

Научная статья

УДК 551.466.713

DOI: 10.24412/2658-4255-2025-1-15-26



EDN: IUQPRQ

Для цитирования:

Войнов Г.Н., Пискун А.А. Приливные и неперіодические колебания уровня воды в северной части Обской губы // Российская Арктика. 2025. Т. 7. № 1. С. 15-26. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2025-1-15-26>

Получена: 23.01.2025
Принята: 12.02.2025
Опубликована: 20.03.2025

For citation:

Voinov GN, Piskun AA. Tidal and nontidal variations in the water level in the northern part of the gulf of Ob. *Russian Arctic*. 2025;7(1):15-26. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2025-1-15-26>

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование.

Исследование выполнено в рамках темы 2.2 Плана НИТР Росгидромета на 2023 г.



ПРИЛИВНЫЕ И НЕПЕРИОДИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОБСКОЙ ГУБЫ

Г.Н. Войнов^{1,2}  , А.А. Пискун¹ ¹ Арктический и антарктический НИИ, Санкт-Петербург, Россия² ООО «Арктик Шельф Консалтинг», Санкт-Петербург, РоссияE-mail: *voinovgn@mail.ru

Аннотация

Цель работы — получить новые оценки гармонических постоянных прилива по наблюдениям за уровнем воды, произведенных в пунктах о-в Халэвнго, река Песчанка, район морского канала, полярные станции (п/ст) Тамбей и 60 лет ВЛКСМ. Источники исходных данных — фондовые материалы срочных наблюдений и гидрологические ежегодники по бассейну Карского моря. Дана характеристика пространственной и сезонной изменчивости приливов в северной части Обской губы на основе результатов гармонического анализа всех имеющихся наблюдений по методу наименьших квадратов (МНК). Выполнено исследование неперіодических колебаний уровня на полярных станциях Тамбей и 60 лет ВЛКСМ, основанное на однородных остаточных и суммарных рядах. Анализ остаточных рядов, представляющих в чистом виде сгонно-нагонные колебания уровня, показал, что непрерывное стояние уровня выше 5% обеспеченности по остаточному ряду ст. Тамбей за весь период наблюдений (1976–1993 гг.) отмечалось 395 раз. Для понижений уровня относительно 95% обеспеченности на данном посту такая характеристика составила 348 случаев. По наблюдениям на посту 60 лет ВЛКСМ случаи непрерывного стояния остаточного уровня выше 5% обеспеченности за 1979–1992 гг. зарегистрированы 191 раз, ниже 95% обеспеченности — 184 раза. Суммарные уровни (непосредственно измеренные) позволяют оценить суммарный вклад всех составляющих (стоковой, сгонно-нагонной и приливной) в колебаниях уровня. Характеристики неперіодических колебаний уровня на п/ст Дровяная оценены только по суммарным значениям из-за отсутствия необходимых данных для получения остаточных рядов. Наблюдения за уровнем на этой станции проводились в период 1951–1962 гг. и, в основном, лишь с июля по октябрь. Наибольших значений суммарные колебания уровня достигают в зимний период. В Тамбее максимальный размах суммарных уровней в пределах календарного месяца за многолетний период приходится на ноябрь и составляет 266 см, на станции 60-лет ВЛКСМ — на январь и достигает 277 см, в Дровяной — на сентябрь (290 см). Благодаря наличию зимней полыньи на прилегающей акватории сгонно-нагонные колебания наблюдаются здесь в течение всего года.

Ключевые слова: волна M_2 , гармонические постоянные, неперіодические колебания, Обская губа, приливы, сезонный ход, уровень

TIDAL AND NONTIDAL VARIATIONS IN THE WATER LEVEL IN THE NORTHERN PART OF THE GULF OF OB

G.N. Voinov^{1,2}  , A.A. Piskun¹ ¹ Arctic and Antarctic Research Institute, Saint-Petersburg, Russia² "Arctic Shelf Consulting" LLC, Saint Petersburg, RussiaE-mail: *voinovgn@mail.ru

