

УДК 556.555.4

В.Г. Калинин, О.А. Минакова, Л.Л. Коноплева

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В РАЙОНЕ ВЛИЯНИЯ СБРОСА ПОДОГРЕТЫХ ВОД ПЕРМСКОЙ ГРЭС

На основе данных натурных наблюдений исследуется термический режим Камского водохранилища в районе влияния сброса подогретых вод Пермской ГРЭС. Анализируются закономерности распространения подогретых вод в приплотинной части водохранилища в зависимости от определяющих факторов с учетом морфометрических особенностей участка.

Ключевые слова: водохранилище; термический режим; сброс подогретых вод; тепловое загрязнение.

В настоящее время водохранилища – наиболее распространенный тип охладителей для крупных тепловых электростанций. Одной из основных проблем при их использовании является изменение ледово-термического режима, гидрофизических и гидробиологических процессов, особенно в районах влияния сбросов подогретых вод [1; 2; 4].

Камское водохранилище используется не только для нужд энергетики, водоснабжения, рыбного и сельского хозяйства, водного транспорта, но и с 1986 г. в качестве водоема-охладителя Пермской ГРЭС. Мощность ГРЭС по плану эксплуатации составляет 4800 тыс. кВт (шесть энергоблоков по 800 тыс. кВт каждый). В период с 1986 по 1990 г. последовательно введены в строй первые три энергоблока (2400 тыс. кВт), которые функционируют по настоящее время. Всего по плану эксплуатации постоянно в работе должно находиться пять энергоблоков и один блок – в резерве. Для охлаждения одного энергоблока необходимо 28,3 м³/с воды. Общий циркуляционный расход воды при полной нагрузке будет составлять около 142 м³/с. Подача воды осуществляется соответствующим количеством насосов на насосной станции (рис. 1). Температура сбрасываемой воды по проектным данным не должна превышать фоновые значения на 5–6°C.

Поскольку в 2015 г. планируется ввод в эксплуатацию четвертого энергоблока, возникла проблема увеличения воздействия сбросов подогретых вод на термический режим Камского водохранилища. С начала работы ГРЭС при одном, двух и трех энергоблоках Пермским ЦГМС, при непосредственном участии авторов, выполнялись регулярные наблюдения за температурой и расходом воды в сбросном канале ГРЭС, температурой воды в поверхностном слое на веерном створе и по глубине на рейдовых вертикалях (рис. 2) в период открытого русла [8]. Анализ результатов этих уникальных наблюдений, которые ранее не публиковались, дает возможность выявить закономерности формирования термического режима исследуемого участка водохранилища и определить границы зоны влияния сбросов подогретых вод.

Пермская ГРЭС расположена на левом берегу водохранилища в 5 км выше г. Добрянки и в 60 км выше плотины Камской ГЭС. Забор воды на охлаждение ГРЭС осуществляется из Ломоватовского залива, в 2,5 км выше по течению, сброс – в Тюсинский залив, в 4 км ниже по течению от самой ГРЭС (рис. 1).

Южный приплотинный район Камского водохранилища является глубоководным со слабым развитием прибрежной зоны и почти полностью повторяет конфигурацию старого русла р. Камы. Ширина водохранилища составляет в среднем 2,5 км. Максимальные глубины наблюдаются над старым руслом р. Камы и достигают 24,5 м, средняя глубина – 10,7 м. Преобладающие глубины в русле – 20–23 м, на пойме – 10–15 м. Пойма везде сравнительно невелика, прибрежной зоны

© Калинин В.Г., Минакова О.А., Коноплева Л.Л., 2014

Калинин Виталий Германович, доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и ландшафтной экологии Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; vgakalinin@gmail.com

Минакова Ольга Анатольевна, ведущий гидролог Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала ФГБУ «Уральское УГМС»; Россия, 614030, г. Пермь, ул. Новогайвинская, 70; gidro@meteoperm.ru

Коноплева Лидия Леонидовна, гидролог второй категории Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала ФГБУ «Уральское УГМС»; Россия, 614030, г. Пермь, ул. Новогайвинская, 70; gidro@meteoperm.ru

практически нет. Характерной особенностью участка является наличие резких поворотов. Подводный склон очень крутой. На небольшом удалении от берега глубины составляют 9–12 м.

