

Особенности расчета теплосодержания водных-масс Воткинского водохранилища в осенний период

В.Г. Калинин, К.Д. Микова

Информация о теплосодержании водных масс необходима для изучения многих физических и химических процессов, происходящих в водохранилище. Это особенно важно в осенний период, когда сведения о теплозапасе и интенсивности охлаждения вод служат основой для составления прогнозов, связанных с появлением плавучего льда и замерзанием акватории водоема.

Одним из факторов, существенно влияющим на сроки возникновения ледовых явлений, служит запас тепла на дату перехода температуры воздуха через 0°C к отрицательным значениям, т.е. дату, с которой начинается интенсивное охлаждение водоема, приводящее к ледообразованию. Сведения о теплозапасе, опубликованные в гидрологических ежегодниках, рассчитаны на первое число каждого месяца для четырех крупных районов Воткинского водохранилища, деление на которые проведено без учета особенностей морфометрии [7]. Это накладывает существенное ограничение на использование рассчитанных значений теплозапаса для определения закономерностей формирования осенних ледовых явлений. В то же время существует возможность расчета теплозапаса на дату перехода температуры воздуха через 0°C в пределах гидролого-морфологических участков (рис. 1), выделенных И.К. Мацкевичем [3] на основе анализа распределения морфометрических характеристик.

Расчет теплозапаса выполнен за репрезентативный период с 1964 по 1995 г. [2] по формуле

$$Q=W \cdot \vartheta \cdot c \cdot \rho,$$

где Q – теплосодержание водной массы, 10^{15} Дж; W – объем, 10^6 м³; ϑ – средняя температура водной массы, $^{\circ}\text{C}$; c – удельная теплоемкость – $4,19 \cdot 10^3$ кг $^{\circ}\text{C}$; ρ – плотность – 10^3 кг/м³.

Для определения объемов водных масс по участкам водохранилища на начало интенсивного охлаждения водоема были использованы цифровые модели рельефа дна для каждого участка Воткинского водохранилища [6]. По уравнениям регрессии кривых объемов рассчитаны их ежегодные значения на дату перехода температуры воздуха через 0°C по метеостанции Пермь, где переход по сравнению с другими метеостанциями наблюдается в самые ранние сроки.

Для расчета средних температур воды по участкам собраны материалы ежегодных наблюдений на рейдовых вертикалях за сентябрь-ноябрь. Анализ информации показывает, что количество рейдовых вертикалей существенно изменялось в многолетнем разрезе (за период с 1964 по 1967 г. их было 25, с 1968 по 1979 г. – 11, с 1980 по 1995 г. – 6). Подобное изменение числа вертикалей, по которым вычисляются средние значения температур воды в пределах участков, может привести к снижению точности рассчитываемых характеристик. Для оценки последней за период с наибольшим количеством вертикалей рассчитана средняя в сечении температура воды по участкам Воткинского водохранилища по разному числу вертикалей.

© В.Г. Калинин, К.Д. Микова, 2006

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№№ 04-05-96051, 04-07-96007).

Вычислены отклонения полученных температур от величины, определенной по наибольшему количеству вертикалей. Максимальные ошибки находятся в пределах $1,0^{\circ}\text{C}$, что не превышает 6,4 % значения, рассчитанного по наибольшему количеству вертикалей. Они появляются при относительно высоких величинах температур ($9,0 - 16,0^{\circ}\text{C}$) и составляют единичные случаи. В среднем за оба периода сокращения вертикалей средняя погрешность расчетов не превышает $0,2^{\circ}\text{C}$ (2%). Столь незначительное отклонение можно объяснить устанавливающейся в осенний период гомотермией.

