

## ОКЕАНОЛОГИЯ OCEANOLOGY

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.30758/0555-2648-2024-70-2-144-160>

УДК 556. 542 (282.256.26+282.256.17)



### Характеристики неблагоприятных уровней воды относительно критических значений по наблюдениям на стационарных постах в Обской и Тазовской губах

А.А. Пискун✉

ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,  
Санкт-Петербург, Россия

✉[piskun@aari.ru](mailto:piskun@aari.ru)

**Аннотация.** Уровни воды, выходящие за пределы критических значений, представляют опасность для хозяйственных объектов, расположенных на прилегающей территории. Цель работы — на основе материалов Водного кадастра получить наиболее общие характеристики неблагоприятных уровней воды относительно критических значений, установленных решением УГМС, по наблюдениям на стационарных постах Обской и Тазовской губ. К этим постам относятся Новый Порт, м. Каменный, Тадибеяха, Сеяха, Тамбей, 60 лет ВЛКСМ, Антипаюта. Источники исходных данных — гидрологические ежегодники по бассейну Карского моря за период 1953–2019 гг. Сформированы однородные в высотном отношении ряды уровней, значения которых выше или ниже критических отметок. Впервые получены статистические характеристики экстремальных уровней, выходящих за рамки критических значений. Результаты могут быть использованы при оценке рисков в зависимости от высотного местоположения проектируемого сооружения. Они позволяют учесть возможное неблагоприятное воздействие экстремальных уровней на эти сооружения.

**Ключевые слова:** гидрологические ежегодники, критические отметки, однородные ряды, статистические характеристики, экстремальные уровни

**Для цитирования:** Пискун А.А. Характеристики неблагоприятных уровней воды относительно критических значений по наблюдениям на стационарных постах в Обской и Тазовской губах. *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2024;70(2):144–160. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2024-70-2-144-160>

Поступила 28.03.2024

После переработки 05.06.2024

Принята 07.06.2024

## Characteristics of unfavorable levels relative to critical values as observed at stationary posts in the Ob and Taz bays

Aleksandr A. Piskun✉

State Scientific Center of the Russian Federation Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

✉piskun@aari.ru

**Abstract.** Water levels exceeding critical values pose a danger to economic facilities located in the adjacent territory. The aim of the work is to obtain, using the materials of the Water Cadastre, the most general characteristics of unfavorable water levels relative to the critical values established by the decision of the UGMS, based on observations at stationary posts in the Ob and Taz Bays. These posts include New Port, Cape Kamenny, Tadibeyakha, Seyakha, Tambey, 60 Let VLKSM, Antipayuta. No generalizations on this issue are found in the research literature for the area under consideration. Sources of initial data are hydrological yearbooks for the Kara Sea basin for the period 1953–2019. The generated series of levels for each post are brought to a single reference plane for the observation period. The length of the rows ranges from 14 to 61 values. As a result of data analysis, the following characteristics of unfavorable levels were obtained: the proportion of years with extreme levels above the critical level during surges and floods and below the critical levels during surges; distribution by month of the largest exceedances of levels above and below the critical ones during the year; the maximum values of exceedances and duration of levels above and below the critical ones; repeatability of values of extreme annual elevations/decreases in level relative to the critical ones at given intervals; information on the maximum number and duration of repeated cases of unfavorable levels at the post per year and the total duration for the entire period. It has been established that among the posts that have a series of observations of levels over 20 years, the most unfavorable conditions in terms of levels are formed for the Tadibeyakha and Antipayuta posts in all indicators. The results obtained can be used in risk assessment depending on the high-altitude location of a structure being designed. They take into account the possible adverse effects of extreme levels on these structures.

**Keywords:** critical marks, extreme levels, homogeneous series, hydrological yearbooks, statistical characteristics

**For citation:** Piskun A.A. Characteristics of unfavorable levels relative to critical values as observed at stationary posts in the Ob and Taz bays. *Arctic and Antarctic Research*. 2024;70(2):144–160. (In Russ.). <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2024-70-2-144-160>

Received 28.03.2024

Revised 05.06.2024

Accepted 07.06.2024

### Введение

Одной из основных задач в сфере развития науки и технологий в интересах развития Арктики является расширение деятельности по проведению исследований опасных природных и природно-техногенных явлений в Арктике. Это отмечено в документе «Основы государственной политики РФ в Арктике на период до 2035 года» (утверждены Указом Президента РФ от 5 марта 2020 г. № 164).

Одним из элементов гидрологического режима и процессов, которые при определенных условиях могут вызывать негативные последствия для хозяйственной деятельности, является уровень воды. К неблагоприятным либо опасным гидрологическим явлениям относятся такие уровни воды, значения которых лежат выше или ниже критических отметок<sup>1, 2</sup>. В общем случае выход уровней за пределы критиче-

<sup>1</sup> РД 52.04.563–2002. *Руководящий документ*. Инструкция по подготовке и передаче штурмовых сообщений наблюдательными подразделениями. СПб., 2013. 49 с.

<sup>2</sup> РД 52.10.842–2017. *Наставление гидрометеорологическим станциям и постам*. Выпуск 9. Гидрометеорологические наблюдения на морских станциях и постах. Часть I. Гидрологические наблюдения на береговых станциях и постах. М.: Изд-во ИТРК, 2017. 375 с.

ских значений может привести к затоплению береговых сооружений и населенных пунктов, повреждению судов и различных хозяйственных объектов, прекращению судоходства, осушке водозаборных сооружений, что может принести существенный материальный ущерб.

Значения максимальных критических уровней ( $H_{кр\ макс}$ ) и минимальных ( $H_{кр\ мин}$ ) для каждого поста устанавливаются решением УГМС, принятым с учетом требований заинтересованных организаций.

Колебания уровня воды в Обской и Тазовской губах определяются влиянием совокупности факторов, основными из которых являются периодические (приливы/отливы), непериодические (сгоны/нагоны) и речной сток. В силу большой пространственной протяженности губ (Обская — около 800 км, Тазовская — 300 км [1]) вклад этих факторов в формирование суммарного уровня в разных районах их акватории существенно различается. Например, в южной части Обской губы экстремально высокие уровни обусловлены анемобарическими причинами [2], в северной части преобладает влияние периодических факторов [1, 2 и др.]. Колебания уровня, вызванные периодическими и непериодическими явлениями, происходят относительно фона водной поверхности в губе, сформированного речным стоком в сочетании с высотным положением уровня Карского моря. Исследования В.Г. Корта позволили прийти к выводу об отсутствии сейшевых колебаний уровня в губе [2].

Сгонно-нагонные колебания уровня в Обской губе формируются под влиянием барических образований, центр которых расположен либо к востоку от губы (циклоны, вызывающие нагонные ветры северной четверти), либо к западу (антициклоны, вызывающие сгонные ветры южной четверти) [2].