Abstract

The purpose of the work is to obtain new estimates of the harmonic constants of the tide based on observations of water levels made at points on Halebngo Island, the Peschanka River, the sea channel area, the Tambey and 60 let VLKSM polar stations. Sources of initial data are stock materials of 6-hourly interval observations and hydrological yearbooks for the Kara Sea basin. The characteristics of the spatial and seasonal variability of tides in the northern part of the Gulf of Ob are given based on the results of a harmonic analysis of all available observations using the least squares method (AARI version). A study of non-periodic level fluctuations at the Tambey and 60 let VLKSM polar stations was carried out, based on homogeneous residual and total series. Analysis of the residual series, which represent in their pure form surge fluctuations in level, showed that a continuous level above 5% of the supply according to the Tambey residual series was observed 395 times over the entire observation period (1976–1993). For decreases in the level relative to 95% of security at a given post, this characteristic amounted to 348 cases. According to observations at the post of 60 years of the Komsomol, cases of continuous standing of the residual level above 5% of security were registered 191 times, below 95% of security - 184 times (1979–1992). Total levels (directly measured) allow us to estimate the total contribution of all components (runoff, surge and tidal) to level fluctuations. The characteristics of non-periodic fluctuations of the level at polar station Drovyanaya are estimated only by the total values due to the lack of necessary data for obtaining residual series. Observations of the water level at this station were carried out in the period 1951–1962 and, mainly, only from July to October. The total level fluctuations reach their greatest values in winter. In Tambey, the maximum range of total levels within a calendar month over many years falls in November and is 266 cm, at the 60 let VLKSM station - in January and reaches 277 cm, in Drovyanaya - in September (290 cm). Due to the presence of a winter polynya in the adjacent water area, surge fluctuations are observed here throughout the entire of the year.

Keywords: harmonic constants, level, M_2 tide, non-periodic fluctuations, seasonal variation, the gulf of Ob, tides

Введение

Предлагаемое исследование является продолжением серии работ по изучению режима приливных и непериодических колебаний уровня воды в Обской губе, начиная с монографии [1] и работ по южному и среднему участкам [2], [3]. В настоящей работе рассмотрен северный участок Обской губы (от п/ст Тамбей до о-ва Белый). Здесь, на акватории к востоку и югу от с. Дровяная, наблюдается мелководный бар с глубинами до 9–10 м. На данном участке губы находится зона миграции заприпайной полыньи [1], [4–6], оказывающей существенное влияние на гидрологический режим и условия природопользования. Для возможности прохождения крупнотоннажных судов с большой осадкой через этот бар создан морской канал (рис. 1). Задача гидрометеорологического обеспечения судоходства становится актуальной вследствие интенсификации перевозок в Обской губе в XXI веке, а также использования крупнотоннажных судов с большой осадкой. В особенности остро стоит вопрос при прохождении фарватера (морского канала) на мелководном северном баре, как это было в 2023 г. при буксировке первой очереди завода по сжижению газа в порт Утренний.

В монографии [1] приведены результаты гармонического анализа приливов исторических и современных данных в Обской губе по 2013 г. В работе [7] даны результаты гармонического анализа приливов в пунктах о-в Шокальского, мыс Дровяной и устье реки Сабуле-Яха. Здесь мы приведем результаты для других пунктов и района морского канала. При этом для наиболее полного представления о режиме уровней приводятся некоторые результаты, опубликованные нами ранее [1], [7]. В настоящей работе представлено более широкое исследование общих особенностей режима приливных и непериодических колебаний уровня воды в северной части Обской губы на новом методическом уровне.

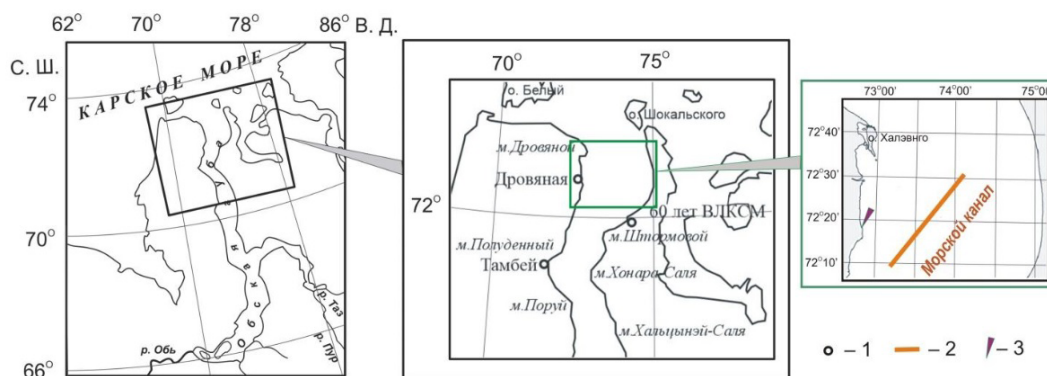


Рисунок 1. Схема расположения полярных станций (1), морского канала (2) и временного поста у реки Песчанки (3) в северной части Обской губы