В соответствии с «Наставлением...» [5] измерения температуры воды по глубине на рейдовых вертикалях в безледоставный период должны производиться один раз в пятидневку. При большом числе рейдовых вертикалей, если их расположение не позволяет завершить работы в течение одного дня, один раз в пятидневку проводятся наблюдения на 2-3 ближайших вертикалях, на остальных один раз в декаду. На рейдовых вертикалях Воткинского водохранилища наблюдения за температурой воды проводились нерегулярно. Для восстановления необходимой информации построены зависимости средней температуры воды на участках ($\vartheta_{\text{уч}}$) по данным наблюдений на рейдовых вертикалях от температуры воды у берега по ближайшим водомерным постам ($\vartheta_{\text{в.п.}}$) за октябрь-ноябрь (рис. 2). Они имеют хорошие коэффициенты корреляции (0,94-1,00), что объясняется характерной для каждого участка термической однородностью в этот период, обусловленной наличием значительного стокового течения, небольшой шириной водоема и усилением ветрового перемешивания водных масс, в совокупности определяющими небольшой диапазон изменения температур. Оценка по критерию $\bar{S}/\bar{\sigma} \leq 0,80$ [1] показала, что рассчитанные значения $\bar{S}/\bar{\sigma}$ не превышают 0,33 - это свидетельствует о возможности использования зависимостей для восстановления рядов при расчетах теплозапаса.

Средняя погрешность проверочных расчетов не превышает 10%, обеспеченность допустимой погрешности - 100%. Проверка на независимом материале подтвердила хорошее качество зависимостей [4].

Индивидуальные гидрологические особенности участков приводят к неоднородности распределения температур воды, рассчитанных на дату перехода температуры воздуха через 0°C по акватории Воткинского водохранилища. Так, средние температуры воды участков за многолетний период существенно отличаются друг от друга. Наибольшие различия (до $5,2^{\circ}\text{C}$ в отдельные годы) наблюдаются у четвертого и шестого участков. Из-за медленного охлаждения значительных объемов водных масс, температура воды приплотинного участка в среднем на $2,0^{\circ}\text{C}$ выше, чем на четвертом, для которого характерно наличие обширной мелководной зоны. Наименьшие различия наблюдаются у трех верхних участков, условия которых близки к речным (рис. 1).

Таким образом, особенности морфометрии водоема, а именно соотношение глубоководной, мелководной и прибрежной зон различных участков определяют величину теплоемкости и ее пространственную неоднородность по акватории Воткинского водохранилища.

Выводы

1. Существенное сокращение числа вертикалей не сказывается на точности расчета средней температуры воды участков.

2. Предложенный вариант расчета теплозапаса для условий Воткинского водохранилища позволяет с достаточной точностью рассчитать среднесуточное количество тепла на каждом из участков водохранилища в течение всего периода остывания, что в свою очередь дает возможность дальнейшего использования величин теплозапаса для определения закономерностей формирования осенних ледовых явлений.

Библиографический список

1. *Бефани Н.Ф.* Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам / Н.Ф. Бефани, Г.П. Калинин. Л.: Гидрометеиздат. 1983. 391 с.
2. *Калинин В.Г.* О выборе необходимой продолжительности периода наблюдений ледового режима рек / В.Г. Калинин, Н.А. Трофимов // Метеорология и гидрология, 2001. № 8. С. 78-88.
3. *Матарзин Ю.М.* Специфика водохранилищ их морфометрия / Ю.М. Матарзин, И.К. Мацкевич, Б.Б. Богословский. Пермь. 1977. С. 49-52.
4. *Микова К.Д.* Оценка возможности восстановления рядов наблюдений за температурой воды для расчета теплозапаса / К.Д. Микова // Экология: проблемы и пути решения.: Матер. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов; Перм. ун-т. Пермь, 2003. С. 135-136.
5. *Наставление* гидрометеорологическим станциям и постам. Гидрологические наблюдения на озерах и водохранилищах. Вып. 7. Ч. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1973.
6. *Пьянков С.В.* Опыт создания цифровой модели рельефа дна водохранилища (на примере Камского) / С.В. Пьянков, В.Г. Калинин // Матер. Междунар. конф. «ИнтерКарто8: ГИС для устойчивого развития территорий». Хельсинки; СПб, 2002.
7. *Отчет ПГМО.* Кривые объемов и площадей зеркал Воткинского водохранилища. Пермь, 1968.