Как отмечает А.В. Коптева [3], устойчивые ветры северной четверти в районе Обской губы и прилегающей южной части Карского моря вызывают подъем уровня и нагонные течения, направленные на юг, а устойчивые ветры южной четверти — падение уровня и сгонные течения, направленные на север. Западные и восточные ветры заметного влияния на экстремальные уровни и течения в Обской губе не оказывают. Для Тазовской губы нагонными являются ветры западной четверти, сгонными — восточной.

Результаты анализа сгонно-нагонных колебаний уровня воды в Обской и Тазовской губах приведены в ряде работ [2, 4–7] на основе ежечасных и 4-срочных наблюдений на стационарных и экспедиционных постах. Наибольшую ценность для исследования колебаний уровня представляют материалы ежечасных наблюдений, но они сравнительно немногочисленны, относятся к непубликуемой части Водного кадастра и имеют ограниченное распространение, поскольку хранятся в фондовых архивах.

Понятно, что для временных экспедиционных постов ряды наблюдений слишком коротки для назначения критических отметок и, вероятно, в этом не было потребности. В связи с этим в отмеченных работах для сравнимости характеристик колебаний уровня на разных постах (временных и стационарных) использовался единый методический подход, который предложил В.Г. Корт [2]. Его суть в том, что экстремальные нагонные и сгонные уровни выбирались относительно значений заданной обеспеченности 5 и 95 % соответственно. При этом в работах [4–7] анализ сгонов и нагонов выполнялся по остаточным рядам (суммарный уровень минус приливная составляющая), полученным из срочных наблюдений, приведенных к однородному виду в высотном отношении.

Основная цель данной работы — на основе материалов, представленных в публикуемой части Водного кадастра<sup>3, 4, 5, 6</sup>, получить наиболее общие характеристики неблагоприятных уровней воды относительно критических значений  $H_{кр\ макс}$  и  $H_{кр\ мин}$ , установленных решением УГМС, по наблюдениям на стационарных постах Обской и Тазовской губ.

### Материалы наблюдений, их обработка и анализ

Исходными данными получения характеристик уровней, значения которых выше или ниже критических, послужили экстремальные месячные и годовые уровни, сведения о сгонах и нагонах на стационарных постах Обской и Тазовской губ по данным публикуемой части Водного кадастра РФ (табл. 1), а также сведения о критических значениях уровня для этих постов (табл. 2). В изданиях Водного кадастра, указанных выше, значения критических уровней приведены для постов Обской губы — Новый Порт, Каменный, Сеяха, Тадибеяха, Тамбей, им. 60-летия ВЛКСМ — и Тазовской — Антипаюта.

Таблица 1

**Периоды, за которые выполнена выборка данных для анализа критических уровней на постах Обской и Тазовской губ**

Table 1

**Periods for which the data were sampled for the analysis of critical levels at the posts of the Ob and Taz bays**

Пост	Период выборки экстремальных годовых уровней по таблицам «Уровень воды», приведенным в ГЕ*, ЕДС** и ЕДМ****	Период выборки из таблиц 1.1.4 «Нагоны и сгоны», приведенных в ЕДМ*** том 4 часть 1	Период выборки из таблиц 2.1.4 «Неблагоприятные гидрологические явления», приведенных в ЕДМ**** том 4 часть 2
Новый Порт	1955–2012, 2015, 2017–2019	1985–2019	1990–2019
Каменный	1977–1993	1983–1989	–
Сеяха	1967–1993, 2000–2019	1981–1989	1990–1993, 2000–2019
Тадибеяха	1953–1993	1977–1992	–
Тамбей	1976–1992	1978–1992	–
60 лет ВЛКСМ	1979–1992	1979–1992	1979–1992
Антипаюта	1971–1996, 2001–2017	1977–1987	1988–1996, 2003–2017

*Примечание.* ГЕ — Гидрологический ежегодник; ЕДС — Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши; ЕДМ — Ежегодные данные о режиме и качестве вод морей и морских устьев рек; \* — см. сноску 3; \*\* — см. сноску 4; \*\*\* — см. сноску 6; \*\*\*\* — см. сноску 5.

*Note.* GE — Hydrological Yearbook; EDS — Annual data on the regime and resources of surface waters on land; EDM — Annual data on the regime and quality of waters of the seas and estuaries; \* — see footnote 3; \*\* — see footnote 4; \*\*\* — see footnote 6; \*\*\*\* — see footnote 5.

<sup>3</sup> Гидрологический ежегодник. Том 6. Бассейн Карского моря (западная часть). Выпуск 0–9, 1936–1955 гг.; Выпуск 4–9, 1956–1965 гг.; Выпуск 4–6, 8, 9. 1966–1977 гг.

<sup>4</sup> Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и качестве вод морей и морских устьев рек. Том 7. Выпуск. 1. Часть 2. 1977–1983 гг.

<sup>5</sup> Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и качестве вод морей и морских устьев рек. Том 4. Часть 1. Карское море. 1977–2018 гг.

<sup>6</sup> Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и качестве вод морей и морских устьев рек. Том 4. Часть 2. Карское море. Морские устья рек. 1977–2018 гг.

Таблица 2

Сведения о критических уровнях ( $H_{кр}$ ) на постах Обской и Тазовской губ по данным ЕДМ и уточненные с учетом поправок

Table 2

Information on critical levels ( $H_{кр}$ ) at the posts of the Ob and Tazovskaya bays according to EDM data and updated based on corrections

Пост	По данным ЕДМ Том 6, Том 7 и Том 4 часть 2			В системе единого нуля поста (ЕНП)	
	Критические уровни		Год назначения $H_{кр}$	$H_{кр макс}$	$H_{кр мин}$
	$H_{кр макс}$	$H_{кр мин}$			
Новый Порт	565	350	1981	569*	354*
	568	353	1985		
Каменный Сеяха	540	350	1982	551*	361*
	589	376	1981		
	230	нет сведений	2000		
Тадибеяха	289	76	2004	589	376
	624	436	1977		
Тамбей	580	436	1982	581*	437*
	570	340	1982		
60 лет ВЛКСМ	530	320	1979	570	340
Антипаюта	530	320	1979	530	320
	250	47	1977	624	421
	624	421	1978		
	324	121	1994		

Примечание.  $H_{кр макс}$ ,  $H_{кр мин}$  — максимальные и минимальные критические уровни соответственно; \* — приведены к единой плоскости отсчета для данного поста с учетом поправок [4].

Note.  $H_{кр макс}$ ,  $H_{кр мин}$  — maximum and minimum critical levels, respectively; \* — reduced to a single reference plane for a given post, based on corrections [4].

