

ГИДРОЛОГИЯ

УДК 556.535.5

DOI: 10.17072/2079-7877-2020-1-120-129

**О ВЫБОРЕ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОГО РАСЧЕТНОГО ПЕРИОДА НАБЛЮДЕНИЙ
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА РЕК****Виталий Германович Калинин**ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5559-6284>,Scopus ID: <http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7201527612>,

SPIN-код: 9507-2306

e-mail: vgkalinin@gmail.com*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь*

Рассматриваются способы определения репрезентативного периода наблюдений на гидрологических постах, необходимого для изучения сроков появления устойчивых ледяных образований осенью и сроков начала ледохода весной на реках. Цель работы – определение минимального репрезентативного периода наблюдений за ледовым режимом при разработке методов расчета сроков наступления ледовых фаз на неизученных реках. Методологической основой послужили следующие способы определения репрезентативного периода: построение разностно-интегральных кривых; расчет искомых сроков редкой повторяемости по рядам наблюдений разной продолжительности; анализ отклонений средних значений за разные временные промежутки от средних за весь период наблюдений; расчет относительной ошибки в определении отклонений ежегодных значений исследуемых сроков от их средней многолетней величины по каждому гидрологическому посту. На примере постов с длинными рядами наблюдений доказано, что при изучении закономерностей формирования ледовых явлений в осенний и весенний периоды на реках водосбора Воткинского водохранилища за наименьший расчетный период наблюдений можно принять интервал продолжительностью 40 лет.

Ключевые слова: река, ледовый режим, репрезентативный период, сроки наступления ледовых фаз в осенний и весенний периоды.

**ON THE SELECTION OF A REPRESENTATIVE CALCULATED PERIOD OF
OBSERVATION IN THE STUDY OF RIVER ICE REGIME****Vitaliy G. Kalinin**ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5559-6284>,Scopus ID: <http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7201527612>,

SPIN-code: 9507-2306

e-mail: vgkalinin@gmail.com*Perm State University, Perm*

The paper discusses methods for determining a representative period of observation at hydrological posts necessary to study the dates of ice formation on the rivers in autumn and the dates of ice destruction in spring. The purpose of the work is to determine the minimum representative period for observations of the ice regime when developing methods for calculating the dates of the ice phases onset on unstudied rivers. The following methods for determining a representative period served as a methodological basis: construction of difference-integral curves; calculation of the dates of rare repeatability over a series of observations of different durations; analysis of deviations of average values for different time intervals from average values for the entire observation period; calculation of the relative error in determining the

Гидрология
Калинин В.Г.

deviations of the annual values of the studied dates from their average long-term value for each hydrological post. By the example of posts with long-term records, it is proved that when studying the patterns of ice phenomena in autumn and spring periods on the rivers of the Votkinskoe Reservoir catchment, the interval of 40 years can be taken as the shortest estimated observation period.

Keywords: river, ice regime, representative period, dates of the ice phases onset in autumn and spring.

Введение

Исследование сроков замерзания и вскрытия рек и водохранилищ имеет большое значение для планирования и наиболее рациональной организации работы водного транспорта, при гидротехническом и транспортном строительстве, эксплуатации водозаборных сооружений и т.д. Основой для наиболее надежного гидрологического обоснования проектируемых объектов, а также для разработки методов расчета сроков наступления ледовых фаз на неизученных реках являются статистические материалы многолетних наблюдений.

При недостаточной изученности природы многолетних колебаний ледового режима рек при проектировании различных объектов используется вероятностная оценка, основанная на законах математической статистики и математического моделирования, с помощью которого на основании одной или нескольких выборок делается вывод о генеральной совокупности [11].

Ряды наблюдений на гидрологических постах (г/п) имеют разную продолжительность и несовпадение начал периодов наблюдений. Поэтому при разработке методик ледовых прогнозов используемые ряды должны быть репрезентативными, что особенно важно в период современных климатических изменений. Рассмотрим способы определения репрезентативного периода для сроков наступления ледовых фаз в осенний и весенний сезоны.

Для выбора репрезентативного расчетного периода наблюдений в качестве одного из наиболее объективных способов используют разностно-интегральные кривые [1; 2; 6], позволяющие выделять временные циклические колебания гидрологических характеристик, причиной которых являются в основном климатические факторы. В то же время, как отмечает А.М. Владимиров [1], выделяемые циклы колебания стока рек имеют разную продолжительность и разный размах колебаний водности, т.е. на одних реках наблюдаются 11 и 22-летние, а на других – 17 и 34-летние циклы.

Методы исследования и результаты

1. Исходными данными для решения задачи о выборе необходимой продолжительности периода наблюдений послужили многолетние ряды сроков появления устойчивых [8] ледяных образований осенью и сроков начала весеннего ледохода весной на реках водосбора Воткинского водохранилища: г/п Колва-Чердынь (141 год – с 1878 по 2018 г.), г/п Чусовая-Кын (138 лет – с 1881 по 2018 г.), г/п Кама-Бондюг (111 год – с 1908 по 2018 г.).