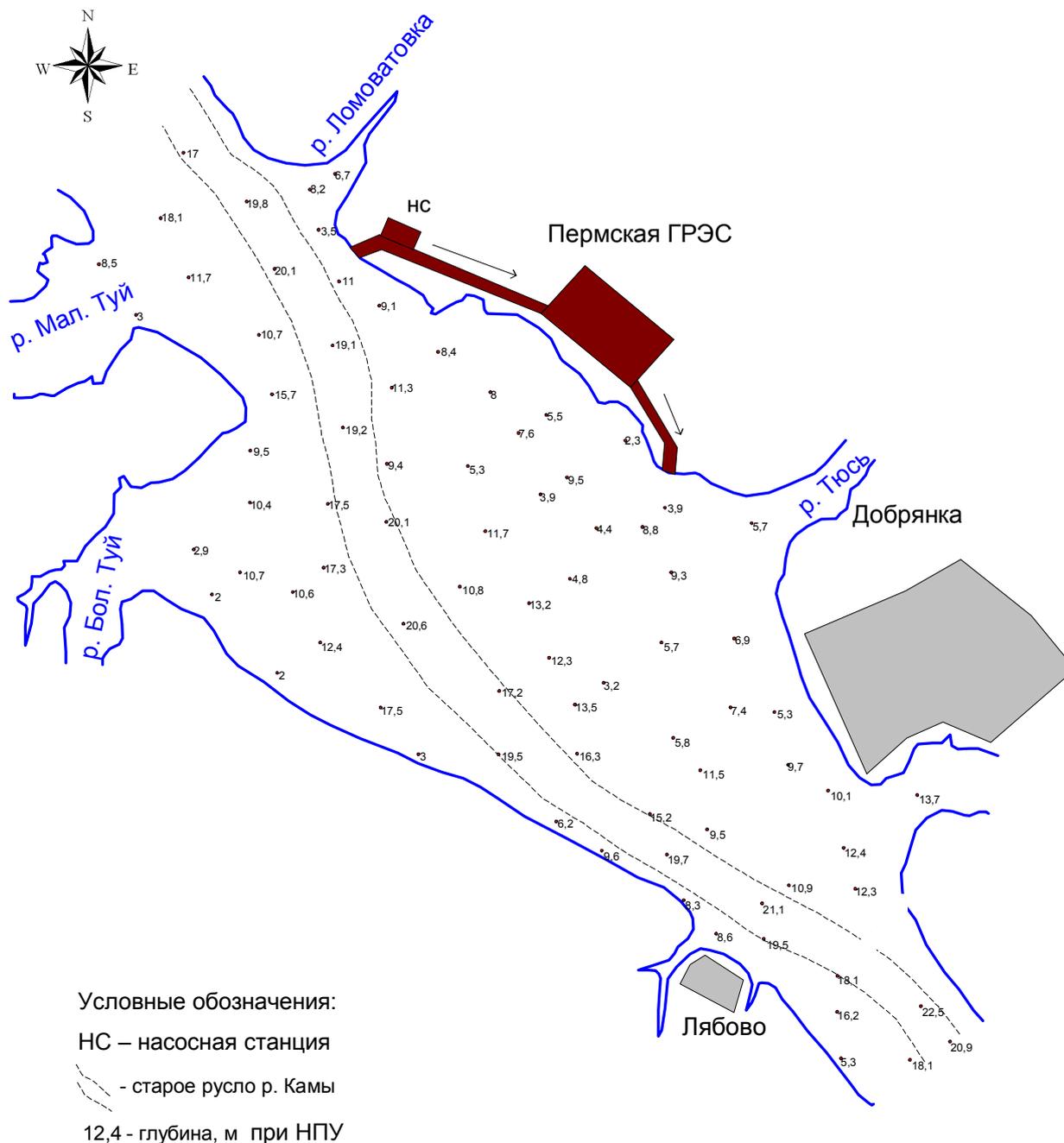


Рис. 1. Схема участка Камского водохранилища в районе Пермской ГРЭС

К северу от Добрянского залива глубины постепенно уменьшаются, а береговая линия усложняется. Ширина водохранилища увеличивается до 4,3 км. Здесь наблюдаются большие площади мелководной (глубины 5-10 м) и прибрежной зон, наличие которых связано с затопленными поймами устьевых участков рек Добрянки, Тюсь, 1-й и 2-й Черной. На этом участке береговая линия водохранилища изрезана рядом крупных заливов как по левому, так и по правому берегу. К концу участка ширина водохранилища уменьшается в среднем до 2 км [3].

