максимальный прогрев поверхностного слоя водохранилища достигается во второй половине июля при температуре от 16,5 до 27°C.

Анализ температуры поверхностного слоя воды по десятилетиям показал, что ее изменения в отдельные периоды и месяцы неоднозначны (табл. 2). Однако в последнее десятилетие четко прослеживается ее рост в течение всего безледного периода (кроме июня, когда она снижается). Максимальное повышение отмечено в мае (2,0°C) и июле (1,7°C). Средняя температура воды за май–октябрь составляла 15,0°C, что на 0,9°C выше среднемноголетних значений.

После 2000 г. произошли изменения и в прогреве водной массы по вертикали. В 2010 г. наблюдались самые высокие летние температуры в водной толще Главного плеса за все время существования водохранилища (рис.2).

Средняя по десятилетиям температура воды Рыбинского водохранилища, °С

Период, гг.	3-я декада IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	1-я декада IX	Средняя за V-X
1951-1960	1,8	8,1	16,8	19,6	18,9	12,6	5,5	2,3	13,6
1961-1970	1,7	9,5	16,6	19,2	18,3	13,0	6,0	2,1	13,8
1971-1980	2,3	8,0	16,3	19,6	18,4	12,4	5,2	1,5	13,3
1981-1990	2,7	8,8	16,1	20,0	18,7	12,6	6,5	2,6	13,8
1991-2000	3,5	8,6	18,0	20,0	18,4	12,8	6,6	1,8	14,1
2001-2010	3,4	10,6	16,7	21,7	19,8	13,6	7,3	3,0	15,0

Потепление климата привело к изменению циркуляционных процессов в атмосфере и водных ресурсах бассейнов рек, подверженных воздействию климатических факторов. Водный баланс водоема отражает совокупное воздействие факторов, обусловленных колебаниями климата.

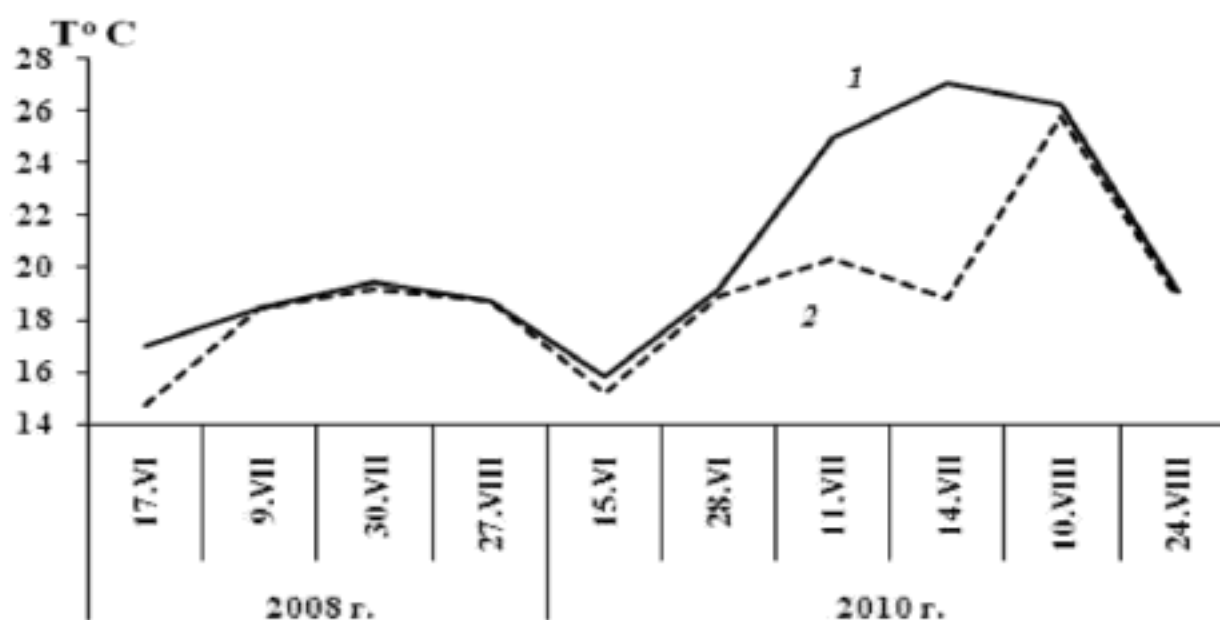


Рис. 2. Динамика летней температуры воды (1 – поверхностного слоя, 2 – придонного) в Главном плесе водохранилища

Основную роль в приходной части водного баланса Рыбинского водохранилища играет поверхностный приток, дающий 93,6%, осадки на зеркало – 6,4%. За период потепления поверхностный приток изменялся в 3 раза – от 17,69 км³ в маловодном 1996 г. до 53,39 км³ в многоводном 1990 г. при средней величине 33,71 км³ (табл. 3). Экстремально многоводных лет с притоком выше 40 км³ было 5, а маловодных с притоком меньше 20 км³ – 2. В экстремально многоводные годы за весеннее половодье в водохранилище поступало от 41 до 77% годового притока, а в маловодные от 38 до 58% [4].