Материалы наблюдений, их обработка и анализ

Гармонический анализ приливов на о-ве Халэвнго, в морском канале, реке Песчанка по датчикам давления

Измерения колебаний уровня моря в экспедициях Арктического и антарктического научно-исследовательского института (АНИИ) в 2000-е гг. выполнялись на автоматической буйковой станции (АБС) по датчику гидростатического давления акустического доплеровского профилографа течений (ADCP) и/или с помощью других приборов гидростатического типа с дискретностью 15 и 10 минут. Данные были переведены в метрическую систему после учета поправок на атмосферное давление.

Заданная при постановке приборов дискретность измерений позволила применить сглаживающие фильтры для понижения уровня высокочастотного шума [8], [9]. При этой процедуре происходит уменьшение длины временного ряда на 34 (при дискретности 15 мин) или 52 (при дискретности 10 мин) значения. Далее производилась выборка ежечасных значений по временным рядам (децимация).

Для ежечасных временных рядов колебаний уровня моря нами разработан способ контроля и редакции случайных выбросов. Контроль по программе временных рядов производился по остаточной кривой (наблюдения минус предвычисление) с заданным критерием отклонения более 6 см [1].

С целью изучения сезонной изменчивости приливов выполнялся гармонический анализ месячных серий с помощью метода наименьших квадратов (МНК) [1]. Предварительно ежечасные временные ряды подвергались обработке фильтром нижних частот для подавления влияния непериодических колебаний [1]. Для устранения срезки при фильтрации (48 значений ряда теряется) временные ряды предварительно дополнялись в начале и конце рядов с помощью предвычисления. Если месячные серии оказывались не полными по периоду наблюдений, то они приводились с помощью реконструкции (предвычислением по средним значениям гармонических постоянных на заданный месяц) к полным периодам. Средние значения гармонических постоянных выводились как векторные средние по известным формулам [1, 2].

В целом из каждой месячной серии было выделено 32 волны. В классе суточных приливов выделены 7 волн (Q_1 , O_1 , M_1 , P_1 , K_1 , J_1 , OO_1), полусуточных – 12 волн (μ_2 , N_2 , ν_2 , M_2 , L_2 , T_2 , S_2 , R_2 , K_2 , MNS_2 , MSN_2 , $2SM_2$), 1/3-суточных – 3 волны (M_3 , MO_3 , MK_3), 1/4-суточных – 4 волны (MN_4 , M_4 , SN_4 , MS_4), 1/6-суточных – 5 волн ($2MN_6$, M_6 , MSN_6 , $2MS_6$, $2SM_6$), 1/8-суточных – 1 волна (M_8). Причем дополнительно 6 волн включены из 9 второстепенных волн (2-е приближение), полученных из основных приливов K_1 , N_2 , S_2 в результате разделения по теоретическим соотношениям соответственно π_1 , ψ_1 , ϕ_1 , P_1 ; $2N_2$, ν_2 ; K_2 , T_2 , R_2 . По фурье-анализу остаточных рядов (наблюдения минус предвычисление) были рассчитаны средние уровни шума, средние квадратичные отклонения (с.к.о.) в классах приливов и по ним определены 95% доверительные интервалы для оценки точности.

В 2005 и 2011 гг. экспедицией АНИИ в районе о-ва Халэвнго были произведены наблюдения за колебаниями уровня на АБС гидростатическим прибором Прилив-2 в летний и зимний периоды. В последующие годы (2012 и 2013 гг.) практически в том же месте были повторно выполнены наблюдения за колебаниями уровня на АБС с помощью датчиков гидростатического давления. Результаты анализа этих данных были осреднены для летнего (август) и зимнего (май) периодов [1].

Для мониторинга природной среды в районе ниже реки Песчанки был установлен с припая на глубине 5 м гидростатический датчик с системой Аргос. С помощью этого

прибора были получены данные о колебаниях уровня моря на длительный период с 30 марта по 06 августа 2019 г. Обработка наблюдений производилась по месячным сериям, в пределах которых можно считать сезонный ход прилива однородным. Наблюдения за август были дополнены до месячной серии с помощью реконструкции.