Термический режим Камского водохранилища обусловлен тепловым балансом акватории и его изменением во времени, а также особенностями динамики водной массы. Приход и расход тепла осуществляется, главным образом, через водную поверхность и зависит от ее состояния.

Распределение запаса тепла в водной массе, помимо климатических условий, определяется также своеобразием морфометрии ложа и гидродинамическими процессами [5].

Сведения о температуре воды в период открытого русла и датах ее перехода через 0,2°C, 4,0°C, 10,0°C весной и осенью приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Средние многолетние значения температуры воды на в/п Добрянка за 1954–1980 гг. [6]

Характеристика	Температуры воды, °С											
	04			05	06	07	08	09	10	11		
	1	2	3							1	2	3
Средняя	–	–	–	7,2	15,3	19,8	18,2	13,0	5,5	1,6	–	–
Наиб. Год, % случаев	0,3	0,6	2,7	10,1	19,2	23,2	20,5	18,8	9,6	4,0	2,5	0,9
	1975	1966	1973	1973	1977	1954	1958	1957	1974	1967	1967	1967
Наим. Год, % случаев	0	0	0,1	4,2	12,4	17,2	15,6	10,3	3,8	0	0	0
	96%	70%	1968	1971	1978	1955	1978	1973	1973	1966	72%	96%

Таблица 2

Средние многолетние даты перехода температуры воды через 0,2°C, 4°C, 10°C весной и осенью на в/п Добрянка за 1954–1980 гг. [6]

Характеристика	Дата перехода температуры воды весной через			Высшая температура воды за год		Дата перехода температуры воды осенью через		
	0,2°C	4°C	10°C	T, °С	Дата	10°C	4°C	0,2°C
				Дата	Средняя, крайние T			
Средняя, % случаев	28.04 (56%)	11.05	28.05	24,0	16.07	30.09	24.10	08.11 (93%)
Наиб. (ранняя) Год	19.04. 1960	02.05. 1973	16.05. 1955, 1977	26,5	17.06.1973	17.09. 1958	09.10. 1976	22.10. 1976
			05.07.1964					
Наим. (поздняя) Год	04.05. 1978	20.05. 1964, 1971	09.06. 1971, 1978	21,2	30.08.1957	14.10. 1974	09.11. 1967	29.11. 1967
			22.07.1969					

Термический режим исследуемого участка в районе Пермской ГРЭС характеризуется наличием гомотермии в весенне-осенний периоды и прямой стратификации в летнее время. Вследствие ветрового перемешивания температурный скачок наблюдается лишь в период интенсивного прогрева (мае-июле). В последующие месяцы градиент температуры воды по глубине уменьшается и резко выраженный скачок сменяется плавным понижением температуры воды до дна. В глубоководной зоне (старое русло р. Камы) изменение температуры воды по глубине составляет от 8–10°C в июне, до 2–3°C в августе, а в мелководной зоне в среднем на 2°C меньше.

В результате поверхностного сброса подогретых вод в объем более холодной воды происходит сложный гидротермический процесс двух разноплотностных жидкостей, и под действием целого ряда факторов возникает плотностная стратификация, сопровождающаяся движением слоев воды с разной плотностью [4].

Основные факторы, определяющие размеры зоны теплового влияния: температура и расход сбрасываемой воды, температура воздуха, скорость и направление ветра, регламент работы Камской ГЭС, обуславливающий режим скоростей течения на данном участке водохранилища, морфометрические особенности участка в районе сброса и забора воды и уровенный режим.

По морфометрическим особенностям участок, прилегающий к водозаборному и водосбросному каналам ГРЭС, представляет собой относительно мелководную зону со средними глубинами 4–7 м

(рис. 1). Ширина водохранилища составляет 4,0 км. Старое русло Камы проходит у противоположного берега. Течения на участке непосредственно в районе Пермской ГРЭС проточные. По данным специализированных наблюдений Пермского ЦГМС [7], скорости этих течений в навигационный период изменяются в пределах от 5 до 20 см/с и более, но под воздействием суточного и недельного регулирования стока Камской ГЭС в отдельные часы могут наблюдаться обратные течения.

