



УДК 556.535.5

## МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СРОКОВ ЗАМЕРЗАНИЯ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**Микова Ксения Дмитриевна**, к.г.н., доцент кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов

Пермский государственный национальный исследовательский университет  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Волжский государственный университет водного транспорта, Пермский филиал  
614060, г. Пермь, Бульвар Гагарина, 33

**Лаврентьев Вадим Тимофеевич**, студент 1 курса магистратуры кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов

Пермский государственный национальный исследовательский университет  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

*Аннотация. В исследовании приведены результаты анализа изменения среднемноголетних сроков появления льда и установления ледостава на гидрологических постах Воткинского водохранилища. Выполнено сравнение средних сроков замерзания за два периода: 1964-1995 гг. и 1964-2019 гг. Результаты показали, что сроки замерзания стали наблюдаться позже на всех гидрологических постах.*

*Ключевые слова: Воткинское водохранилище, ледовый режим, многолетняя динамика, даты появления льда, даты установления ледостава.*

### Введение

Своевременная информация о сроках замерзания водного объекта в осенний период необходима для планирования закрытия навигации, для прогноза начала работы ледовых переправ, при проектировании гидросооружений и многих других аспектов экономики. На Воткинском водохранилище осуществляется большое количество судоперевозок. Для координации судоходства необходимо получать актуальную информацию о датах появления первых ледяных образований и датах установлении ледостава. Использование такой информации позволяет экономически эффективно осуществлять грузоперевозки на водных объектах.

Согласно доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), в климатической системе наблюдаются изменения. Многие из изменений климата являются беспрецедентными за тысячи, если не сотни тысяч лет. Прогнозируется, что в связи активными выбросами двуокиси углерода в атмосферу, ближайшие десятилетия изменения климата будут усиливаться во всех регионах [1]. Данные климатические изменения оказывают влияние и на ледовый режим водных объектов. Согласно исследованиям МГЭИК [2] отмечается ослабление ледовых явлений на водных объектах суши северного полушария.

Изучением ледового режима Воткинского водохранилища занимались К.Д. Микова [3] и В.Г. Калинин [4]. Исследований, посвященных изменению сроков замерзания в последние годы не было. Поэтому целью настоящего исследования является анализ изменения сроков ледообразования на Воткинском водохранилище.

### **Исследуемая территория**

Воткинское водохранилище расположено на северо-востоке европейской части России, на реке Кама, является частью Волжско-Камского каскада водохранилищ. Образовано водохранилище в 1962 в результате постройки плотины Воткинского гидроузла у г. Чайковский. Наполнение водохранилища до НПУ произошло в 1964 г. Общая площадь территории водосбора Воткинского водохранилища составляет 184240 км<sup>2</sup>, включает в себя бассейн Верхней и Средней Камы. Западная часть рельефа водосбора представляет собой всхолмленную равнину, восточная часть перерастает в Уральские горы.

На исследуемой территории преобладает циклонический тип циркуляции воздушных масс. Основная доля осадков выпадает в летнее время. Количество осадков за год изменяется от 500 мм в западной части водосбора до 800 мм на склонах Уральского хребта. Среднегодовые и среднемесячные температуры осени и весны изменяются по водосбору с юго-запада на северо-восток и зависят от рельефа и широты территории. Среднегодовые даты перехода температуры воздуха осенью через 0°C за 40-летний период с 1956 по 1995 г. изменяются от 15 октября на севере до 26 октября на юге [4].

### **Материалы и методы исследования**

В работе использованы данные регулярных наблюдений Росгидромета на гидрологических постах (г/п Пермь, Краснокамск, Оханск, Десятково, Елово, Бабка и Чайковский) Воткинского водохранилища за период 1964–2019 гг. Данные за период 1964–1985 гг. были выписаны из Гидрологических ежегодников, с 1986–2007 гг. взяты из фондовых материалов Росгидромета, за 2008–2019 гг. с сайта Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) [5].

В качестве исходной информации использованы даты устойчивого появления ледовых явлений и установления ледостава. За устойчивые даты наступления ледовых явлений принимались даты, когда количество дней с ледовыми явлениями было больше чем количества дней с отсутствием льда. Для расчета средних значений даты были переведены в числа от постоянного начала (от 1 сентября). Оценка изменений особенностей замерзания выполнена за два периода: 1964–1995 гг. и 1964–2019 гг. Так как согласно исследованиям В.Г. Калинина, К.Д. Миковой и В.В. Чичагова [6] после 1995 г. в сроках замерзания наблюдается значимый сдвиг в более позднюю сторону.