В районе Морского канала наблюдения за уровнем моря производились на АБС в северной, средней и южной частях в летний период 2013 г. [1] и повторно выполнены в летний период 2019 г. Результаты гармонического анализа в летний период (август) оказались близкими между собой и были осреднены для северного и среднего участков.

Круглогодичные срочные уровенные наблюдения на п/ст Тамбей начаты в 1976 г., прекращены в 1995 г. Ежечасные кратковременные серии были выполнены в 1938, 1939, 1951 гг. по рейке футштока, а в 1976 и 1979 гг. с помощью самописца уровня моря (СУМ). Предварительные результаты сезонной изменчивости основных волн прилива были опубликованы в [1]. В настоящей работе представлены результаты варианта гармонического анализа с моделью прилива по средним месячным сериям в годовом цикле.

На п/ст 60 лет ВЛКСМ срочные годовые серии наблюдений велись с 1979 по 1992 гг. Наблюдения имели иногда большие внутригодовые перерывы. В отдельные годы (1982, 1984, 1985) были произведены кратковременные ежечасные измерения уровня с помощью прибора СУМ.

В экспедициях ААНИИ в 2012, 2013 и 2015 гг. в районе п/ст 60 лет ВЛКСМ в летний период в августе-октябре были произведены наблюдения за уровнем воды с помощью АБС. В монографии [1] приведены результаты гармонического анализа наблюдений за период по 2013 г. только для волн прилива M_2 и K_1 . Сезонный ход основных волн прилива в годовом цикле для п/ст 60 лет ВЛКСМ не приведен. В данной работе этот пробел будет заполнен. Также как и для п/ст Тамбей получены новые результаты варианта гармонического анализа с моделью прилива по средним месячным сериям в годовом цикле.

В работе [7] была указана причина неправильной обработки наблюдений у м. Дровяной и приведены исправленные результаты, но некоторые другие неясности не комментировались. Первые результаты гармонического анализа наблюдений у м. Дровяной были приведены в 1941 г. [10]. Причем пояснения к обработке отсутствуют. Однако в таблице этой работы приведены координаты не м. Дровяной, а п/ст Дровяная. По-видимому, координаты даны ошибочно, так как п/ст Дровяная стала производить наблюдения за уровнем только с 1952 г., но не ежечасные, а срочные измерения по свайному футштоку.

Результаты анализов приливов (значения амплитуд и фаз) у м. Дровяной, приведенные в 1941 г. в Таблице приливов [10] и в Справочнике за 1952 г. [11] для волн M_2 , S_2 и K_1 , O_1 практически совпадают между собой. Это свидетельствует об обработке одних и тех же серий ежечасных наблюдений. В монографии Коптевой А.В. [12] при построении схемы котидальных линий прилива M_2 для летнего периода в северной части Обской губы было использовано значение котидального часа для м. Дровяной, которое выпадало из общей картины распространения прилива. Но в то время не было произведено повторных наблюдений в данной акватории, и ошибка обработки осталась не распознанной.

Результаты анализа приливов

В таблице 1 помещены новые оценки гармонических постоянных (амплитуда и фаза) основных суточных, полусуточных и мелководных волн прилива в пунктах о-в Халэвнго, река Песчанка, районы морского канала (север и юг), п/ст Тамбей и п/ст 60 лет ВЛКСМ.

В суммарных колебаниях уровня моря преобладают приливные колебания, вклад их в северной части Обской губы в летний период в среднем достигает около 82 % общей дисперсии наблюдаемых колебаний.

В северной части Обской губы приливы формируются под влиянием приливной волны Карского моря, распространяющейся с севера [1]. Приливная волна носит поступательно-стоячий характер колебаний. Величина и характер прилива существенно меняются в зависимости в основном от ледовых условий, что обуславливает значительный сезонный ход прилива. Вследствие сезонной изменчивости прилива наблюдается сезонная изменчивость его основных характеристик.

Согласно данным работы [1] в летний период в августе приливная волна (полная вода) проходит расстояние от линии, соединяющей южную оконечность о-ва Белый и северную часть о-ва Шокальского, до м. Тамбей за 4,5 часа. В зимний период в апреле приливная волна затрачивает на этот путь в среднем приблизительно 6 часов.

Таблица 1.