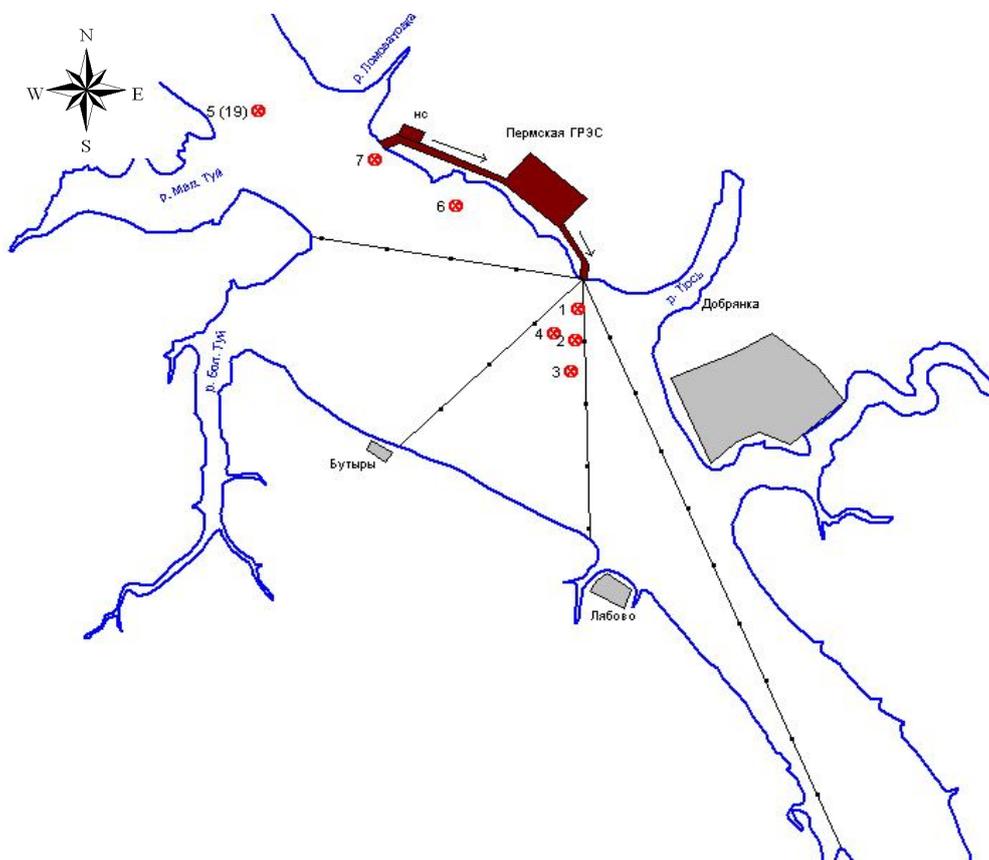


Рис. 2. Схема расположения вверного створа и рейдовых вертикалей для наблюдений за температурой воды

Результаты термических съемок при одном, двух и трех работающих энергоблоках Пермской ГРЭС показывают, что температура сбрасываемой воды превышает температуру воды в водохранилище в среднем на 7–9°C.

Основное распространение зоны теплового влияния наблюдается вниз по течению и в направлении противоположного берега (рис. 3, а). Как отмечает Е.К. Трубина [9], при сбросах подогретых вод теплый слой распространяется по более холодной водной массе как вниз, так и вверх по течению. При отсутствии ветра и выраженного проточного течения растекание более теплой воды в поверхностном слое происходит равномерно с максимальным распространением по направлению водовыпускного канала (рис. 3, б). При наличии ветра форма и размеры зоны подогретых вод изменяются в зависимости от его направления и скорости (рис. 3, в, г). По результатам наблюдений на вверном створе при одном, двух и трех работающих энергоблоках ГРЭС размеры зоны теплового влияния составили: 0,5–1,5 км вверх по течению, 2,0–3,0 км в сторону противоположного берега и 2,0–6,0 км вниз по течению.

Плотностное различие теплой и холодной воды приводит к образованию термоклина и расслоению водной толщи. Это особенно четко проявляется в безветренную погоду. Наблюдения на вертикалях № 1, 2, 3, 4 (рис. 2) показывают, что подогретая вода распространяется в верхнем (1,0–2,0 м) слое (рис. 4, а). Слой температурного скачка выражен и расположен на глубине 1,5–2,0 м. Разность между температурами у поверхности и дна достигает 4–6°C. Эта закономерность прослеживается при любом количестве работающих энергоблоков. Резкое падение температуры в поверхностном слое сменяется плавным понижением до дна.