Поясним, что в ежегодниках Том 6, Том 7 и Том 4 часть 2 в таблицах «Уровень» приводятся среднесуточные значения, а также экстремальные за каждый месяц уровни (из срочных значений). Из них итоговой строкой выбраны экстремальные годовые уровни. Годовые экстремумы могут проявляться как в период открытого русла, так и при ледовых явлениях. Приводится одно значение высшего за год уровня. Что касается низшего уровня, то по 1970 г. их значения в ежегодниках помещались за текущий календарный год. Затем правило изменилось — низший уровень стали представлять отдельно для периода открытого русла и для зимнего периода. При этом выборки низшего зимнего уровня приурочили к гидрологическому году. Для Обской и Тазовской губ рамки гидрологического года определяются по ледовым фазам — от даты начала осенних ледовых явлений до очищения акватории ото льда в следующем календарном году.

Напомним, что ЕДМ издаются начиная с 1976 г. С 1984 г. введена в действие новая номенклатура изданий государственного водного кадастра (ГВК) по морям и морским устьям рек, которые по бассейну Карского моря издаются в Томе 4 и состоят из двух частей: часть 1 «Карское море» и часть 2 «Морские устья рек». Обе части издаются раздельно<sup>5,6</sup>.

Метод исследования, примененный в настоящей работе, складывается из таких этапов, как сбор данных об экстремальных уровнях, опубликованных в ежегодниках, и формирование массивов в формате Excel; анализ качества данных и приведение уровней к однородному виду в высотном отношении; определение характеристик

уровня выше максимальных критических значений ( $H_{кр\ макс}$ ) и ниже минимальных критических значений ( $H_{кр\ мин}$ ) для каждого поста; расчет статистических характеристик.

Анализ данных, представленных в ЕДМ, показал, что уровни требуют приведения к однородному виду в высотном отношении по причинам, которые неоднократно освещались в предшествующих публикациях [4–7]. Необходимость введения поправок относится и к критическим уровням табл. 2. Такие поправки к  $H_{кр}$  составили: для поста Каменный +11 см, Тадибеяха +1 см, Новый Порт +4 см за период до конца 1984 г. включительно и +1 см с 1 января 1985 г.

Для нас важно отметить, что для получения *превышения* наблюдаемого уровня над  $H_{кр}$ , как с поправкой, так и без нее, результат будет одинаков при условии, что уровни за весь год представлены в одной системе над нулем поста. Тогда как при работе непосредственно с уровнями, а не с их превышениями над критическими следует вводить поправку в значения  $H_{кр}$  такую же, как и в сами уровни.

Известно [4], что качество данных об уровнях воды серьезно снижается из-за пропусков в наблюдениях, которые нередко обусловлены выходом уровня за пределы критических значений при резких его колебаниях. При этом теряется самая важная информация об их экстремальных проявлениях и нарушается непрерывность рядов данных. Наиболее часто пропуски в наблюдениях отмечаются на посту Тамбей (из 18 лет наблюдений только 4 года без перерывов).

Отдельно следует отметить неудовлетворительное качество наблюдений на постах Сеяха и Антипаюта. В Сеяхе наблюдения над уровнем, которые выполнялись по морской программе (ежечасные и 4-срочные), были прерваны в 1994 г. и возобновлены в 2000 г. по программе речного поста (2-срочные). В Антипаюте переход к 2-срочным наблюдениям произошел с 1 апреля 1988 г., в 1996 г. наблюдения были прерваны, возобновлены в 2001 г. и продолжаются по речной программе. Для охвата экстремальных сгонов и нагонов 2-срочные наблюдения в Обской и Тазовской губах полностью не информативны.

Данные наблюдений показывают, что в Антипаюте, в отличие от других рассматриваемых постов, экстремально высокие годовые уровни приурочены не к нагонам, а к весеннему половодью, которое ежегодно имеет четко выраженный характер, что видно на примере 1987 г. (рис. 1). Действующими наставлениями предусмотрены учащенные наблюдения в этот период, что обеспечивает фиксацию экстремального уровня половодья. Однако после прохождения половодной волны возобновляются 2-срочные наблюдения, которые не позволяют получить точную информацию об экстремальных сгонно-нагонных уровнях.

В отличие от Антипаюты на постах Обской губы экстремально высокие уровни не привязаны к фазе весеннего половодья и могут наблюдаться в любое время, предугадать которое заранее и организовать учащенные наблюдения невозможно. В этих условиях наблюдения за уровнем должны вестись непрерывно с помощью самописца, что неоднократно отмечалось в предыдущих работах [4–7].

Особая ситуация с уровнями, включая критические отметки, представленными в ежегодных изданиях Водного кадастра, сложились для поста Сеяха. На этом посту с 2000 г. критические отметки несколько раз менялись, но какие-либо комментарии в ежегодниках о причинах этих изменений отсутствуют. Также начиная с 2000 г. неоднократно менялся нуль поста (2001–2006, 2012, 2014 гг. — условная система высот; 2000, 2007, 2008 гг. — система БС (Балтийская); 2009–2011, 2013, 2015–2019 — БС-77).

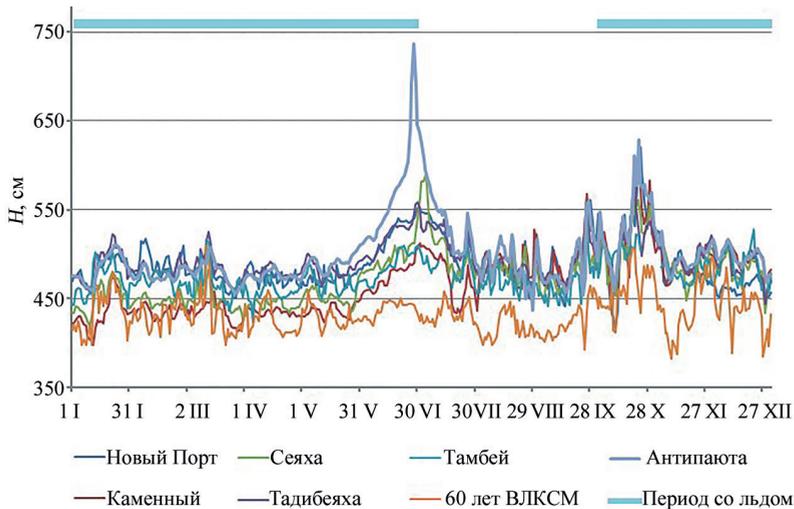


Рис. 1. Внутригодовая изменчивость среднесуточных уровней воды на постах в 1987 г.