Амплитуда (H , в см) и фаза (g , в град) по многолетним наблюдениям в пунктах для летнего периода (август) и зимнего периода (апрель)

| Характеристика | Волны | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | Q_1 | O_1 | P_1 | K_1 | N_2 | M_2 | S_2 | K_2 | M_4 | MS_4 | M_6 |
| Халэвнго (август) | | | | | | | | | | | |
| H | 1,4 | 3,3 | 2,8 | 8,3 | 6,9 | 43,3 | 17,4 | 4,7 | 1,9 | 1,5 | 0,2 |
| g | 335 | 113 | 249 | 249 | 258 | 289 | 360 | 360 | 26 | 95 | 174 |
| Халэвнго (май) | | | | | | | | | | | |
| H | 0,7 | 3,4 | 2,7 | 8,3 | 7,1 | 29,8 | 16,3 | 4,4 | 1,2 | 0,8 | 0,2 |
| g | 161 | 17 | 262 | 262 | 294 | 344 | 40 | 40 | 74 | 258 | 141 |
| Морской канал север (август) | | | | | | | | | | | |
| H | 3,2 | 4,3 | 2,7 | 8,2 | 5,5 | 37,2 | 15,8 | 4,3 | 1,0 | 1,0 | 0,4 |
| g | 25 | 152 | 244 | 244 | 284 | 321 | 38 | 38 | 108 | 178 | 312 |
| Морской канал юг (август) | | | | | | | | | | | |
| H | 3,3 | 4,0 | 3,0 | 9,0 | 7,1 | 46,4 | 21,0 | 5,7 | 2,0 | 2,1 | 0,4 |
| g | 40 | 140 | 244 | 244 | 302 | 332 | 52 | 52 | 170 | 242 | 24 |
| Песчанка (август) | | | | | | | | | | | |
| H | 2,9 | 3,6 | 3,0 | 9,1 | 7,8 | 53,5 | 21,1 | 5,7 | 1,8 | 1,6 | 0,2 |
| g | 8 | 141 | 263 | 263 | 294 | 332 | 47 | 47 | 181 | 264 | 34 |
| Песчанка (апрель) | | | | | | | | | | | |
| H | 1,7 | 3,5 | 2,4 | 7,3 | 5,9 | 31,7 | 14,4 | 3,9 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| g | 339 | 154 | 291 | 291 | 355 | 1 | 56 | 56 | 213 | 330 | 4 |
| Тамбей (август) | | | | | | | | | | | |
| H | 1,0 | 3,5 | 2,1 | 7,0 | 5,2 | 47,2 | 19,0 | 5,2 | 2,8 | 2,7 | 0,7 |
| g | 354 | 162 | 306 | 306 | 359 | 30 | 108 | 108 | 344 | 74 | 266 |
| Тамбей (апрель) | | | | | | | | | | | |
| H | 1,0 | 2,2 | 1,7 | 5,2 | 2,5 | 20,3 | 7,8 | 2,1 | 0,6 | 0,6 | 0,2 |
| g | 31 | 189 | 315 | 315 | 29 | 91 | 163 | 163 | 96 | 175 | 48 |
| 60 лет ВЛКСМ (август) | | | | | | | | | | | |
| H | 2,1 | 3,2 | 4,8 | 6,8 | 6,9 | 37,3 | 15,5 | 4,2 | 1,1 | 1,3 | 0,2 |
| g | 18 | 124 | 260 | 260 | 308 | 346 | 63 | 63 | 184 | 281 | 344 |
| 60 лет ВЛКСМ (апрель) | | | | | | | | | | | |
| H | 0,8 | 2,1 | 1,7 | 5,2 | 4,0 | 20,6 | 7,8 | 2,1 | 0,5 | 0,3 | 0,1 |
| g | 21 | 140 | 304 | 304 | 35 | 49 | 127 | 127 | 282 | 325 | 318 |

Примечания: Координаты пунктов: Халэвнго август ($72^\circ 38,7'$ с.ш.; $72^\circ 02,1'$ в.д.), Халэвнго май ($72^\circ 39,8'$ с.ш.; $72^\circ 59,1'$ в.д.), Морской канал север ($72^\circ 28,2'$ с.ш., $73^\circ 56,4'$ в.д.), Морской канал юг ($72^\circ 14,0'$ с.ш., $73^\circ 19,4'$ в.д.), Песчанка ($72^\circ 18,7'$ с.ш., $72^\circ 53,5'$ в.д.), Тамбей ($71^\circ 28'$ с.ш.; $71^\circ 49'$ в.д.), 60 лет ВЛКСМ ($71^\circ 58'$ с.ш.; $74^\circ 20,5'$ в.д.). Фазы (угол положения) приведены к нулевому поясу.