Для оценки смещений сроков наступления ледовых фаз под воздействием климатических изменений выполнен расчет значений линейных трендов исследуемых рядов наблюдений, о необходимости определения и исключения которых отмечено в работах [4, 5]. Для сравнения этих изменений на разных реках значения линейных трендов были нормированы на среднее квадратическое отклонение соответствующего ряда. Такие расчеты были выполнены для этих же постов двадцать лет назад [10]. Результаты практически не изменились: линейные тренды и их нормированные величины очень малы и статистически не значимы.

Для выбора репрезентативного периода наблюдений построены разностно-интегральные кривые сроков появления устойчивых осенних ледяных образований (рис. 1а)

Гидрология
Калинин В.Г.

и сроков начала весеннего ледохода (рис. 1б). По оси ординат откладывались величины $\sum^{(k-1)}$, где $k=x_i/\bar{x}$, а x_i и \bar{x} – соответственно сроки появления ледовых явлений в конкретном году и средние сроки за весь период наблюдений, выраженные в количестве дней осенью от 1 сентября, а весной от 1 марта. Отношение $\sum^{(k-1)}/C_v$ не определялось по причине зависимости коэффициента вариации C_v от среднего значения сроков появления интересующих нас явлений, которое в случае использования дат зависит от выбора начальной даты пересчета [10].

В результате анализа разностно-интегральных кривых сроков появления устойчивых осенних и весенних ледовых образований выявлены синхронные и синфазные колебания этих сроков появления устойчивых ледовых явлений, характер которых существенно отличается в осенний и весенний периоды. Осенью четко выделяются полувековые циклы, на фоне которых можно выделить более короткие циклы, продолжительностью 3, 10, 15, 18 и 23 года. Весной прослеживаются вековой цикл, а также 4, 9, 14, 19-летние циклы.

Выявленные циклические колебания не совпадают ни по размаху, ни по их продолжительности, что не позволяет выбрать единый расчетный период наблюдений.

2. Другим способом определения репрезентативного периода стала оценка определения дат редкой (1%) повторяемости по рядам наблюдений разной продолжительности. Ряды длиной более 100 лет включают явления редкой повторяемости и поэтому при их определении особых проблем не возникает. Но при использовании коротких рядов наблюдений могут возникать ошибки в расчетах этих дат.

При построении кривых обеспеченности сроков ледовых явлений часто используется уравнение кривой Пирсона III типа, описывающее биномиальное распределение вероятности, что связано с ограниченностью числа членов используемых выборок, поскольку в уравнениях кривых других типов входят в качестве параметров величины моментов высших порядков, точность определения которых по рядам наблюдений за ледовым режимом низка [3].

Вид кривой обеспеченности определяется тремя параметрами, отражающими первые три момента распределения: средней величиной, коэффициентом изменчивости (вариации)

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}}, \text{ где } \sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \text{ и коэффициентом асимметрии } C_s = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^3}{n\sigma^3}.$$

Особенности применения кривой Пирсона III типа для сроков наступления ледовых фаз обусловлены неопределенностью величины (продолжительности) времени, определяемой датой наступления данного явления. Отсчет времени от той или иной постоянной даты, принятой за начальную, может быть только условным [3].

Как отмечено выше, величина коэффициента вариации C_v зависит от среднего значения сроков появления интересующих нас явлений и теряет смысл показателя изменчивости, сравнимого для различных статистических рядов. Поэтому в качестве параметра, отражающего второй момент распределения, взамен C_v Б.М. Гинзбургом [3] предложено использовать среднее квадратическое отклонение от средней даты σ . Вычисление этой величины, как и двух других параметров – средней даты \bar{D} и коэффициента асимметрии C_s , не вызывает затруднений.

Дату ледового явления заданной обеспеченности D_p при известном значении C_s определяем с помощью таблицы Фостера – Рыбкина [12], как

$$D_p = \bar{D} + \sigma \cdot \Phi(C_s, P). \quad (1)$$

Гидрология
Калинин В.Г.