В 1976–2010 гг. изменилось внутригодовое перераспределение стока рек бассейна водохранилища – увеличился зимний и снизился весенний. Зимний сток увеличился на 20%, а объем половодья снизился на 3%. Увеличение притока в феврале-марте обусловлено наиболее значительным повышением температуры воздуха в зимний период, что привело к сдвигу весеннего половодья на более ранние сроки (табл. 4). В целом, в период потепления среднегодовой приток увеличился на 2,34 км³, что связано с увеличением числа лет с водностью выше среднемноголетней.

Таблица 3

Характеристика основных составляющих водного баланса Рыбинского водохранилища в экстремальные по водности годы, км³

Год	Приход			Расход		
	Приток	Осадки	Σ	Сброс	Испарение	Σ
1990	53,39	3,23	56,62	42,17	1,75	43,92
1991	43,70	2,83	46,53	47,02	1,90	48,92
1996	17,69	1,62	19,31	15,46	1,52	16,98
1998	44,0	3,26	47,26	45,94	1,02	46,96
2002	18,73	1,62	20,35	22,21	1,75	23,96
2004	45,17	2,90	48,07	45,50	1,26	46,76
2009	42,48	2,58	45,06	42,47	1,77	44,24
1976-2011	33,71	2,41	36,12	31,48	1,66	33,14

Таблица 4

Внутригодовое распределение притока в водохранилище в годы разной водности, км³

I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	X	X	X	Год
Многоводный 1990 г.														
1,87	3,79	11,3	6,87	2,14	1,47	1,82	2,34	5,99	7,13	5,38	3,24			53,34
Маловодный 1996 г.														
1,04	1,03	1,31	2,76	3,25	0,82	1,63	0,76	0,59	0,94	1,38	2,19			17,69
Среднее за 1947-2011 гг.														
1,54	1,41	2,11	9,42	5,75	2,24	1,66	1,33	1,35	2,06	2,26	1,79			32,92

В связи со значительной внутригодовой изменчивостью притока в водохранилище и стока из него велика и межгодовая изменчивость водообмена (K_0). Среднемноголетнее значение K_0 Рыбинского водохранилища равно 1,9, период водообмена 6,3 мес. В период потепления в многоводном 1990 г. при коэффициенте водообмена 2,27 период водообмена уменьшился до 5,3 мес., а в маловодном 2002 г. при $K_0=1,24$ увеличился до 9,6 мес.

Режим уровня в водохранилище существенно отличался в годы разной водности (рис. 3). Минимальный уровень наполнения в период потепления (99,68 мм) отмечался в 1996 г. и был на 2,32 м ниже НПУ [5]. В самом многоводном 1990 г. максимальные среднемесячные уровни наблюдались в апреле–мае и октябре–ноябре вследствие большого половодья и обильных осадков в осенний период.

В многоводном 1990 г. максимальная площадь водохранилища на конец наполнения составила 4525 км², объем – 26,24 км³, а в маловодном 1996 г. – 3946 км² и 22,88 км³ соответственно.

Большой размах колебаний уровня, приводящий к образованию значительных площадей временного осушения мелководной зоны, – один из основных факторов, лимитирующих развитие донных биоценозов. Наименее благоприятные условия обитания донного населения наблюдаются в верхнем горизонте прибрежной зоны, испытывающей ежегодное осушение. Различие уровней наполнения водохранилища в разные по водности годы приводило к тому, что в маловодные годы верхний горизонт прибрежной зоны не затопливался и вся перезимовавшая фауна погибала, поскольку высыхание грунтов более губительно для гидробионтов, чем промерзание.

Колебания уровня водохранилища определяют ценофитическую структуру водной растительности. Типичное поясное ее распределение вследствие значительных сезонных изменений уровня выражается не всегда четко. В настоящее время зарастаемость водохранилища составляет 3,2% общей и 16% площади мелководий. Зарастанию в наибольшей степени подвержены устьевые участки рек, заостровные мелководья и глухие заливы [6].