Увеличение величины прилива наблюдается от открытого моря к югу вдоль северо-восточного побережья о-ва Белого. Наибольшей величины приливы достигают вдоль западного побережья в северной части Обской губы в районе о-ва Халэвнго и реки Песчанка, где в августе средняя сизигийная величина прилива составляет 1,5 м, а в апреле — 0,9 м.

На акватории восточного побережья Обской губы высота прилива уменьшается и сизигийная величина прилива колеблется в августе в пределах 0,9–1,1 м, а в апреле уменьшается до 0,8–0,9 м. В целом по мере распространения приливной волны в Обской губе на юг высота прилива медленно уменьшается.

Количественные характеристики элементов прилива: значения характера прилива, величин отношения амплитуд волн S_2/M_2 и волн M_4/M_2 для лета (август) и зимы (апрель) в пунктах северной части Обской губы приведены в таблице 2.

Как следует из данных таблицы 2, прилив в северной части Обской губы носит правильный полусуточный характер в течение летнего периода, а в зимний период приобретает смешанный характер, что характерно для станций к югу, где сезонный ход прилива становится более выраженным. Причем в качестве критерия характера (формы) прилива использован критерий Куртье, так как критерий Дуванина в силу неполноты данных (нет волны S_2) приводит в ряде случаев к неверному определению формы прилива.

Таблица 2.

Значения характера прилива по Куртье, величин отношения амплитуд волн S_2/M_2 и волн M_4/M_2 для лета (август) и зимы (апрель) в пунктах северной части Обской губы

| Пункт | $(H_{K1}+H_{O1})/(H_{M2}+H_{S2})^*$ | | H_{S2}/H_{M2} | | H_{M4}/H_{M2} | |
|--------------|-------------------------------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|
| | Август | Апрель | Август | Апрель | Август | Апрель |
| Халэвнго | 0,191 | 0,130 | 0,402 | 0,547 | 0,045 | 0,040 |
| Песчанка | 0,169 | 0,231 | 0,394 | 0,455 | 0,034 | 0,019 |
| Тамбей | 0,150 | 0,264 | 0,411 | 0,385 | 0,061 | 0,027 |
| 60 лет ВЛКСМ | 0,189 | 0,256 | 0,416 | 0,380 | 0,030 | 0,024 |

Примечание: * — при значении отношения $>0,25$ и $<1,50$ прилив смешанный, в основном полусуточный.

Величина возраста полусуточного прилива составляет 3 сут. Поскольку возраст суточного прилива достигает 5-6 дней, то тропические приливы соответственно будут запаздывать на это значение от соответствующих астрономических моментов склонений Луны. Практически равноденственные приливы (минимум развития суточных приливов) будут наблюдаться в дни максимальных значений склонений Луны, а тропические приливы (наиболее сильные суточные приливы) в дни с нулевым склонением Луны.

Фазовое неравенство приливов сильно выражено во временном ходе приливных колебаний уровня. Это видно по величине отношения амплитуд волн H_{S2}/H_{M2} , характеризующих ход во времени прилива (цикл сизигия-квадратура), которое находится в пределах 0,4-0,5. Это отношение несколько меняется между летним и зимним периодами, но это не приводит к заметному изменению вида прилива.

Так как амплитуда волны N_2 по величине гораздо меньше амплитуды волны S_2 , то параллактическое неравенство, связанное с моментами прохождения Луны через перигей или апогей, почти не выражено.

Величина отношения мелководных волн H_{M4}/H_{M2} выражает поведение кривой прилива и указывает на продолжительность времени падения и времени роста прилива. Наиболее выражены мелководные волны в летний период, где их величина для основных волн M_4 и MS_4 составляет около 1-2 см (см. таблицу 1). На п/ст Тамбей амплитуда этих волн достигает около 3 см. Поэтому здесь изменчивость прилива в фазовом цикле неравенства приливов наиболее резко выражена. Сильное гашение амплитуд мелководных волн происходит в зимний период, и их амплитуда для отдельной волны не превышает 0,6 см. Поэтому в зимний период значения критерия H_{M4}/H_{M2} (табл. 2) значительно меньше, чем в летний период.