Fig. 1. Intra-annual variability of average daily water levels at stations in 1987

Выполнено сравнение характеристик уровня воды, вычисленных для ежечасных, 4-срочных и 2-срочных наблюдений на постах Обской и Тазовской губ. Оно показало, что наибольшие расхождения между ежечасными и 4-срочными наблюдениями при определении экстремальных уровней достигают 32–78 см. Наибольшие расхождения между ежечасными и 2-срочными данными при определении экстремальных уровней составляют 60–177 см [8]. Таким образом, сокращение сроков наблюдений за уровнем воды приводит к потере информации, необходимой для расчета уровня воды редкой повторяемости и в итоге к заведомо неадекватным выводам о повторяемости явления. Например, исходя из ряда 2-срочных наблюдений, мы находим обеспеченность нагонного уровня путем экстраполяции по теоретической кривой, тогда как такой уровень уже случался между сроками, но не был зафиксирован.

В табл. 3 помещены сведения о наличии и количестве значений экстремальных годовых и месячных уровней, а также значений продолжительности сгонов и нагонов, выбранных из изданий ВК по всем рядам за периоды, указанные в табл. 1.

Из табл. 3 видно, что продолжительность рядов экстремальных годовых и месячных уровней по большинству постов позволяет получить статистические характеристики. Тогда как длина рядов из таблиц сгонов и нагонов ЕДМ часть 1<sup>5</sup> и часть 2<sup>6</sup>, содержащих сведения о продолжительности стояния неблагоприятных уровней *при всех сгонах/нагонах, зафиксированных за год*, оказалась явно недостаточной для таких целей.

Уточним, что таблица 2.1.4 «Неблагоприятные гидрологические явления» включена в ЕДМ часть 2 «Морские устья»<sup>6</sup> начиная с 1990 г. Она предусматривает наличие информации о превышениях и продолжительности стояния уровня относительно среднемесячных значений при сгонах и нагонах. В ней приводится также информация об экстремальных уровнях при других неблагоприятных проявлениях уровня, имеющих место на устьевых участках рек, а именно — при паводках, в межень и при зажорах. Графа «продолжительность» в данной таблице предусмотрена (также в часах), но, к сожалению, она чаще всего не заполнена из-за отсутствия ежечасных наблюдений.

Таблица 3

Выборки лет со случаями стояния уровня выше  $H_{кр\ макс}$  и ниже  $H_{кр\ мин}$ 

Table 3

Selections of years with levels above  $H_{кр\ макс}$  and below  $H_{кр\ мин}$ 

Пост	Число лет, из которых выбирались экстремумы	Число лет со случаями стояния уровня выше $H_{кр\ макс}$ и ниже $H_{кр\ мин}$			
		По выборкам для величины экстремальных годовых и месячных уровней**		По выборкам для продолжительности нагонов/сгонов***	
		для нагонов	для сгонов	для нагонов	для сгонов
Новый Порт	61	37	5	11	4
Каменный	17	15	0	6	0
Сеяха	47	21	11	9	3
Тадибеяха	40	32	37	5	12
Тамбей	18	3	1	1	0
60 лет ВЛКСМ	14	9	4	4	1
Антипаяута*	40/43	40	38	26	25

*Примечание.* \* — по посту Антипаяута все случаи превышения уровня относительно критических отметок приурочены к весеннему половодью. Число лет, из которых выбирались экстремумы, по Антипаяуте приведены в виде дроби в двух вариантах с разницей 3 года из-за того, что в 2001 г. наблюдения в период половодья отсутствуют, за 2002, 2003 гг. данные за период половодья забракованы. Выборки для сгонов выполнены по календарным годам; \*\* — данные взяты из табл. «Уровень» ГЕ, ЕДС, ЕДМ часть 2; \*\*\* — данные взяты из табл. 1.1.4 ЕДМ «Карское море» и 2.1.4 «Морские устья».

*Note.* \* — according to the Antipayut post, all the levels exceeding the critical ones are confined to the spring flood. The number of years from which the extremes were selected, according to Antipayuta, are given in the form of a fraction in two versions with a difference of 3 years due to the fact that in 2001 there were no observations during the flood period; for 2002 and 2003, the data for the flood period were rejected. Samples for the surges were made by the calendar year; \*\* — the data are taken from the table. “Level” GE, EDS, EDM part 2; \*\*\* — the data are taken from Tables 1.1.4 of the EDM “Kara Sea” and 2.1.4 “Sea mouths”.

Явный недостаток данных, представленных в таблице 2.1.4 ЕДМ часть 2, состоит в том, что превышения наблюдаемого экстремального уровня предусмотрено представлять относительно среднемесячного значения, а не от  $H_{кр}$ . В результате чего получаем неоднородный ряд (даже для одного года, если сгонов/нагонов было несколько и проявлялись они в разные месяцы), поскольку даны относительно среднемесячных значений, т. е. переменной величины. В случае, если пик явления отмечается на стыке двух месяцев, возникает неопределенность — какому месяцу отдать предпочтение при выборе среднего. При этом среднемесячные уровни в данной таблице не представлены; за ними приходится обращаться к другой таблице этого ежегодника, а именно, к таблице «Уровень». Как показала практика, превышения целесообразно давать относительно постоянного значения — критических уровней. Это учтено в данной работе.

Добавим, что таблицы «Уровень» ГЕ, ЕДС и ЕДМ часть 2, включающие экстремальные годовые и месячные уровни, не содержат информации о продолжительности явления, отмечаются только даты их наблюдения с точностью до суток. Тогда как в таблицах 1.1.4 и 2.1.4 из ЕДМ том 4 часть 1<sup>5</sup> и часть 2<sup>6</sup> предусмотрено для каждого нагона/сгона (а не только для экстремального за год или месяц) включение информации о величине его максимального превышения/понижения и продолжительности стояния уровня выше/ниже критических значений в часах. При этом

с момента перевода наблюдений в Антипаюте и Сеяха на речную программу стало невозможно точно определить предусмотренную таблицей 2.1.4 ЕДМ продолжительность явления в часах. Вместо этого в ней приводятся только даты, зачастую и сроки, в которые явление наблюдалось. В таких случаях иногда дается условная продолжительность — наблюдение в один срок приравнивается к 6 часам.

Таким образом, в зависимости от наличия исходных данных (табл. 3), представленных в соответствующих таблицах ежегодников ВК, мы можем получить такие характеристики экстремальных уровней, как *превышение* над критическим уровнем (для всего периода наблюдений) и *продолжительность* стояния выше и ниже критических отметок (для отдельных лет, обеспеченных соответствующими наблюдениями).

### Результаты и обсуждение

На основе приведенных в табл. 1 рядов данных получены расчетные характеристики экстремальных уровней, лежащих выше или ниже критических значений, представленных в табл. 2.

Вначале остановимся на результатах обработки экстремальных годовых уровней, полученных из таблиц «Уровень воды», представленных в изданиях ГЕ<sup>3</sup>, ЕДС<sup>4</sup> и ЕДМ<sup>6</sup>. В табл. 4 помещены данные о количестве лет с экстремальным уровнем выше и ниже критических значений и их соотношении с общим числом лет наблюдений на посту.