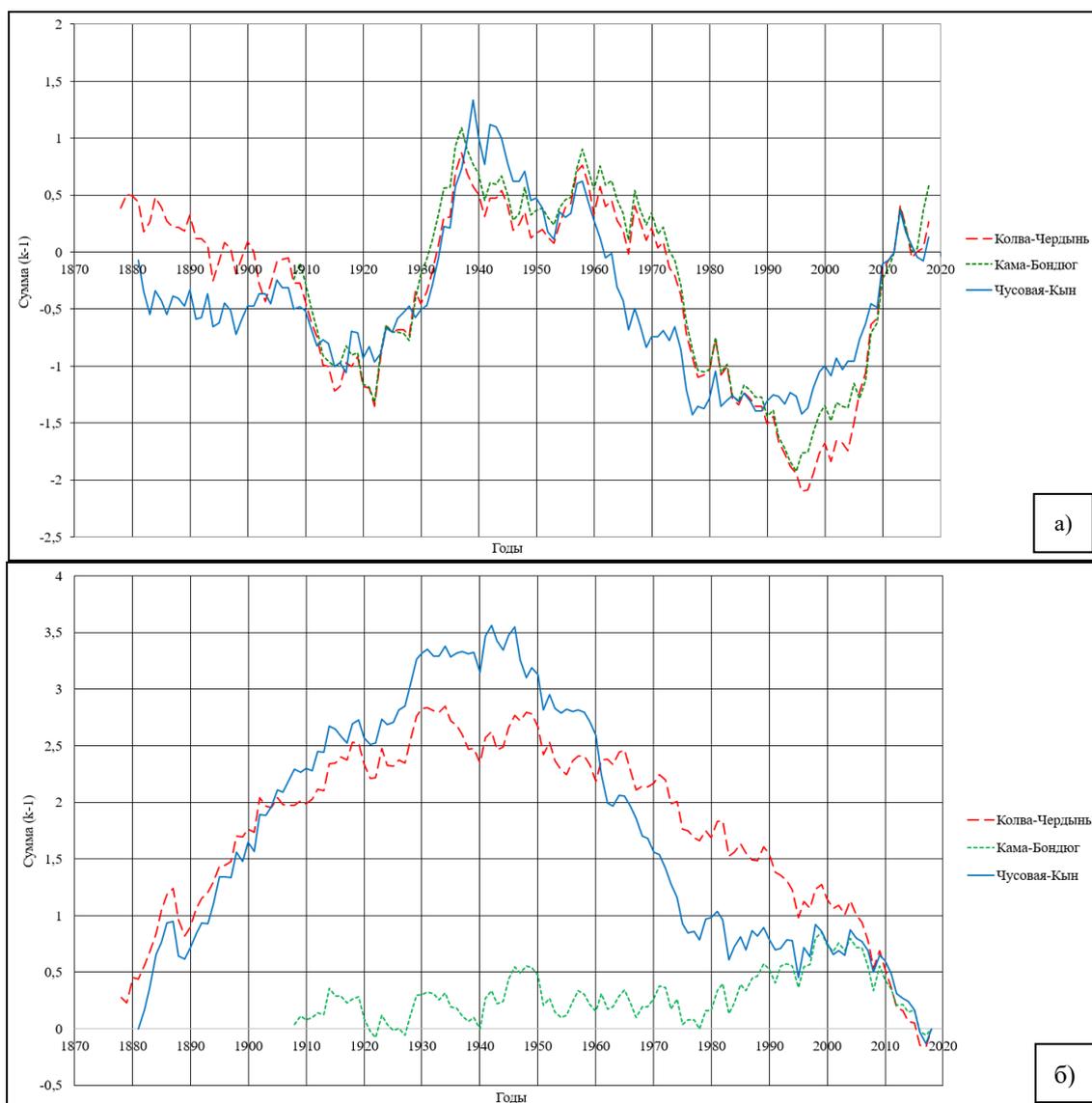


Рис. 1. Разностно-интегральные кривые сроков: а – появления устойчивых осенних ледяных образований; б – начала весеннего ледохода на реках водосбора Воткинского водохранилища
Fig. 1. Difference-integral curves of the dates of ice formation (a) and ice destruction (b) on the rivers of the Votkinskoe Reservoir catchment

Числа Фостера (Φ), приводимые в этой таблице в зависимости от величин обеспеченности (P) для заданного коэффициента асимметрии (C_s), представляются в виде

$$\Phi = \frac{k_p - 1}{C_v}, \quad (2)$$

где $k_p = \frac{x_p}{\bar{x}}$ – модульный коэффициент величины x при заданной обеспеченности P .

Как утверждает Б.М. Гинзбург [3], выражение (2) тождественно выражению (3):

$$\Phi = \frac{x_p - \bar{x}}{\sigma}, \quad (3)$$

т.е. число Фостера представляет нормированное отклонение величины x_p от среднего ее значения [12]. Поэтому нет никаких препятствий к применению таблицы Фостера–Рыбкина для дат или других величин, физический смысл которых не позволяет вычислять k

Гидрология
Калинин В.Г.

и C_v [3]. Таким образом, специфика применения уравнений кривой Пирсона III типа для описания распределения сроков наступления ледовых фаз сводится к замене коэффициента вариации C_v средним квадратическим отклонением от средней даты σ .

Для определения обеспеченности ряды сроков наступления ледовых фаз располагают в возрастающем порядке. Поэтому при расчете по таблице Фостера – Рыбкина [12] обеспеченность следует брать как $P = 100\% - P_{\text{табл}}$.