### **Результаты и обсуждение**

**Сроки появления льда.** Согласно исследований К.Д. Миковой [3], в период 1964–1995 гг. *первые ледяные образования* появлялись на г/п Горы (Оса) 5 ноября, затем на ближайшем к нему г/п Десятково 7 ноября. Далее с 9 по 12 ноября процессы ледообразования распространялись вверх до г/п Оханск и вниз до г/п Бабка. 15 ноября ледяные образования отмечались на г/п Нижняя Курья. Затем на приплотинном участке г/п Чайковский 16 ноября и 20 ноября у г. Пермь. Процессы ледообразования и установления ледостава начинались в средней части водохранилища и распространялись вверх и вниз по течению, при этом были случаи как более раннего замерзания верхнего участка, так и более раннего замерзания нижнего участка.

**Изменение среднемноголетних дат появления ледяных образований и установления ледостава на Воткинском водохранилище за периоды 1964–1995 гг. и 1964–2019 гг.**

Гидрологический пост	Среднемноголетние сроки				$T$	$\Delta T$
	$D_{ля}$	$\Delta D_{ля}$	$D_{лост}$	$\Delta D_{лост}$		
Пермь	$\frac{22.11}{20.11}$	+2	$\frac{02.12}{01.12}$	+1	$\frac{10}{11}$	-1
Краснокамск	$\frac{15.11}{13.11}$	+2	$\frac{22.11}{20.11}$	+2	$\frac{7}{7}$	0
Оханск	$\frac{17.11}{13.11}$	+4	$\frac{19.11}{15.11}$	+4	$\frac{2}{2}$	0
Десятково	$\frac{16.11}{07.11}$	+9	$\frac{19.11}{13.11}$	+6	$\frac{3}{6}$	-3
Елово	$\frac{13.11}{08.11}$	+5	$\frac{18.11}{14.11}$	+4	$\frac{6}{6}$	0
Бабка	$\frac{15.11}{11.11}$	+4	$\frac{19.11}{15.11}$	+4	$\frac{4}{4}$	0
Чайковский	$\frac{20.11}{15.11}$	+5	$\frac{24.11}{20.11}$	+4	$\frac{4}{5}$	-1

Примечание:  $D_{ля}$  – дата появления ледяных образований;  $\Delta D_{ля}$  – изменение сроков появления ледяных образований;  $D_{лост}$  – дата установления ледостава;  $\Delta D_{лост}$  – изменение сроков установления ледостава;  $T$  – продолжительность периода замерзания, сут;  $\Delta T$  – изменение продолжительности периода замерзания, сут. В числителе представлены данные за период 1964–2019 гг.; в знаменателе представлены данные за период 1964–1995 гг. по данным К.Д. Миковой [3].

Анализ среднемноголетних сроков замерзания за период 1964–2019 гг. показал, что ледообразование стало происходить следующим образом: первые ледовые явления появляются на г/п Елово (13 ноября), затем ледообразование распространяется выше и ниже по течению до г/п Краснокамск и г/п Бабка (15 ноября). Затем (16 ноября) лед появляется на г/п Десятково, 17 ноября на г/п Оханск и 20 ноября на приплотинном участке г/п Чайковский. Позже всего ледовые явления появляются также на г/п Пермь – 22 ноября. Таким образом, центр ледообразования сместился южнее, ближе к нижней части акватории водохранилища.

Сравнение средних сроков замерзания за 1964–1995 гг. и 1964–2019 гг. показало, что на большинстве исследуемых постов сроки изменились в позднюю сторону на 2–5 сут. При этом изменение в  $\pm 1$  сут находится в пределах точности расчетов. Тогда как изменение сроков на 2–5 сут и более является существенным и свидетельствует об изменении сроков замерзания и влиянии на это климатических условий последних 24 лет. Заметно изменились в позднюю сторону (+9 сут) сроки наступления ледообразования на посту Десятково. При этом если до 1995 г. первые ледовые явления отмечались на г/п Десятково, то после 1996 г. ледообразование стало вначале начинаться на г/п Елово (табл. 1). Необходимо отметить, что в 6 км выше г/п Десятково расположен Осинский машиностроительный завод. Сброс теплых сточных вод завода также может влиять на сроки появления ледовых явлений и установления ледостава.

**Сроки установления ледостава.** По исследованиям К.Д. Миковой [3], за период 1964–1995 гг. устойчивый ледостав устанавливался вначале на участке г/п Десятково (13 ноября), следом 14 ноября формировался на г/п Елово, к 15 ноября на г/п Оханск, Горы (Оса) и Бабка. Через 5 дней замерзали участки у г/п Краснокамск и Чайковский (20 ноября). Позднее всего ледостав устанавливался на г/п Нижняя Курья (26 ноября) и г/п Пермь (1 декабря). В отдельные годы устойчивый ледостав на верхнем участке водохранилища не наблюдался. Данный участок является нижним бьефом Камского водохранилища. В результате работы Камской ГЭС, в течение зимы происходит сброс

теплых глубинных вод, что приводит к неустойчивому ледовому режиму на данном участке. Значительные скорости течения также препятствуют смерзанию ледяного материала и установлению ледостава.