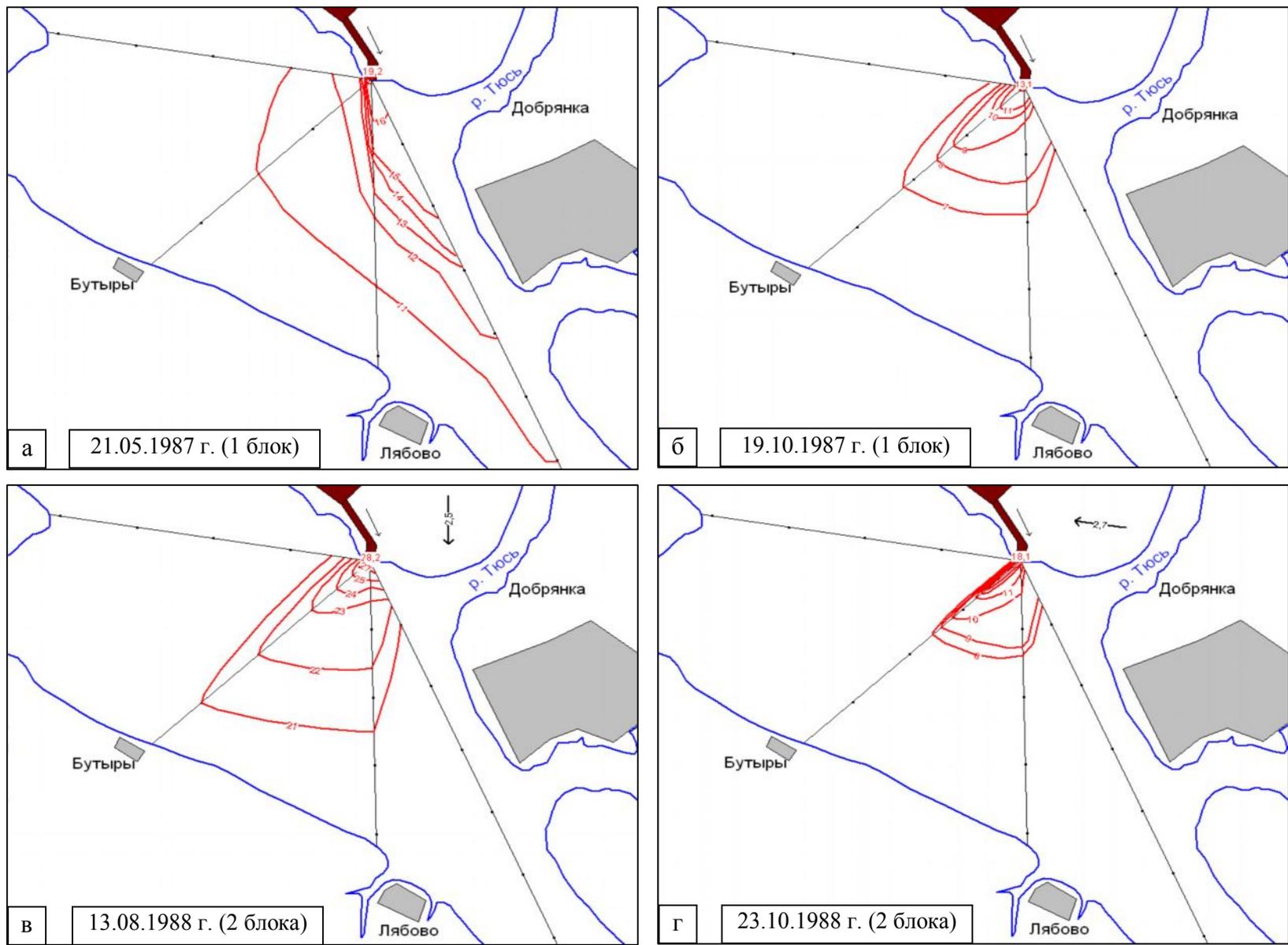


Рис. 3. Распределение температуры воды в поверхностном слое на веерном створе:
 а – 30.05.1989 г. (при одном работающем энергоблоке), ветер – 0 м/с;
 б – 07.06.1990 г. (при трех работающих энергоблоках), ветер – ЮВ 3,2 м/с