Рассмотрим построение кривых вероятностей и расчет обеспеченных значений сроков наступления ледовых фаз в осенний и весенний периоды. Для этого сначала были вычислены сроки 1%-ной обеспеченности по фактическим материалам наблюдений длинных рядов. Затем исходные длинные ряды были последовательно разделены на более короткие, не пересекающиеся промежутки (20 и 30-летней продолжительности). Вычисленные с помощью таблицы Фостера – Рыбкина теоретические сроки 1%-ной обеспеченности по 20 и 30-летним промежуткам сравнивались со сроками 1%-ной обеспеченности, определенными по фактическим данным исходных длинных рядов наблюдений.

Точность определения сроков наступления ледовых фаз наблюдателем составляет ± 1 сут., как и точность расчета среднего значения этих сроков, поэтому отклонения в 2 сут. будем считать наименьшим допустимым значением. То есть при расхождении на 3 сут. и более использование ограниченного ряда для определения сроков наступления ледовых фаз редкой обеспеченности возможно лишь для приближенной оценки.

При сравнении показателей 1%-ной обеспеченности рядов по фактическим и теоретическим данным исходных длинных рядов наблюдений выявлено, что расхождения в сроках появления устойчивых ледяных образований осенью составили 2 сут. для всех трех постов (Колва-Чердынь, Кама-Бондюг и Чусовая Кын). Для сроков вскрытия: Колва-Чердынь – 1 сут., Кама-Бондюг – 0 сут., Чусовая Кын – 2 сут. (в среднем 1,0 сут.).

Средние и максимальные отклонения рассчитанных и фактических значений сроков наступления ледовых фаз 1%-ной обеспеченности для гидрологических постов по 20 и 30-летним периодам представлены в таблице.

Как видно из таблицы расхождения между теоретическими и фактическими значениями по 20-летним периодам изменяются от 2,0 до 3,7 сут. для сроков появления устойчивых ледяных образований (в среднем по постам 2,0 сут.) и от 2,4 до 4,8 сут. для сроков вскрытия рек (в среднем по постам 4,0 сут.). Максимальные отклонения достаточно велики и достигают 12 сут.

Если рассматривать 30-летние периоды, то средние значения изменились незначительно (таблица), а максимальные отклонения сократились в 1,8 и 1,3 раза соответственно для сроков наступления осенних и весенних ледовых фаз.

Средние и максимальные отклонения рассчитаны по 20- и 30-летним периодам сроков наступления ледовых фаз 1%-ной обеспеченности от их фактических значений

Таким образом, использование ограниченных рядов наблюдений (как 20, так и 30-летних) для определения сроков наступления ледовых фаз редкой обеспеченности возможно лишь для приближенной оценки, так как чтобы избежать больших погрешностей.

3. Еще одним способом определения репрезентативного периода может являться анализ отклонений средних значений за разные временные промежутки от средних за весь период наблюдений. Для этого многолетние ряды наблюдений были разбиты последовательно сначала на 20-летние периоды с однолетним шагом, для каждого из которых рассчитывались средние значения и их отклонения от среднемноголетних за весь период наблюдений, затем аналогичные расчеты были выполнены для 25-летних интервалов и далее с пятилетним шагом, соответственно для 30, 35, 40, ... 85 лет. Затем для каждого из них определялись средние отклонения сроков появления ледовых явлений от многолетнего ряда. Более детально этот способ описан в [10].

Гидрология
Калинин В.Г.

Средние и максимальные отклонения рассчитанных по 20- и 30-летним периодам сроков наступления ледовых фаз 1%-ной обеспеченности от их фактических значений
Average and maximum deviations of the dates of ice phases of 1% probability calculated over 20- and 30-year periods from their actual values

Гидрологический пост	Период	Отклонение сроков появления устойчивых ледяных образований, сут.		Отклонение сроков вскрытия рек, сут.	
		среднее	макс.	среднее	макс.
Колва-Чердынь	20 лет	2,5	5	4,8	12
Кама-Бондюг	20 лет	2,0	5	2,4	4
Чусовая-Кын	20 лет	3,7	6	4,7	11
Среднее:		2,0	5,3	4,0	9,0
Колва-Чердынь	30 лет	3,0	4	3,8	6
Кама-Бондюг	30 лет	2,3	3	2,7	5
Чусовая-Кын	30 лет	1,8	2	5,0	9
Среднее:		2,4	3,0	3,8	6,7

Анализ результатов расчетов средних значений сроков появления ледяных образований осенью и начала весеннего ледохода весной после продления рядов наблюдений до 2018 г. включительно показал, что в случае примерного совпадения выбранных периодов с выделенными циклами отклонения средних сроков для них от средних многолетних значений за весь период наблюдений также равны или близки к нулю. В случае несовпадения отклонения увеличиваются и для 20-летнего периода, достигая 6 дней осенью и 5 дней весной. Однако с увеличением продолжительности периода отклонения уменьшаются и при 40-летнем интервале только для г/п Кама-Бондюг осенью в 2 из 72 расчетных периодов составили 4 дня, а отклонения в 3 дня наблюдались для: г/п Колва-Чердынь – в 20%, г/п Кама-Бондюг – в 30%, г/п Чусовая-Кын – 34% случаев.