Заключение

Анализ многолетних данных наблюдений на Рыбинском водохранилище позволил оценить направленные изменения характеристик его экосистемы, обусловленные как глобальными, так и антропогенными факторами. Проведение длительных систематических наблюдений позволяет охарактеризовать широкий диапазон изменений процессов, происходящих в водоеме. Первоочередные мероприятия по сохранению экосистемы водохранилища должны заключаться в оптимизации водо- и природопользования в его бассейне для обеспечения гидробиоценозов и населения экологически

Физическая география и геоморфология

полноценной, качественной водой. Все остальные виды водопользования (гидроэнергетика, судоходство, промышленность) допустимы лишь в той степени и до той поры, пока они не влияют на жизнеобеспечивающую функцию воды. Вода является, прежде всего, средой обитания живых существ и источником питьевого водоснабжения для человека и животного мира.

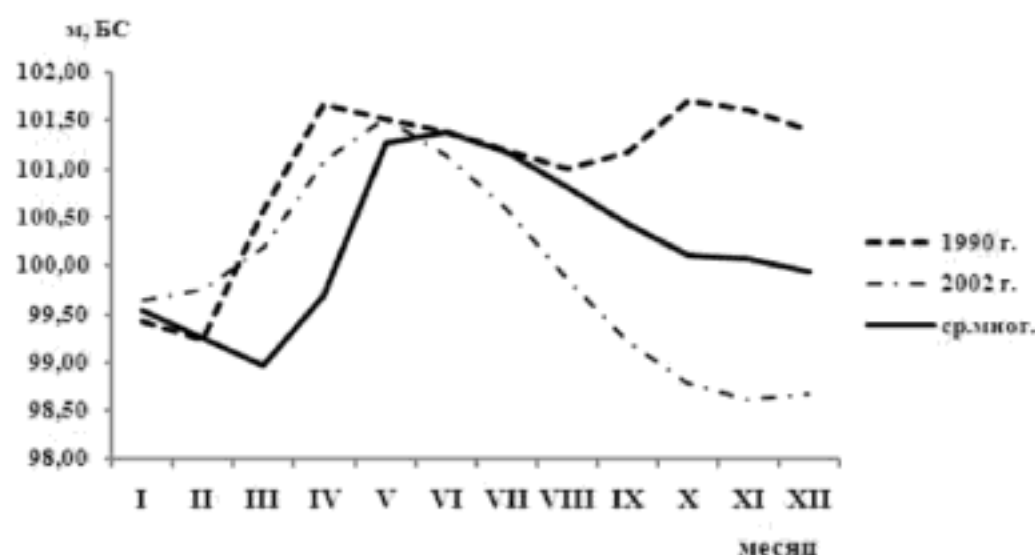


Рис. 3. Динамика среднемесячного уровня воды в годы разной водности

Библиографический список

1. Буторин Н.В. Гидрологические процессы и динамика водных масс в водохранилищах Волжского каскада. Л.: Наука, 1969. 319 с.
2. Литвинов А.С., Законнова А.В. Термический режим Рыбинского водохранилища при глобальном потеплении // Метеорология и гидрология. 2012. № 9. С. 91–96.
3. Литвинов А.С., Кучай Л.А., Соколова Е.Н. Ветровое волнение и термическая структура в Главном плесе Рыбинского водохранилища // Вода: химия и экология. 2011. № 2. С. 69–73.
4. Литвинов А.С. Экологические условия в Рыбинском водохранилище в экстремальные по водности годы // Вода: химия и экология. 2010. № 3. С. 2–5.
5. Литвинов А.С., Роцупко В.Ф. Многолетние и сезонные колебания уровня Рыбинского водохранилища и их роль в функционировании его экосистемы // Водные ресурсы. 2007. Т.34. №1. С. 33–40.
6. Экологические проблемы Верхней Волги. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001. 427 с.

Litvinov A.S., Zakonnova A.V.

ECOLOGICAL CONDITIONS IN THE RYBINSK RESERVOIR UNDER GLOBAL WARMING

According to the data of long-term observations the characteristics of the thermal regime, water balance, water exchange and the level of the Rybinsk reservoir during global warming are given. It is shown that global warming which started in 1976 has led to changes in ecological conditions in the reservoir.

Key words: global warming, Rybinsk Reservoir, thermal regime, water balance, water exchange, level.

Aleksandr S. Litvinov, Doctor of Geographical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Hydrology and hydrochemistry of the Institute of Biology of Inland Waters. ID Papanina Russian Academy of Sciences; Russia, 152742, Yaroslavl region, litvinov@ibiw.yaroslavl.ru

Arina V. Zakonnova, Senior Researcher sotrudniklaboratorii hydrology and hydrochemistry of the Institute of Biology of Inland Waters. ID Papanina Russian Academy of Sciences; Russia, 152742, Yaroslavl region., Nekouzsky zak@ibiw.yaroslavl.ru