Таблица 4

**Число лет с превышениями экстремальных годовых уровней относительно критических значений (по данным таблиц «Уровни воды»)**

Table 4

**Number of years with extreme annual levels exceeding the critical values (according to the “Water Levels” tables)**

Характеристика	Новый Порт	Каменный	Сеяха	Тадлибсяха	Тамбей	60 лет ВЛКСМ	Антипаюта (половодья)	Антипаюта (сгоны)
Число лет наблюдений	61	17	47	40	18	14	40*	43
Число лет с экстремальным уровнем выше $H_{кр макс}$	37	15	21	32	3	9	40	—
Доля лет (%) с экстремальным уровнем выше $H_{кр макс}$	60,7	88,2	44,7	80,0	16,7	64,3	100	—
Число лет с экстремальным уровнем ниже $H_{кр мин}$	5	0	11	37	1	4	—	38
Доля лет (%) с экстремальным уровнем ниже $H_{кр мин}$	8,2	0	23,4	92,5	5,6	28,6	—	88,4
Число лет без превышения $H_{кр макс}$	24	2	26	8	15	5	0	—
Число лет без принижения $H_{кр мин}$	56	17	36	3	17	10	—	5

*Примечание.* \* — на посту Антипаюта наблюдения в период половодья в 2001 г. отсутствуют, за 2002, 2003 гг. данные за период половодья забракованы, поэтому ряд на три значения короче, чем для сгонов.

*Note.* \* — at the Antipayut post there were no observations during the flood period in 2001; for 2002 and 2003 the data for the flood period were rejected, therefore the series is three values shorter than for the surges.

Данные табл. 4 свидетельствуют, что в Антипаюте отмечалось ежегодное превышение высшего уровня над критическим значением за счет весеннего половодья на реке Антипаюта-Яха, на которой расположен уровенный пост. Больше половины лет с экстремальным уровнем выше  $H_{кр\ макс}$  наблюдалось в Каменном (88,2 %), Тадибеяхе (80 %), 60 лет ВЛКСМ (64,3 %), Новом Порту (60,7 %). По числу лет со сгонными уровнями ниже минимальных критических отметок на первом месте стоит Тадибеяха (92,5 %), за ней следует Антипаюта (88,4 %). В Каменном уровни не опускались ниже критических за весь период наблюдений. Тадибеяха выделяется среди остальных постов высокой долей лет с экстремальными годовыми уровнями как выше, так и ниже критических отметок.

Приведенные в табл. 4 сравнительные данные характеризуют частоту проявления экстремальных годовых уровней на постах по выборкам одного из высших или низших значений за год. В табл. 5 и 6 представлено распределение этих значений по месяцам.

Таблица 5

**Распределение по месяцам  
наибольших годовых превышений уровня над критическими значениями**

Table 5

**Distribution by month of the largest annual level exceedances over the critical values**

Пост	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Новый Порт	–	–	–	–	–	1	4	12	14	7	–	–
Каменный	–	–	–	–	–	2	2	4	4	2	1	–
Сеяха	–	–	–	–	1	9	–	3	6	1	1	–
Тадибеяха	–	–	1	–	–	12	–	3	8	5	3	–
Тамбей	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–	1	–
60 лет ВЛКСМ	1	–	–	–	1	2	–	1	2	2	1	–
Антипаюта (половодья)	–	–	–	–	–	40	–	–	–	–	–	–
Антипаюта (нагоны)	–	–	–	–	–	–	–	2	2	1	–	–

*Примечание.* Прочерк означает, что явление не зафиксировано за период, указанный в табл. 1.

*Note.* A dash means that the phenomenon was not recorded for the period specified in table 1.

Данные табл. 5 показывают, что наибольшие годовые превышения уровня над критическими значениями чаще всего приходится на июнь, август–октябрь. В июле таких случаев сравнительно немного, поскольку в этот период по Обской губе проходят большие объемы речного стока, формирующие основной уровенный фон [9]. Кроме того, для июля характерна самая низкая средняя месячная скорость ветра над Обской губой по сравнению с другими месяцами [10]. В Антипаюте, как отмечено ранее (см. рис. 1), годовые экстремумы превышений уровня над критическими значениями отмечаются ежегодно в июне за счет половодья на реке Антипаюта-Яха.

В отличие от превышений над критическими отметками, вызванных нагонами и половодьями, число наибольших годовых сгонных понижений уровня от  $H_{кр\ мин}$  приурочено к периоду август–ноябрь (табл. 6). Чаще всего это явление отмечается в Антипаюте и Тадибеяхе. Рис. 2 показывает, что эти же посты подвержены наиболее

Таблица 6

Распределение по месяцам наибольших годовых сгонных понижений уровня относительно  $H_{кр\ мин}$

Table 6

Distribution by month of the largest annual surge decreases in level relative to  $H_{кр\ мин}$

Пост	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Новый Порт	–	–	–	–	–	–	–	–	4	1	–	–
Каменный	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сеяха	–	–	–	–	1	–	–	3	3	1	3	–
Тадибейха	2	–	–	2	–	–	1	7	8	8	5	2
Тамбей	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–
60 лет ВЛКСМ	1	–	–	–	–	1	–	–	1	1	–	–
Антипаюта	–	–	–	–	–	–	1	3	15	14	3	2

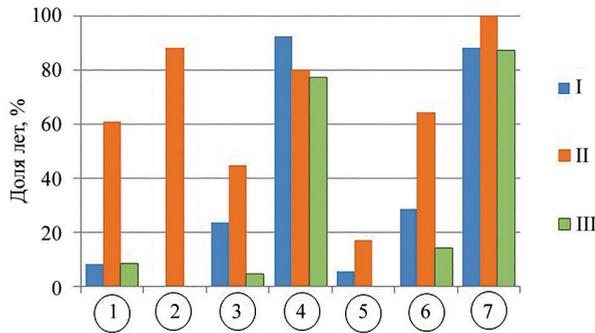


Рис. 2. Доля лет (%) с экстремальными уровнями ниже (I) и выше (II) критических отметок и случаями проявления их в одном и том же году (III). Цифры в кружках соответствуют названиям постов: 1 — Новый Порт, 2 — Каменный, 3 — Сеяха, 4 — Тадибейха, 5 — Тамбей, 6 — 60 лет ВЛКСМ, 7 — Антипаюта

Fig. 2. Proportion of years (%) with extreme levels below (I) and above (II) the critical levels and cases of their occurrence in the same year (III). The numbers in the circles correspond to the names of the posts: 1 — New Port, 2 — Kamenny, 3 — Seyakha, 4 — Tadibeyakha, 5 — Tambey, 6 — 60 years of the Komsomol, 7 — Antipayuta

частому проявлению в одном и том же году неблагоприятных уровней как нагонного (для Антипаюты — половодного), так и сгонного происхождения.