Весной картина несколько иная: при 40-летнем интервале для г/п Кама-Бондюг отклонений более 1 дня нет вообще, для г/п Колва-Чердынь отклонения в 3 дня наблюдались лишь в 10% случаев из 102 расчетных периодов, а для г/п Чусовая-Кын зафиксированы отклонения в 4 дня (9% случаев) и в 3 дня (36% случаев). Следует отметить, что отклонения в 4 дня встречаются и в 45 и в 50-летних временных промежутках, а в 3 дня – даже в 65-летнем интервале. Причиной таких отклонений может являться регулирование стока весеннего половодья водохранилищами, расположенными в верховьях р. Чусовой. Кроме того, река берет начало за Уральскими горами и течет с юга на север, что также оказывает влияние на разницу в сроках вскрытия по длине реки и изменчивость их от года к году [10]. При выборе расчетного периода это необходимо учитывать.

Характер изменения средних отклонений сроков появления осенних ледовых явлений и сроков начала весеннего ледохода для выбранных периодов наблюдений по отдельным и в среднем по всем гидрологическим постам представлен на рис. 2а, б. Как указывалось выше, отклонения в 2 сут. можно считать наименьшим допустимым значением.

Исходя из этого (рис. 2а) наибольшим допустимым (расчетным) интервалом наблюдений является 40-летний период для г/п Кама-Бондюг. Для г/п Чусовая-Кын этот период может быть принят равным 30 годам, а в среднем для всех трех постов – 35 годам.

Весной (рис. 2б) наибольшим допустимым интервалом также можно принять 40-летний период, но только для г/п Чусовая-Кын. Для остальных гидрологических постов этот период может быть принят равным 25 годам.

Кроме того, для г/п Кама-Бондюг, ввиду небольшой амплитуды колебаний сроков начала весеннего ледохода, отклонения от средней многолетней величины не превышают 0,5 дня, что значительно занижает средние отклонения для всех трех постов («Среднее-1» на рис. 2б). Поэтому были рассчитаны средние отклонения без учета г/п Кама-Бондюг

Гидрология
Калинин В.Г.

(«Среднее-2» на рис. 2б), для которых допустимый расчетный период – 25 лет. Учитывая, что для большинства гидрологических постов общая продолжительность периодов наблюдений составляет 40 и более лет, за наименьший допустимый расчетный период можно принять наибольший из полученных, т.е. продолжительностью 40 лет.