С включением в расчет периода 1996–2019 гг. порядок наступления ледостава на постах изменился. Первым стал замерзать участок водохранилища у г/п Елово (18 ноября), через день (19 ноября) ледостав продвигается вверх по течению и отмечается на участках г/п Десятково и Оханск, а также распространяется вниз и устанавливается на участке г/п Бабка. Далее ледяной покров продолжает свое распространение по водохранилищу и устанавливается на участке г/п Краснокамск (22 ноября), а затем на приплотинном участке г/п Чайковский (24 ноября). В среднем через неделю после формирования ледостава у г/п Чайковский замерзает участок у г. Перми (2 декабря). В отдельные годы устойчивый ледостав на верхнем участке водохранилища также не наступает.

Сравнение сроков установления ледостава за исследуемые периоды показало, что на трех г/п (Пермь, Чайковский, Десятково) продолжительность замерзания уменьшилась на 1–3 суток. Изменение продолжительности замерзания на 1 сутки на г/п Пермь и г/п Чайковский находится в пределах точности расчетов. На г/п Десятково сроки установления ледостава стали наблюдаться на 6 сут позднее, а продолжительность периода замерзания сократилась на 3 суток (табл. 1). В целом продолжительность замерзания на гидрологических постах Воткинского водохранилища существенно не изменилась.

### **Выводы**

Среднемноголетние сроки наступления первых ледовых явлений и установления устойчивого ледостава на водохранилище сдвинулись в более позднюю сторону. Центр начала ледообразования сместился к г/п Елово, расположенный ниже по течению от г/п Десятково.

Анализ динамики сроков замерзания Воткинского водохранилища за период 1964–2019 гг., показывает, что наблюдается изменение сроков появления ледовых образований в позднюю сторону на 2–9 дней за последние 24 года. Заметно изменились в позднюю сторону (+9 сут) сроки наступления ледообразования на посту Десятково.

Таким образом, *18 ноября* устанавливается ледостав на посту Елово, сдвиг даты установления ледостава на 4 суток позднее. Через день, *19 ноября* устойчивый ледостав продвигается вверх и вниз по течению от поста Елово и устанавливается на постах Десятково (+6 суток) и Оханск (+4 суток) в верхней части, и на посту Бабка (+4 суток) в нижней части. *22 ноября* ледостав устанавливается на посту Краснокамск (+2 суток). *24 ноября* ледяной покров образуется на приплотинном участке г/п Чайковский (+4 суток). Участок поста Пермь (+1 сутки) замерзает *2 декабря*, в отдельные годы устойчивый ледостав на данном участке водохранилища не наступает вовсе. На посту Десятково также отмечается наибольшее изменение. В целом общая закономерность и продолжительность замерзания для Воткинского водохранилища не изменилась. Однако на в.п Десятково продолжительность замерзания сократилась на 3 сут.

### **Список литературы:**

- [1] Allan R.P. et al. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. – 2021.
- [2] IPCC WGI Interactive Atlas [Электронный ресурс] URL: <https://interactive-atlas.ipcc.ch/> (дата обращения: 22.10.2022).
- [3] Микова К.Д. Ледовый режим Воткинского водохранилища и методики его прогноза: диссертация ... кандидата географических наук: 25.00.27. – Пермь, 2007. – 200 с.
- [4] Калинин В. Г. Ледовый режим рек и водохранилищ бассейна Верхней и Средней Камы. 2008. – 251 с.

- [5] Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) [Электронный ресурс] URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (дата обращения: 15.02.2022).
- [6] Калинин В. Г., Микова К. Д., Чичагов В. В. Влияние современных климатических изменений на сроки ледообразования на Камском водохранилище //Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. – 2021. – С. 94-99.

## LONG-TERM DYNAMICS OF FREEZE DATES OF THE VOTKINSKY RESERVOIR

Ksenia D. Mikova, Vadim T. Lavrentev

**Ksenia D. Mikova**, PhD, Associate Professor of the Department of Hydrology and Water Resources Protection  
Perm State National Research University  
614990, Perm, st. Bukireva, 15  
Volga State University of Water Transport, Perm Branch  
614060, Perm, Gagarin Boulevard, 33

**Vadim T. Lavrentiev**, 1<sup>st</sup> year master's student of the Department of Hydrology and Water Resources Protection  
Perm State National Research University  
614990, Perm, st. Bukireva, 15

*Annotation. The study presents the results of the analysis of long-term changes in ice formation dates and the freeze-up dates at the gauge stations of the Votkinsk Reservoir. A comparison of the average freeze dates for two periods was made: 1964-1995 and 1964-2019. The results showed that the freeze dates were observed later at all gauge stations.*

*Keywords: Votkinsky Reservoir, ice regime, long-term dynamics, ice formation dates, freeze-up dates.*