Мы рассмотрели повторяемость случаев наибольших годовых и месячных превышений (понижений) уровня относительно критических значений. Перейдем от частоты проявления экстремумов к рассмотрению величины экстремальных годовых нагонов (половодья) и сгонов. В табл. 7 приведены наибольшие за период наблюдений превышения экстремальных уровней относительно критических отметок, рассчитанные по данным таблиц «Уровни воды» ЕДМ<sup>4-6</sup>.

Из табл. 7 видно, что максимальные превышения уровня относительно  $H_{кр\ макс}$  на всех постах преобладают над величиной максимального понижения относительно  $H_{кр\ мин}$ . Наибольшая величина максимального превышения и понижения уровня от-

Таблица 7

**Наибольшие превышения ( $\Delta H$ , см) и даты экстремальных уровней  
относительно критических отметок,  
рассчитанные по данным таблиц «Уровни воды» ЕДМ**

Table 7

**The greatest exceedances ( $\Delta H$ , cm) and dates of extreme levels relative to the critical levels,  
calculated according to the “Water Levels” tables of the EDM**

Характеристика	Новый Порт	Каменный	Сеяха	Тадибеяха	Тамбей	60 лет ВЛКСМ	Антипаюта (половодья)	Антипаюта (стоны)
Максимальное превышение относительно $H_{кр\ макс}$	131 03.10. 1962	110 22.10. 1987	71 05.08. 2009	91 27.06. 1961	38 04.09. 1979	54 12.10. 1988	174 12.06. 1993	
Максимальное понижение относительно $H_{кр\ мин}$	26 26.10. 1986	–	28 04.09. 2004	56 16.10. 1981	21 20.11. 1982	25 01.01. 1986		87 03.09. 2006

*Примечание.* Прочерк означает, что явление не зафиксировано за период, указанный в табл. 1. Ячейки, не относящиеся к данной характеристике, не заполнены.

*Note.* A dash means that the phenomenon was not recorded for the period specified in table 1. Cells not related to this characteristic are not filled in.

носительно  $H_{кр}$  за весь период наблюдений принадлежит Антипаюте (174 и 87 см соответственно). В Новом Порту и Каменном максимальные превышения составили 131 и 110 см соответственно. В Тадибеяхе максимальное превышение достигало 91 см, понижение — 56 см. На остальных постах экстремальные превышения находятся в диапазоне 38–71 см, понижения — 21–28 см.

Подчеркнем, что в табл. 7 представлены выборки из экстремальных годовых превышений и понижений, т. е. по одному значению за весь период наблюдений на посту.

О повторяемости величин экстремальных годовых превышений уровня по заданным интервалам над  $H_{кр\ макс}$ , выбранных по одному значению за каждый год с такими превышениями, позволяет судить рис. 3. Длина этих рядов была приведена в табл. 4.

Рис. 3 показывает, что наиболее часто величина превышений над  $H_{кр\ макс}$  в Новом Порту отмечалась в интервалах 21–30 и 51–60 см, в Каменном и Сеяхе — 1–10 см, Тадибеяхе — 11–20 см, 60 лет ВЛКСМ — 31–40 см. Антипаюта заметно отличается от перечисленных постов тем, что данная характеристика приурочена к более высоким значениям интервалов, а именно 91–100 и 141–150 см.

Что касается величин экстремальных годовых понижений уровня относительно  $H_{кр\ мин}$ , то наибольшая их повторяемость сосредоточена в интервалах 11–20 см для Тадибеяхи (12 случаев из 37) и 21–30 см для Антипаюты (8 случаев из 37). Для постов Новый Порт и Сеяха эта характеристика лежит в пределах интервала 1–10 см, для поста 60 лет ВЛКСМ — 11–20 см.

Отметим, что приведенные сведения характеризуют только экстремальные из годовых превышений или понижений уровня относительно критических отметок

на основе выборок по одному значению за многолетие (см. табл. 7) и, аналогично, за каждый год, в который они наблюдались (см. рис. 3).

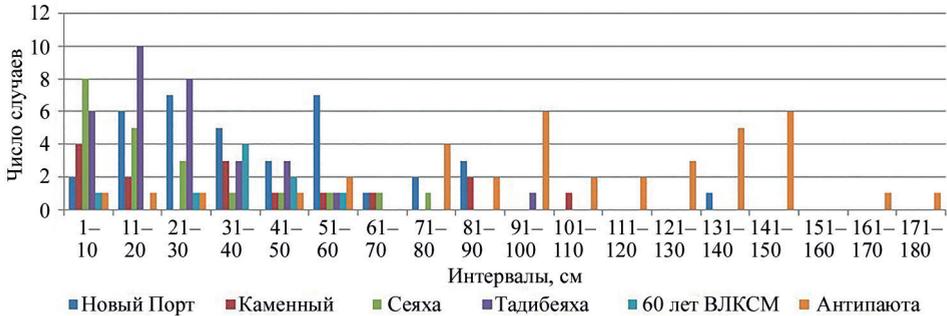


Рис. 3. Повторяемость величин экстремальных за год превышений уровня над  $H_{кр макс}$  по заданным интервалам

Fig. 3. Repeatability of extreme annual level exceedances above  $H_{кр макс}$  at specified intervals

В то же время в отдельные годы случаются неоднократные превышения или понижения уровня относительно критических отметок. О таких случаях свидетельствуют данные рис. 4 и табл. 8, сформированных по выборкам из табл. 1.1.4 и 2.1.4 ЕДМ, в которых представлены результаты за период 1977–2019 гг. (см. табл. 1). Рис. 4 наглядно отражает качественное соотношение показателей по сгонам и нагонам (включая половодья), табл. 8 содержит обобщенные количественные характеристики показателей.