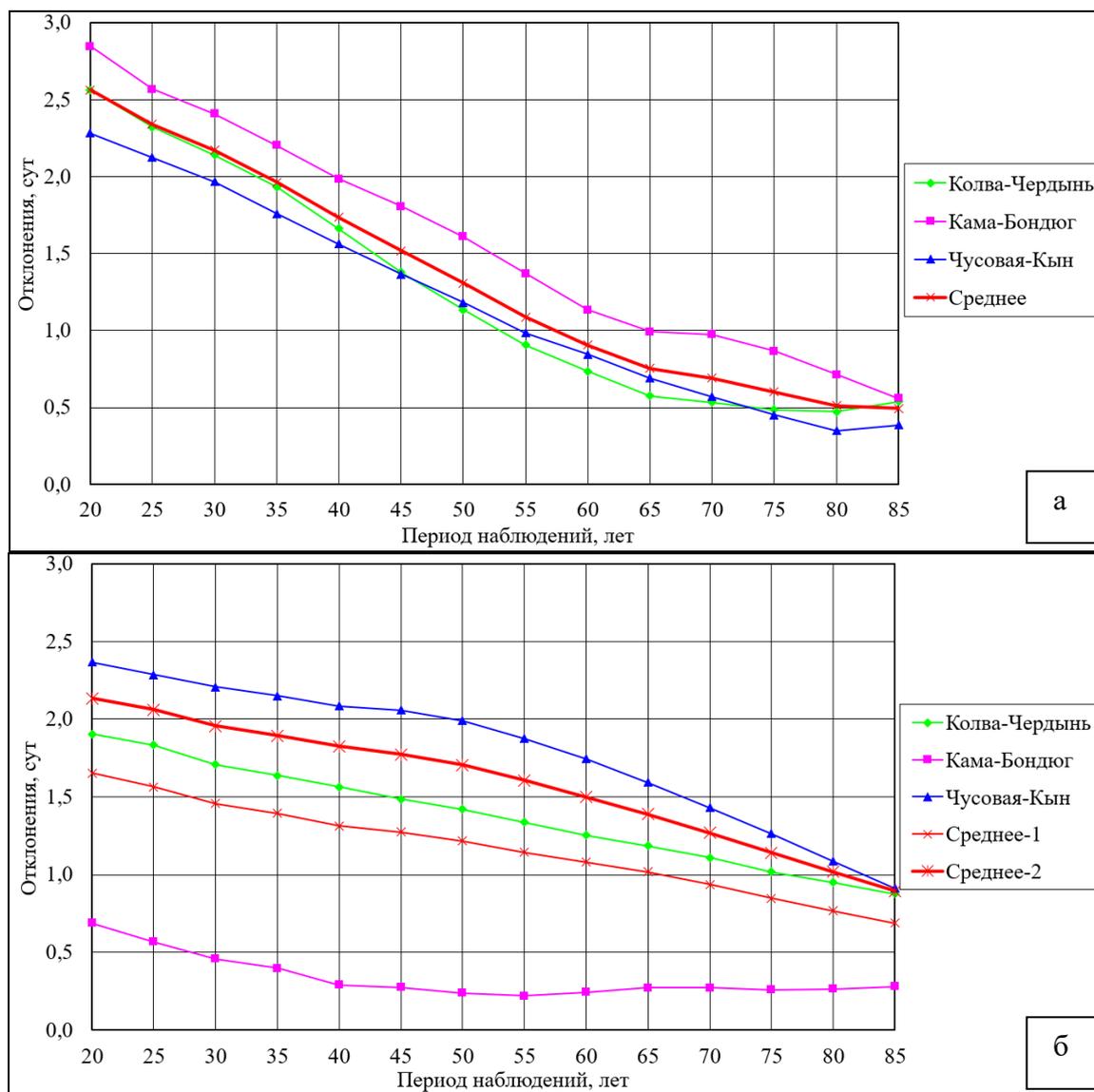


Рис. 2. Зависимость отклонений сроков: а – появления устойчивых осенних ледовых явлений; б – сроков начала весеннего ледохода от многолетних средних по гидрологическим постам

Fig. 2. Dependence of deviations in the dates of ice formation (a) and ice destruction (b) from long-term averages at hydrological posts

4. Продолжительность расчетного периода наблюдений может быть определена и с помощью теоремы Чебышева [7], согласно которой, увеличивая число лет наблюдений, можно достичь практической уверенности в том, что среднее отклонение ($\bar{\delta}_i$) сроков наступления ледовых явлений будет как угодно мало отличаться от его среднего многолетнего значения ($\bar{\delta}$). Для этого были рассчитаны отклонения (δ_i) ежегодных значений сроков появления устойчивых ледовых явлений (x_i) от их средней многолетней величины (\bar{x}): $\delta_i = |x_i - \bar{x}|$, а также среднее отклонение $\bar{\delta}$ за весь период наблюдений по

Гидрология
Калинин В.Г.

каждому гидрологическому посту. После этого определены средние отклонения ($\bar{\delta}_i$) при различной продолжительности периодов наблюдений, последовательно нарастающим итогом за 1, 2, 3 года ... и т.д., постепенно охватывая весь период наблюдений.

