



УДК 556.535

АНАЛИЗ ХОДА УРОВНЕЙ И РАСХОДОВ ВОДЫ В ПЕРИОД ЗАМЕРЗАНИЯ НА ЛЕВОБЕРЕЖНЫХ ПРИТОКАХ КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Соснина Дарья Александровна, инженер-гидролог
ООО «УралСтройИзыскания»
614065, Пермский Край, г. Пермь, ул. 2-я Гамовская, д. 89

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

Аннотация. Статья посвящена исследованию изменений стока в период замерзания рек. Оценка учета изменений водности в период активного ледообразования выполнена по данным о ежедневных расходах и уровнях воды. Результаты показали, что коэффициента $K_{зим}$ частично учитывает повышение уровня воды, вызванное стеснением живого сечения рек ледяными образованиями. Однако в отдельные годы ежедневные расходы воды оказываются значительно завышенными.

Ключевые слова: зимняя межень, уровенный режим, минимальный сток, замерзание рек, ледовые явления, динамика расходов и уровней.

Введение

Информация об изменении минимальных уровней и расходов воды представляет практический интерес для таких отраслей народного хозяйства, как судоходство, гидроэнергетика, а также при эксплуатации водозаборных сооружений. Это особенно важно в период минимального зимнего стока. Одним из факторов, обуславливающих переход рек на зимний режим, является процесс замерзания и появления ледяных образований. Изучение динамики водного режима в период от появления ледяных образований до установления ледостава позволяет оценить закономерности его изменения и расчета. Это позволяет описать особенности меженного стока в начале зимнего периода, т.к. подъем уровня воды в период замерзания представляет научный и практический интерес.

Опубликованные ранее работы, посвящены оценке влияния зарастания речных русел и ледовых явлений на расчеты стока с использованием кривой связи расходов воды от уровня [3], изменения гидродинамики потоков при заторных и зажорных явлениях [2], русловых деформациях (искусственных и природных), наледного регулирования стока рек криолитозоны [5] и др. Для исследуемой территории оценка водного режима в период

замерзания рек не выполнялась. Поэтому целью настоящей является анализ водного режима рек в период замерзания.

Исследуемая территория

Климат рассматриваемой территории континентальный, с холодной снежной продолжительной зимой, теплым, но сравнительно коротким летом, ранними осенними и поздними весенними заморозками. Средняя температура января на северо-востоке региона минус 18,5°C, а на юго-западе минус 13,3°C. Средняя температура июля на северо-востоке региона плюс 16°C, а на юго-западе – плюс 19,1°C.

Годовая норма осадков возрастает от 450 мм на юго-западе до 1000 мм на крайнем северо-востоке, в наиболее высокогорной части Прикамья. Большая часть атмосферных осадков приходится на тёплое полугодие (с мая по сентябрь их выпадает от 66 до 77%). Снежный покров устанавливается в конце октября – начале ноября и держится в среднем 170 – 190 дней в году [6].

По высотным отметкам и формам рельефа рассматриваемая территория в целом относится к горной. Исследуемые реки, в свою очередь, являются левобережными притоками Камского водохранилища, стекающими с западного склона Уральских гор. +

Материалы и методы исследования

В качестве исходных данных были использованы таблицы ежедневных расходов воды, уровней воды и сведения о ледовом режиме рек из Гидрологических Ежегодников и с электронного ресурса АИС ГМВО на гидрологических постах (г/п), расположенных в северо-восточной части Пермского края. Данные посты представляют собой левобережные притоки Камского водохранилища, берут начало на склонах Западного Урала (реки Вишера, Язьва, Колва и др.) и имеют сравнимые физико-географические и морфологические характеристики.

В соответствии с «Наставлением...» (1972) расчет стока за период от образования ледовых явлений и до окончания ледостава производится с использованием кривой расходов воды и переходных коэффициентов $K_{зим}$, которые представляют собой отношение измеренного расхода воды ($Q_{изм}$) к расходу воды, снятому с кривой ($Q_{кр}$), при одном и том же уровне воды. Коэффициент $K_{зим}$ вводится при формировании первых ледовых явлений осенью до окончания ледовых явлений весной. На дату начала и окончания ледовых явлений $K_{зим}$ принимается равным 1. Для вычисления величин $K_{зим}$ в начале и в конце года необходимо использовать измеренные расходы смежных с расчетным годом лет [3]. Использование данного метода применимо только при отсутствии заторно-зажорных явлений.

В период замерзания рек прекращается поверхностный приток, и водотоки переходят на зимний режим. В данный сезон реки получают только грунтовое питание. Однако, в отдельные годы в период замерзания отмечается кратковременный рост уровней и расходов воды (рис. 1). Причиной такого роста уровней воды являются ледяные образования, такие как забереги, внутриводный лед, шуга и т.д., стесняющие живое сечение рек и значительно увеличивающие шероховатость русла. Незамерзающие полыньи способствуют образованию внутриводного льда и скоплениям его на участках реки ниже по течению. На таких участках рек могут сформироваться зажоры льда. В таких условиях часто не получается установить достаточно устойчивую зависимость расхода воды (Q , м³/с) от уровня воды (H , см) и поэтому возникает необходимость в применении иных способов подсчета стока. Вычисление ежедневных расходов воды с использованием зимних переходных коэффициентов ($K_{зим}$) основано на эмпирически установленном факте несколько меньшей изменчивости во времени отношения по сравнению с измеренной величиной расхода воды.