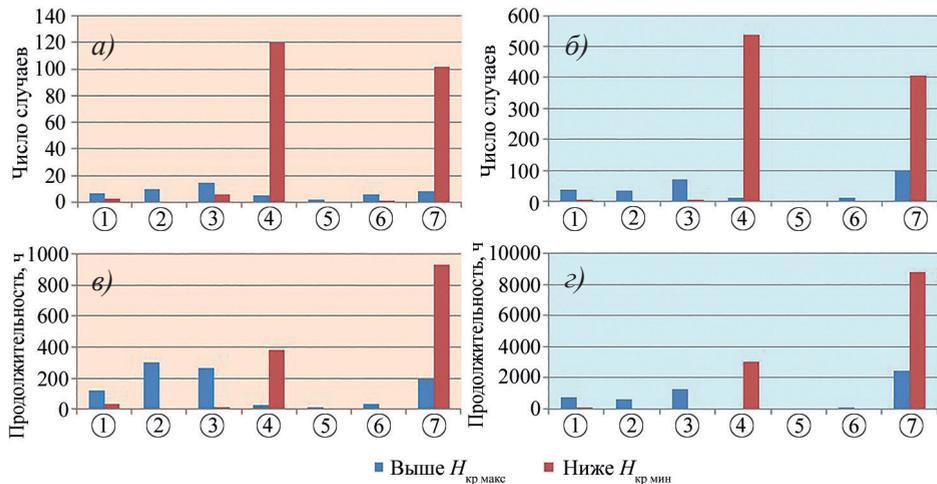


Рис. 4. Максимальное число случаев и продолжительность неоднократного в году стояния уровня относительно критических отметок при сгонах/нагонах за период 1977–2019 гг.: а) за один год; б) за весь период наблюдений; в) суммарная продолжительность за один год; з) продолжительность за весь период наблюдений.

Цифры в кружках соответствуют названиям постов аналогично рис. 2

Fig. 4. The maximum number of cases and duration of repeated per-year levels relative to the critical levels during surges for the period 1977–2019: а) in one year; б) in the entire observation period; в) total duration in one year; з) total duration in the entire observation period.

The numbers in circles correspond to the names of the posts (refer to Fig. 2)

Таблица 8

Характеристики неоднократных в году понижений и превышений уровня относительно  $H_{кр}$  по выборкам из всех зафиксированных случаев за период 1977–2019 гг.

Table 8

Characteristics of repeated yearly decreases and increases in level relative to the  $H_{кр}$  based on samples from all recorded cases for the period 1977–2019

Пост	Максимальные показатели за один год				Суммарные показатели за весь период	
	Число случаев	Год с числом случаев	$\tau_{\text{макс}}$ , час	Год с $\tau_{\text{макс}}$	Число случаев	$\tau_{\text{общ}}$ , час
Случаи понижений относительно $H_{кр \text{ мин}}$						
Новый Порт	3	1985	35	1986	6	87
Каменный	–	–	–	–	–	–
Сеяха	6	1981	12	2004	7	37
Тадибеяха	120	1986	381	1986	538	3009
Тамбей	–	–	–	–	–	–
60 лет ВЛКСМ	1	1986	5	1986	1	5
Антипаюта	102	2010	936	2009	406	8775
Случаи превышений над $H_{кр \text{ макс}}$						
Новый Порт	7	1987, 1988	120,2	2009	38	751,4
Каменный	10	1987	304	1988	34	651,5
Сеяха	15	2001	264	2010	71	1276
Тадибеяха	5	1987	24,5	1987	12	50,5
Тамбей	2	1989	12	1989	2	12
60 лет ВЛКСМ	6	1989	35,5	1989	11	72,5
Антипаюта	8	1979, 2014	192	2014	101	2456

*Примечание.* Прочерк означает отсутствие случаев стояния уровня выше (ниже)  $H_{кр}$ ;  $\tau_{\text{макс}}$  — максимальная продолжительность непрерывного стояния уровня, час;  $\tau_{\text{общ}}$  — суммарная продолжительность стояния уровня, час.

*Note.* A dash means that there are no levels above (below)  $H_{кр}$ ;  $\tau_{\text{макс}}$  — maximum duration of continuous level standing, hour;  $\tau_{\text{общ}}$  — total duration of level standing, hour.

Как видно из рис. 4, Тадибеяха и Антипаюта выделяются по всем показателям. По сравнению с остальными постами для них свойственно преобладание сгонных характеристик над нагонными как по числу случаев, так и по продолжительности стояния уровня, как в годовом, так и в многолетнем периоде.

Из табл. 8 следует, что по максимальному числу случаев понижений уровня относительно  $H_{кр \text{ мин}}$  за один год на первом месте стоит Тадибеяха (120 случаев в 1986 г.), по Антипаюте этот показатель составил 102 случая (2010 г.). При этом указанные посты меняются местами по максимальной продолжительности непрерывного стояния уровня при сгонах за один год. В Антипаюте  $\tau_{\text{макс}}$  составил 936 часов, в Тадибеяхе — 381 час.

Качественно такая же картина для этих постов складывается и с суммарными значениями числа случаев и продолжительности стояния уровня ниже  $H_{кр \text{ мин}}$  за весь период наблюдений. Суммарное число случаев в Тадибеяхе за весь период наблю-

дений достигло 538 значений, в Антипаюте — 406. Суммарная многолетняя продолжительность стояния уровня в Антипаюте составила 8775 часов, т. е. 365,6 суток. Суммарная годовая продолжительность стояния уровня ниже  $H_{кр\ мин}$  наиболее часто в Тадибеяхе занимает 4 суток (25 % случаев) и 2 суток (16,7 %), в Антипаюте — 2 и 3 суток (по 16,0 %) и 1 сутки (12,0 %).

Что касается числа случаев стояния уровня выше  $H_{кр\ макс}$ , то их максимальное значение за один год принадлежит Сеяхе (15 случаев в 2001 г.), за весь период — Антипаюте (101 случай). Наибольшая продолжительность непрерывного стояния уровня выше  $H_{кр\ макс}$  за один год отмечена для поста Каменный (304 часа в 1988 г.), за весь период — для Антипаюты (2456 часов).

Чаще всего суммарная годовая продолжительность стояния уровня выше  $H_{кр\ макс}$  в Антипаюте занимает 1 сутки (26,9 % случаев) и 5 суток (23,1 %). По 11,5 % случаев приходится на продолжительность около 6 и 8 суток. В Сеяхе наибольшая повторяемость (33,3 %) принадлежит 8-суточной продолжительности, за ней следует 1-суточная продолжительность (22,2 %). В Новом Порту наиболее часто суммарная годовая продолжительность стояния уровня выше  $H_{кр\ макс}$  составляет 3 суток (36,4 %), по 18,2 % приходится на продолжительности 2 и 5 суток. В Каменном этот показатель приходится на 1 сутки (50,0 %), в Тадибеяхе — на  $\frac{1}{4}$  суток (50,0 %).

### Заключение

В работе впервые представлены характеристики неблагоприятных уровней по данным наблюдений на стационарных постах Обской и Тазовской губ. Известно, что от высоты и продолжительности стояния уровня относительно критических отметок зависит размер ущерба, причиняемого такими явлениями. Характеристики экстремальных уровней наиболее востребованы при проектировании прибрежных и береговых сооружений.