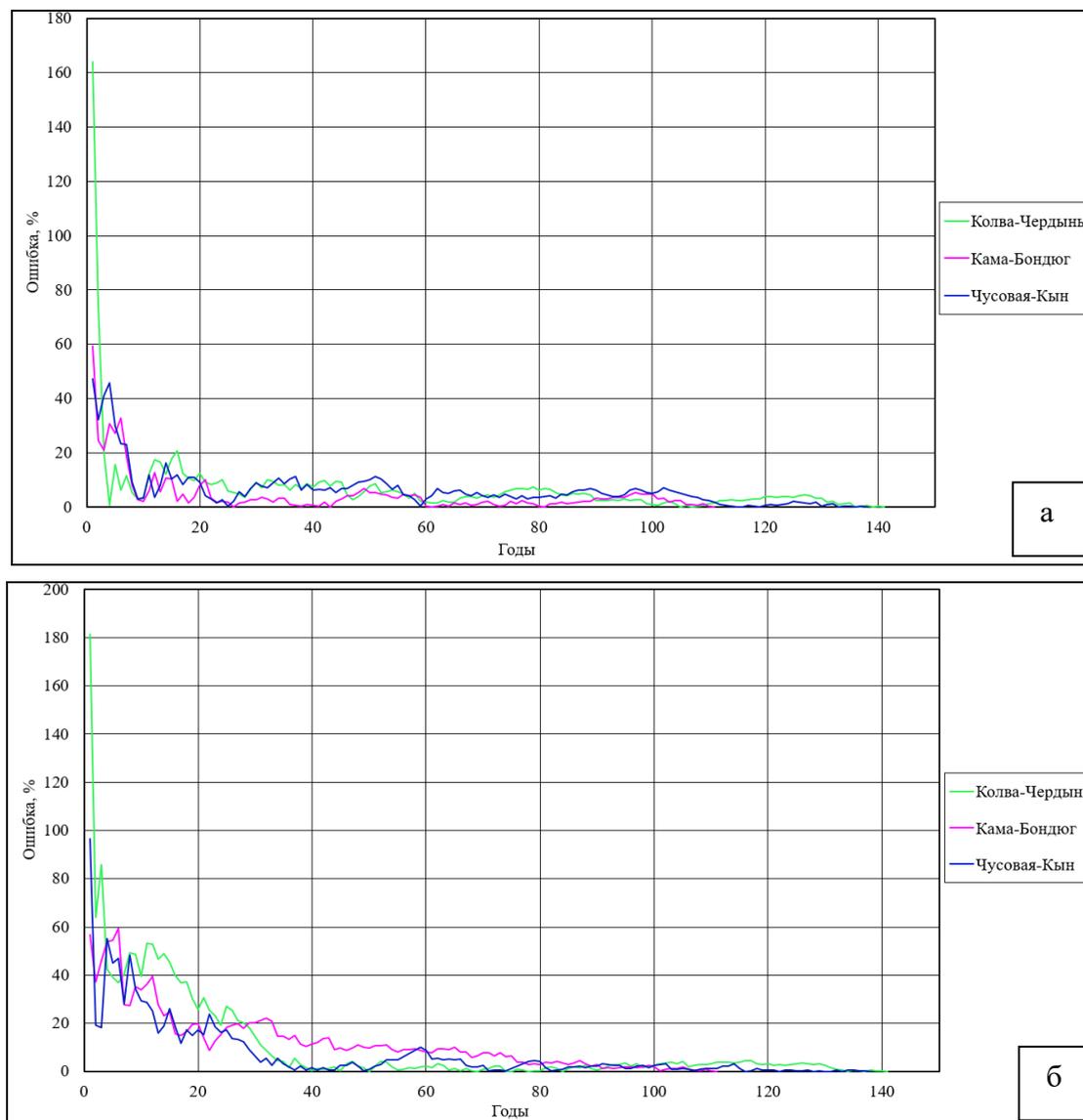


Рис. 3. Зависимость относительной ошибки определения отклонений, %:

а – сроков появления устойчивых осенних ледовых явлений; б – сроков начала весеннего ледохода по гидрологическим постам

Fig. 3. Dependence of the relative error in determining deviations (%) of (a) the dates of ice formation, (b) the dates of ice destruction at hydrological posts

Затем была вычислена относительная ошибка (Δ , %) в определении отклонений сроков наступления устойчивых ледовых явлений по формуле (4)

$$\Delta = (|\bar{\delta}_i - \bar{\delta}| / \bar{\delta}) 100. \quad (4)$$

Гидрология
Калинин В.Г.

Результаты расчетов показывают, что при продолжительности периода наблюдений 40 лет и более относительная ошибка для рассматриваемых гидрологических постов осенью не превышает: Колва-Чердынъ – 9,9%, Кама-Бондюг – 7,0% и Чусовая-Кын – 11,3% (рис. 3а), составляя соответственно в днях 0,78, 0,62 и 0,86, а весной: Колва-Чердынъ – 4,3%, Кама-Бондюг – 13,9% и Чусовая-Кын – 10,0% (рис. 3б), составляя (в днях) – 0,25, 0,70 и 0,56.

Выполненные исследования для продленных до 2018 г. включительно рядов наблюдений полностью подтвердили полученные ранее выводы о необходимой продолжительности этих рядов. При изучении закономерностей формирования ледовых явлений в осенний и весенний периоды на реках водосбора Воткинского водохранилища за наименьший расчетный период наблюдений может быть принят интервал продолжительностью 40 лет.

Выводы

1. Выявленные по разностно-интегральным кривым синхронные и синфазные циклические колебания сроков появления устойчивых осенних и весенних ледовых явлений не совпадают ни по размаху, ни по их продолжительности, что не позволяет выбрать единый расчетный период наблюдений.

2. Использование ограниченных рядов наблюдений для определения сроков наступления ледовых фаз редкой обеспеченности возможно лишь для приближенной оценки. Расхождения между теоретическими и фактическими значениями по 20-летним периодам изменяются от 2,0 до 3,7 сут. для сроков появления устойчивых ледяных образований и от 2,4 до 4,8 сут. для сроков вскрытия рек; по 30-летним периодам от 1,8 до 3,0 сут. и от 2,7 до 5,0 сут. соответственно.

3. Анализ отклонений средних значений за разные временные промежутки от средних за весь период наблюдений в абсолютных и относительных единицах показал, что при изучении закономерностей формирования ледовых явлений в осенний и весенний периоды на водных объектах водосбора Воткинского водохранилища за наименьший расчетный период наблюдений может быть принят интервал продолжительностью 40 лет.