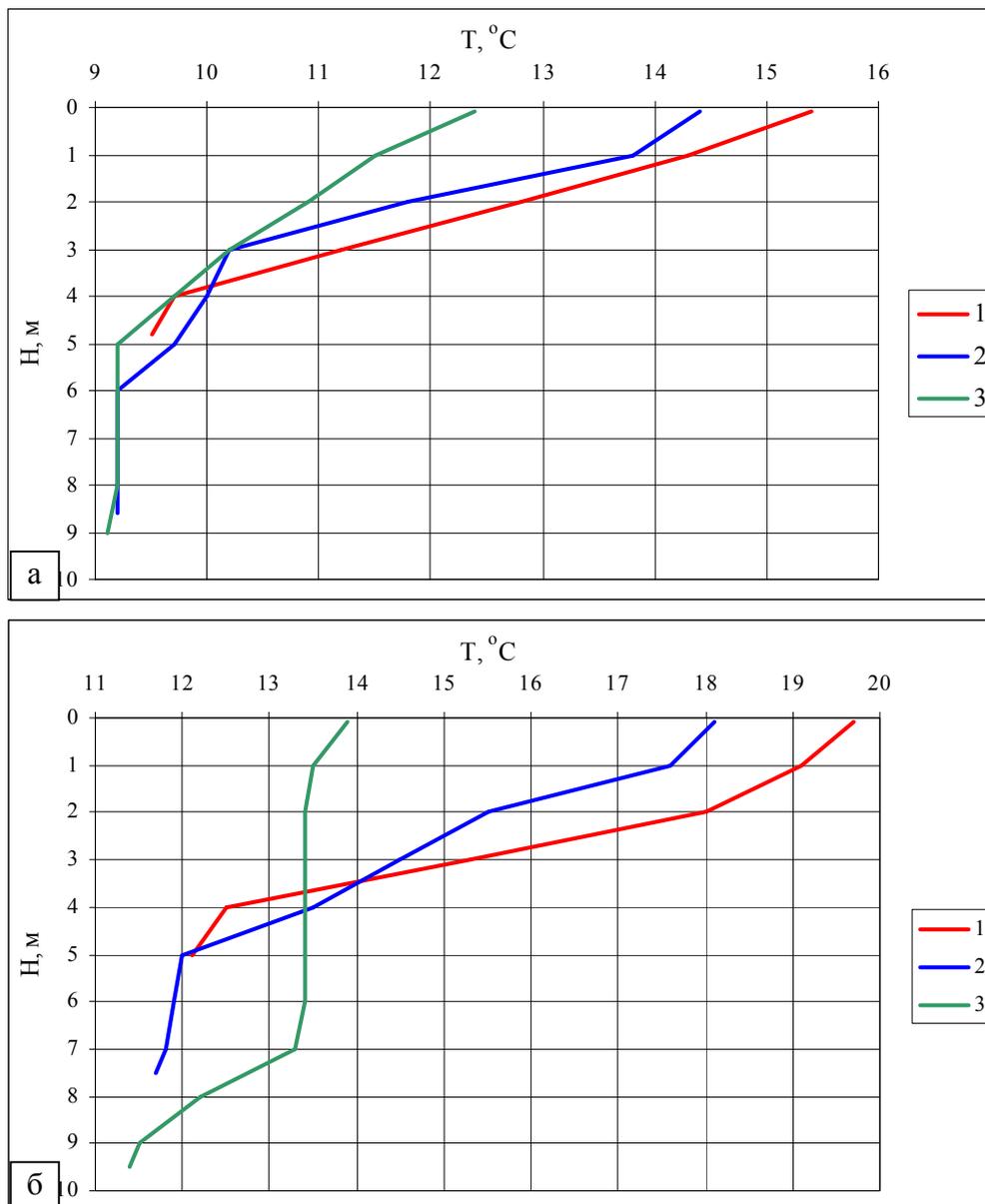


Рис. 4. Распределение температуры воды по глубине на рейдовых вертикалях по линии водовыпуска: 1 – 500 м; 2 – 1000 м; 3 – 1500 м от устья канала:

а – 30.05.1989 г. (при одном работающем энергоблоке), ветер – 0 м/с;

б – 07.06.1990 г. (при трех работающих энергоблоках), ветер – ЮВ 3,2 м/с

Расположение вышеуказанных вертикалей дает возможность проследить за распределением температуры воды по глубине на различном удалении от водовыпуска. С увеличением расстояния от отводящего канала подогретая вода распространяется на меньшую глубину, и температура ее понижается (рис. 4, а, б). Ветровое волнение способствует перемешиванию воды, ослаблению стратификации и перемещению слоя скачка на глубину 4,0–5,0 м (рис. 4, б). В дальнейшем стратификация восстанавливается, а температура воды на глубине и у дна повышается. Разность температур от поверхности до дна составляет 3–9°C. Распространение подогретых вод вверх по течению в сторону заборного канала (вертикали № 5, 6, 7) при одном, двух и трех работающих энергоблоках Пермской ГРЭС не наблюдалось. Попадание подогретых вод в русловую часть водохранилища незначительно.