В некоторые годы, рост уровней и расходов продолжается и после установления ледостава. Происходит это не за счет увеличения доли грунтового питания, т.к. при установлении ледостава, нарушается взаимосвязь поверхностных и подземных вод,

существующая при открытом русле [3]. Следовательно, в такие годы водность рек в период замерзания оказывается завышена.

Поправочный коэффициент $K_{зим}$ рассчитывается по измеренным расходам воды, соответственно ежедневные расходы воды, опубликованные в Гидрологических ежегодниках, приведены с поправкой на процессы замерзания.

Анализ полученных результатов

Для анализа особенностей увеличения водности в период замерзания (после даты перехода температуры воздуха через 0°C) были определены даты начала роста расходов воды, даты наибольшего расхода воды и даты окончания роста расходов воды. В среднем начало подъема происходит в первой декаде ноября, окончание – в третьей декаде ноября (табл. 1).

Таблица 1

Характерные даты в период замерзания на левобережных притоках Камского водохранилища

Река - пост	Год	$D_{0^{\circ}\text{C}}$	$D_{ля}$	$D_{нач}$	$D_{пик}$	$D_{кон}$	$D_{ло}$	T , сут
р.Колва - д. Петрецова	1978	28.окт	18.окт	29.окт	10.ноя	26.ноя	09.ноя	28
р.Язьва – с. Нижняя Язьва	2012	22.окт	11.ноя	20.ноя	29.ноя	16.дек	29.ноя	26
р.Язьва - с. Нижняя Язьва	2017	20.окт	12.ноя	24.ноя	26.ноя	14.дек	26.ноя	20
р.Вишера - д. Митракова	1963	19.окт	31.окт	04.ноя	13.ноя	30.ноя	17.ноя	26
р.Усьва – пгт. Усьва	2009	22.окт	27.окт	05.ноя	07.ноя	12.ноя	14.ноя	7
р.Усьва – пгт. Усьва	1955	21.окт	24.окт	27.окт	02.ноя	21.ноя	24.ноя	25
р.Чусовая – пгт. Староуткинск	2009	24.окт	25.окт	27.окт	02.ноя	02.дек	03.ноя	36
р.Сылва – пгт. Шамары	1984	07.окт	12.окт	22.окт	27.окт	12.ноя	19.ноя	21
Среднее		20.окт	27.январь	04.ноя	10.ноя	27.ноя	16.фев	24

Примечание: $D_{0^{\circ}\text{C}}$ – дата перехода температуры воздуха через 0°C осенью; $D_{ля}$ – дата появления ледовых явлений; $D_{нач}$ – дата начала роста расходов воды в период замерзания; $D_{пик}$ – дата максимального расхода в период замерзания; $D_{кон}$ – дата окончания роста расходов воды в период замерзания; $D_{ло}$ – дата установления ледостава; T – продолжительность периода с высокими расходами воды, сут.

Наибольшие расходы воды отмечались, в среднем, во вторую декаду ноября. Таким образом, после перехода температуры воздуха через 0°C и до установления ледостава в отдельные годы наблюдается рост расходов воды, вызванный интенсивным ледообразованием и стеснением живого сечения рек. Данный период на исследуемых реках длится от 7 до 36 дней, в среднем продолжительность составляет 24 дня (табл. 1). В такие годы водность рек в период замерзания оказывалась завышена.