Библиографический список

1. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 365 с.
2. Воскресенский К.П. Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 545 с.
3. Гинзбург Б.М. Вероятностные характеристики сроков замерзания и вскрытия рек // Труды Гидрометцентра СССР. 1969. Вып. 40. С. 21–40.
4. Гинзбург Б.М., Полякова К.Н., Солдатова И.И. Вековые изменения сроков появления льда на реках и их связь с изменениями климата // Метеорология и гидрология. 1992. №12. С.71–79.
5. Гинзбург Б.М., Солдатова И.И. Многолетние колебания сроков замерзания и вскрытия рек в различных географических зонах // Метеорология и гидрология. 1996. №6. С. 101–108.
6. Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 430 с.
7. Дунин-Барковский И.В., Смирнов Н.В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике. М.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1955. 556 с.
8. Калинин В.Г. О методике определения некоторых характеристик ледовых явлений на водохранилищах // Метеорология и гидрология. 1995. №1. С.114–116.
9. Калинин В.Г. Ледовый режим рек и водохранилищ бассейна Верхней и Средней Камы. Пермь, 2008. 252 с.
10. Калинин В.Г., Трофимов Н.А. О выборе необходимой продолжительности периода наблюдений ледового режима рек // Метеорология и гидрология. 2001. №8. С. 78–88.
11. Пространственно-временные колебания стока рек СССР / под ред. А.В.Рождественского. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 376 с.
12. Рыбкин С.И. Таблицы Фостера // Метеорология и гидрология. 1938. №1. С. 64–72.

Гидрология
Калинин В.Г.

References

1. Vladimirov, A.M. (1990) *Gidrologicheskie raschety*. L.: Gidrometeoizdat. 365 p.
2. Voskresenskij, K.P. (1962) *Norma i izmenchivost' godovogo stoka rek Sovetskogo Soyuz*. L.: Gidrometeoizdat. 545 p.
3. Ginzburg, B.M. (1969) *Veroyatnostnye harakteristiki srokov zamerzaniya i vskrytiya rek* // *Trudy Gidrometcentra SSSR*. Vyp. 40. pp. 21–40.
4. Ginzburg B.M., Polyakova K.N., Soldatova I.I. (1992) *Vekovye izmeneniya srokov poyavleniya l'da na rekah i ih svyaz' s izmeneniyami klimata* // *Meteorologiya i gidrologiya*. no 12. pp. 71–79.
5. Ginzburg B.M., Soldatova I.I. (1996) *Mnogoletnie kolebaniya srokov zamerzaniya i vskrytiya rek v razlichnyh geograficheskikh zonah* // *Meteorologiya i gidrologiya*. no 6. pp. 101–108.
6. Goroshkov, I.F. (1979) *Gidrologicheskie raschety*. L.: Gidrometeoizdat. 430 p.
7. Dunin-Barkovskij, I.V. and Smirnov, N.V. (1955) *Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika v tekhnike*. M., Gos. Izd-vo tekhn.-teoret. lit. 556 p.
8. Kalinin V.G. (1995) *O metodike opredeleniya nekotoryh harakteristik ledovyh yavlenij na vodohranilishchah* // *Meteorologiya i gidrologiya*. no 1. pp. 114–116.
9. Kalinin, V.G. (2008) *Ledovyj rezhim rek i vodohranilishch bassejna Verhnej i Srednej Kamy*. Perm. 252 p.
10. Kalinin, V.G. and Trofimov, N.A. (2001) *O vybore neobhodimoj prodolzhitel'nosti perioda nablyudenij ledovogo rezhima rek* // *Meteorologiya i gidrologiya*. no 8. pp. 78–88.
11. *Prostranstvenno-vremennye kolebaniya stoka rek SSSR (1988)* / Pod red. A.V. Rozhdestvenskogo. L.: Gidrometeoizdat. 376 p.
12. Rybkin, S.I. (1938) *Tablicy Fostera* // *Meteorologiya i gidrologiya*. no 1. pp. 64–72.

Поступила в редакцию: 10.01.2020

Сведения об авторе

Калинин Виталий Германович

доктор географических наук, заведующий
кафедрой гидрологии и охраны водных ресурсов,
Пермский государственный национальный
исследовательский университет;
Россия, 614990, г. Пермь, Букирева, 15

e-mail: vgkalinin@gmail.com

About the author

Vitaliy G. Kalinin

Doctor of Geographical Sciences, Head of the
Department of Hydrology and Water Resources
Conservation, Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Калинин В.Г. О выборе репрезентативного расчетного периода наблюдений при изучении ледового режима рек // Географический вестник = Geographical bulletin. 2020. №1(52). С. 120–129. doi 10.17072/2079-7877-2020-1-120-129.

Please cite this article in English as:

Kalinin V.G. On the selection of a representative calculated period of observation in the study of river ice regime // Geographical bulletin. 2020. №1(52). P. 120–129. doi 10.17072/2079-7877-2020-1-120-129.