Обобщена информация об экстремальных уровнях, приведенных в гидрологических ежегодниках по бассейну Карского моря за период 1953–2019 гг. Сформированные ряды уровней для каждого поста приведены к единой плоскости отсчета за период наблюдений. Длина рядов насчитывает от 14 до 61 значений. В результате выполненного исследования для постов Новый Порт, м. Каменный, Тадибеяха, Сеяха, Тамбей, 60 лет ВЛКСМ, Антипаюта получены следующие характеристики неблагоприятных уровней:

- доля лет с экстремальным уровнем выше критической отметки при нагонах и половодьях и ниже критических отметок при сгонах (см. табл. 4);
- распределение по месяцам случаев наибольших за год превышений уровня выше и ниже критических (см. табл. 5 и 6);
- доля лет со случаями проявления экстремальных за год уровней ниже и выше критических отметок в одном и том же году (см. рис. 2);
- величины наибольших превышений/понижений экстремальных уровней, выбранных по одному значению за весь период наблюдений, и даты их проявления (см. табл. 7);
- повторяемость величин экстремальных превышений/понижений уровня, выбранных за каждый год (см. рис. 3);
- сведения о максимальном количестве неоднократных случаев непрерывного стояния неблагоприятных уровней на посту за один год из многолетнего ряда и суммарном числе случаев за весь период (см. рис. 4 и табл. 8);

– сведения о максимальной продолжительности неоднократных случаев непрерывного стояния неблагоприятных уровней на посту за один год из многолетнего ряда и суммарной продолжительности за весь период (см. рис. 4 и табл. 8).

Установлено, что среди постов, имеющих ряды наблюдений за уровнями свыше 20 лет, по всем показателям стояния уровня ниже критических значений Антипаюта и Тадибеяха подвержены более других постов негативному влиянию. Затем следуют Сеяха и Новый Порт.

Антипаюта находится также на первом месте по всем показателям стояния уровня выше критических значений. Второе место по негативным проявлениям экстремально высоких уровней принадлежит Сеяхе, третье и четвертое — Новому Порту и Тадибеяхе соответственно.

Полученные результаты могут быть использованы при оценке рисков в зависимости от высотного местоположения проектируемого сооружения. Они позволяют учесть возможное неблагоприятное воздействие экстремальных уровней на эти сооружения.

В очередной раз подчеркнута обоснованная в предыдущих работах [4–7] необходимость ежечасных наблюдений за уровнем, поскольку большая дискретность не позволяет обеспечить получение достоверных характеристик экстремумов в условиях резких колебаний уровня, характерных для Обской и Тазовской губ.

Опыт работы с материалами гидрологических ежегодников показал, что превышения наблюдаемого экстремального уровня целесообразно представлять в ЕДМ часть 2 относительно постоянной величины — критических отметок, а не переменной — среднемесячных значений. Это позволит сразу получать сравнимые величины в многолетнем ряду наблюдений и снимет вопрос, какому месяцу отдать предпочтение при выборе среднего значения в случае, если пик явления отмечается на стыке двух месяцев.

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках темы 2.2 Плана НИТР Росгидромета на 2022–2023 гг.

**Financing.** The research was funded within project 2.2 of Roshydromet Plan NITR 2022–2023.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Иванов В.В. Гидрологический режим низовьев и устьев рек Западной Сибири и проблема оценки его изменений под влиянием территориального перераспределения водных ресурсов. *Проблемы Арктики и Антарктики*. 1980;55:20–43.  
Ivanov V.V. Hydrological regime of the lower reaches and estuaries of rivers in Western Siberia and the problem of assessing its changes under the influence of territorial redistribution of water resources. *Problemy Arktiki i Antarktiki = Arctic and Antarctic Research*. 1980;55:20–43. (In Russ.).
2. Корт В.Г. Непериодические колебания уровня воды в Арктических морях и способы их прогноза. *Труды АН СССР*. 1941;175. 163 с.  
Kort V.G. Non-periodic water level fluctuations in the Arctic seas and methods of their forecasting. *Trudy ANU = AARI Proceedings*. 1941;175. 163 p. (In Russ.).
3. Коптева А.В. Уровень и течения Обской губы. *Труды АН СССР*. 1953;59:84–148.
4. Войнов Г.Н., Налимов Ю.В., Пискун А.А., Становой В.В., Усанкина Г.Е. *Основные черты гидрологического режима Обской и Тазовской губ (лед, уровни, структура вод)*. Войнов Г.Н. (ред.). СПб.: Нестор-История; 2017. 192 с.
5. Войнов Г.Н., Пискун А.А. Приливные и сгонно-нагонные колебания уровня у мыса Ям-Сале (Обская губа). *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2016;4(110):51–66.

- Vojnov G.N., Piskun A.A. Tidal and storm surge level fluctuations near Cape Yam-Sale (Gulf of the Ob). *Problemy Arktiki i Antarktiki = Arctic and Antarctic Research*. 2016;(110):51–66. (In Russ.).
6. Пискун А.А., Войнов Г.Н. Сгонно-нагонные колебания уровня воды в Новом Порту (Обская губа). *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2020;66(1):20–37. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2020-66-1-20-37>
- Piskun A.A., Vojnov G.N. Storm surges in the water level variation in the New Port (gulf of the Ob). *Arctic and Antarctic Research*. 2020;66(1):20–37. (In Russ.). <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2020-66-1-20-37>
7. Войнов Г.Н., Пискун А.А. Приливные и сгонно-нагонные колебания уровня воды в районе м. Каменный (Обская губа). *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2019;65(1):15–33. [doi.org/10.30758/0555-2648-2019-65-1-15-33](https://doi.org/10.30758/0555-2648-2019-65-1-15-33)
- Vojnov G.N., Piskun A.A. Tidal and storm surges levels variation at the Cape Kamenny (Gulf of the Ob). *Arctic and Antarctic Research*. 2019;65(1):15–33. (In Russ.). [doi.org/10.30758/0555-2648-2019-65-1-15-33](https://doi.org/10.30758/0555-2648-2019-65-1-15-33)
8. Пискун А.А. О точности определения средних и экстремальных уровней воды при сокращении сроков наблюдений на постах Обской и Тазовской губ. *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2017;4(114):23–36. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2017-0-4-23-36>
- Piskun A.A. About the accuracy of definition of average and extreme water levels at reduction of terms of observations on posts of the Ob and Taz estuaries. *Problemy Arktiki i Antarktiki = Arctic and Antarctic Research*. 2017;4(114):23–36. (In Russ.). <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2017-0-4-23-36>
9. Виноградова Т.А. Анализ взаимодействия волн половодья с колебаниями уровня моря на закрытых устьевых взморьях сибирских рек. *Труды V Всесоюзного гидрологического съезда*. Т. 9. Устья рек. Л.: Гидрометеиздат; 1990. С. 150–159.
10. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1–6. Выпуск 17. Омская и Тюменская области. СПб.: Гидрометеиздат; 1998. 702 с.