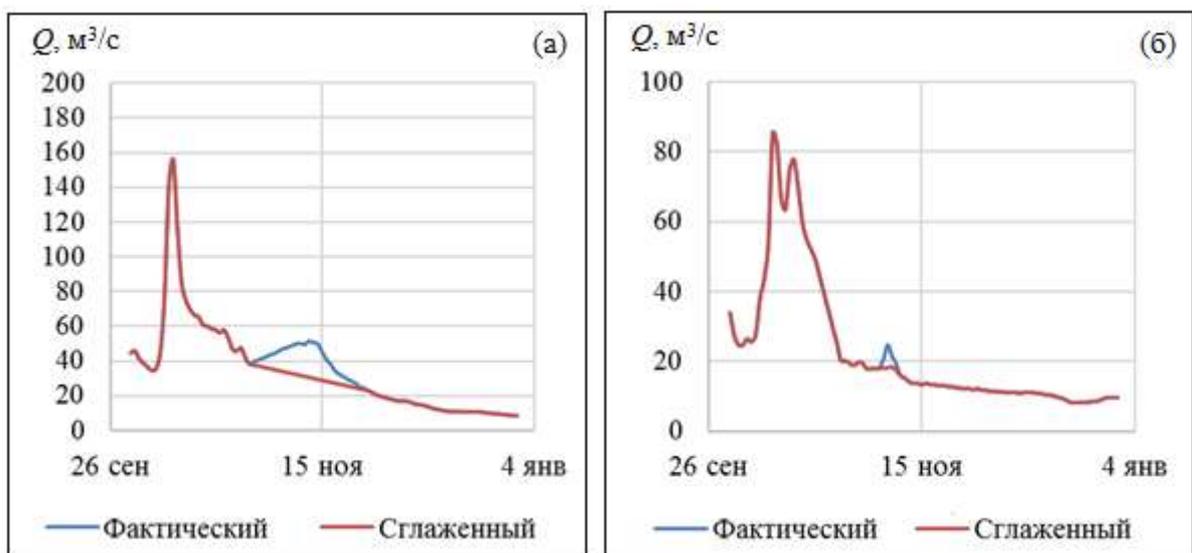


Рис.1. Гидрографы стока

а) р. Колва - д. Петрецова 1978 г.; б) р. Усьва – пгт. Усьва 2009 г.

Оценка степени завышения расходов воды выполнена по гидрографам стока. Для этого дата начала роста расходов воды, и дата окончания высоких расходов соединялись прямой линией. Рассчитывались фактический объем стока за период роста расходов и объем стока по сглаженной линии гидрографа (табл. 2). Приращение объема стока за период замерзания изменялось от 9 до 54% и в среднем составило 34% от наблюдаемого (табл. 2).

Таблица 2

Объемы стока в период замерзания

Река - пост	V_{ϕ}	V_c	V_n	
			m^3	%
р.Колва - д.Петрецова	1128	852	276	24
р.Язьва - с.Нижняя Язьва	1909	1242	667	35
р.Язьва - с.Нижняя Язьва	1185	839	346	29
р.Вишера - д.Митракова	3489	2146	1343	38
р.Усьва - пгт Усьва	113	103	10,4	9
р.Усьва - пгт Усьва	824	385	439	53
р.Чусовая - пгт Староуткинск	468	326	142	30
р.Сылва - пгт Шамары	1528	710	818	54
Среднее				34

Примечание: V_{ϕ} – фактический объем стока за период роста расходов, m^3 ; V_c – объем стока по сглаженной линии на гидрографе, m^3 ; V_n – завышение объема стока за период замерзания, m^3 .

Полученные результаты показали, что коэффициент $K_{зим}$ частично корректирует рост расходов воды в период замерзания. Однако в отдельные годы, происходит существенное завышение расходов воды.

Выводы

Единично выделяемые случаи повышения уровней воды и, соответственно, расходов объясняются тем, что при образовании ледовых явлений зачастую происходит стеснение русла, приводящее к увеличению уровней воды. Однако при этом изменения водности не наблюдается, поскольку реки питаются только грунтовыми водами.

Используемый для корректировки расходов воды поправочный коэффициент $K_{зим}$ не может полностью нивелировать рост уровней воды. В результате чего, в период замерзания рек отмечается завышение расходов воды в среднем на 34%.

Список литературы:

1. Донченко Р.В. Ледовый режим рек СССР. – Гидрометеиздат, 1987. – 248 с.
2. Лебедева С.В., Одоев Л.С. Роль ледовых явлений в динамике потоков на придельтовом участке Северной Двины //Гидросфера. Опасные процессы и явления. – 2020. – Т. 2. – №. 4. – С. 330-346.
3. Наставление гидрометрическим станциям и постам. Вып. 6. Ч. 2. Гидрогеологические наблюдения и работы на малых реках – 3-е изд., испр. и доп. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 266 с.
4. Потапова О.Н. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам //Л.: Гидрометеиздат. – 1978. – №. 6 часть I. – С. 384.
5. Тарбеева А.М., Крыленко И.В., Сурков В.В. Наледи на малых водотоках бассейна реки Протвы (Калужская область) и их влияние на русловые процессы //География и природные ресурсы. – 2011. – №. 4. – С. 75-78.
6. Тартаковский А.М. Атлас Пермского края. – Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2012. – 124 с.

ANALYSIS OF WATER STAGES AND FLOW DURING THE FREEZING PERIOD ON THE LEFT-BANK TRIBUTIES OF THE KAMA RESERVOIR

Sosnina Daria Alexandrovna, engineer-hydrologist
LLC "UralStroyIzyskaniya"
614065, Perm, st. 2nd Gamovskaya, 89

Mikova Ksenia Dmitrievna, 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

Annotation. The article is devoted to the study of flow changes during the rivers freezing. The assessment of water content changes during the period of active ice formation was made based on data on daily water flow and water stages. The results showed that the coefficient K partially takes into account the rise in water stages caused by the restriction of the river's bed by ice. However, in some years, daily water flow is significantly overestimated.

Keywords: winter low water, water regime, minimal flow, freezing of rivers, ice phenomena, dynamics of flow and stages of water.