При вводе в эксплуатацию четвертого и пятого энергоблоков Пермской ГРЭС и увеличении расхода сбрасываемой воды увеличится зона теплового влияния сбросов подогретых вод на ледово-термический режим приплотинного участка Камского водохранилища. Попадание подогретых вод в

русловую часть водохранилища, где проточное течение наиболее выражено, обусловит распространение подогретых вод вниз по течению.

В результате произойдет сдвиг сроков наступления ледовых фаз: осенью – к более поздним, а весной – к ранним датам. В зимний период следует ожидать уменьшения толщины льда на всем протяжении участка вплоть до плотины Камской ГЭС в русловой зоне и увеличения площади полыньи в районе ГРЭС в период ледостава.

Библиографический список

1. *Браславский А.П., Кумарина М.Н., Смирнова М.Е.* Тепловое влияние объектов энергетики на водную среду. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 252 с.
2. *Буторин Н.В., Курдина Т.Н.* // Гидрохимия и гидробиология водоемов-охладителей тепловых электростанций СССР. Киев: Наукова думка, 1971. С. 36.
3. *Калинин В.Г.* Водный режим камских водохранилищ и рек их водосбора в зимний сезон: монография / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2014. 184 с.
4. *Макаров А.И., Виноградов Ю.А.* М., 1986. 52 с. Деп. в Информэнерго 10.02.86. № 2058-ЭН.
5. *Мацкевич И.К., Матарзин Ю.М.* Гидрологический режим водохранилища // Водоохранилище Воткинской ГЭС на р. Каме. Пермь, 1968. 203 с.
6. *Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейн реки Камы.* Л.: Гидрометеиздат, 1988. Т. 1, вып. 25. 707 с.
7. *Отчет по обобщению материалов наблюдений над скоростным режимом на Камском водохранилище за 1956–1990 гг.* / Перм. ЦГМ. Пермь, 1990. 120 с.
8. *Отчет по программе специализированных гидрометеорологических наблюдений на Камском водохранилище в зоне влияния сбросов Пермской ГРЭС / Перм. ЦГМ.* Пермь, 1985. 112 с.; 1986. 118 с.; 1987. 93 с.; 1988. 113 с.; 1989. 58 с.; 1990. 79 с.; 1991. 79 с.; 1992–95. 117 с.
9. *Трубина Е.К.* Результаты модельных гидротермических исследований водохранилища-охладителя Ново-Прибалтийской ГРЭС // Тр. координац. совещ. по гидротехнике. 1967. Вып. 32. С. 100–113.

V.G. Kalinin, O.A. Minakova, L.L. Konopleva

FEATURES OF THERMAL REGIME OF KAMSKOE RESERVOIR IN THE REGION OF INFLUENCE OF HEATED WATER RELEASE FROM PERM GRES

Based on field observations the thermal regime of the Kamskoe reservoir in the area of influence of heated water release from Perm GRES is investigated. Regularities of distribution of heated water in the dam region of the reservoir depending on the determining factors in view the morphometric features of the path are analyzed.

Key words: reservoir; thermal regime; release of heated water; thermal pollution.

Vitaly G. Kalinin, Doctor of Geography, Professor of Department of Physical Geography and Landscape Ecology, Perm State University; 15 Bukireva, Perm, 614990, Russia; vgakalinin@gmail.com

Olga A. Minakova, Leading Hydrologist of the Perm Centre for Hydrometeorology and Environmental Monitoring – branch of FSBI «Ural UGMS»; Novogayvinskaya St., 70, Perm, 614030, Russia; gidro@meteoperm.ru

Lidiya L. Konopleva, Hydrologist of Second Category of the Perm Centre for Hydrometeorology and Environmental Monitoring – Branch of FSBI «Ural UGMS»; Novogayvinskaya St., 70, Perm, 614030, Russia; gidro@meteoperm.ru