Новые средние месячные оценки гармонических постоянных прилива M_2 и их изменения в годовом цикле для п/ст Тамбей и п/ст 60 лет ВЛКСМ представлены в таблице 3. Из данных таблицы 3 следует, что сезонный ход амплитуды и фазы волны прилива M_2 носит классический вид: максимум амплитуды и минимум фазы наблюдается в августе, а минимум амплитуды и максимум фазы виден в среднем в марте. Размах гармонических постоянных в годовом цикле меньше такового в среднем и южном участках Обской губы, но существенно больше, чем в открытой части Карского моря. Основная причина этого состоит в сильном влиянии припайного льда на распространение волны прилива [1-3].

Например, в среднем полная вода в зимний период (в марте) наступает позже, чем в летний период (в августе) на п/ст Тамбей на 2 ч 15 мин, а на п/ст 60 лет ВЛКСМ на 2 ч 11 мин.

Таблица 3.

Оценки средних значений амплитуд (H) и фаз (g) волны M_2 и их сезонный ход на полярных станциях Тамбей и 60 лет ВЛКСМ

| Месяц | Тамбей средние оценки | | Тамбей сезонный ход | | 60 лет ВЛКСМ средние оценки | | 60 лет ВЛКСМ сезонный ход | |
|-------|--------------------------|------------|------------------------|-------------|--------------------------------|------------|------------------------------|-------------|
| | H , см | g , град | dH , % | dg , град | H , см | g , град | dH , % | dg , град |
| 01 | 25,0 | 72,4 | -12,1 | 20,6 | 18,4 | 31,9 | -19,0 | 17,9 |
| 02 | 22,7 | 80,4 | -20,3 | 28,7 | 15,5 | 46,8 | -31,8 | 32,9 |
| 03 | 19,6 | 95,4 | -31,3 | 43,7 | 16,4 | 49,6 | -27,6 | 35,7 |
| 04 | 20,3 | 90,7 | -28,7 | 39,0 | 20,5 | 48,5 | -9,5 | 34,6 |
| 05 | 23,00 | 86,6 | -19,2 | 34,9 | 22,7 | 42,7 | -0,1 | 28,8 |
| 06 | 28,1 | 62,7 | -1,2 | 11,0 | 25,8 | 22,2 | 13,8 | 8,3 |
| 07 | 46,1 | 33,7 | 64,2 | -18,0 | 29,9 | 6,7 | 31,8 | -7,2 |

| Месяц | Тамбей средние оценки | | Тамбей сезонный ход | | 60 лет ВЛКСМ средние оценки | | 60 лет ВЛКСМ сезонный ход | |
|-------|--------------------------|------------|------------------------|-------------|--------------------------------|------------|------------------------------|-------------|
| | H , см | g , град | dH , % | dg , град | H , см | g , град | dH , % | dg , град |
| 08 | 46,2 | 30,0 | 64,4 | -22,2 | 37,3 | 346,4 | 64,4 | -27,6 |
| 09 | 44,4 | 32,5 | 56,0 | -19,2 | 34,6 | 347,5 | 52,6 | -26,5 |
| 10 | 36,2 | 32,9 | 26,9 | -18,8 | 29,8 | 354,9 | 31,5 | -19,0 |
| 11 | 31,8 | 38,8 | 30,5 | -12,9 | 23,9 | 6,7 | 5,7 | -7,2 |
| 12 | 26,9 | 53,8 | -5,6 | 2,1 | 20,4 | 11,9 | -10,2 | -2,1 |

Экстремальные неперидические колебания уровня

Статистический анализ и расчет характеристик экстремальных сгонно-нагонных и суммарных уровней проводился по данным стационарных наблюдений на п/ст Тамбей, 60 лет ВЛКСМ и Дровяная, опубликованным в изданиях Государственного водного кадастра, в совокупности с архивными материалами фондов ААНИИ. При этом уровни п/ст Тамбей предварительно были приведены к однородному виду в высотном отношении с помощью введения соответствующих поправок [1]. Для исходных рядов уровней п/ст 60 лет ВЛКСМ и п/ст Дровяная внесение поправок не потребовалось.

Известно, что суммарные и сгонно-нагонные колебания уровня в Обской губе состоят из периодических (в основном приливных) и неперидических составляющих (сгоны-нагоны) [1], [13]. При этом нагоны в северной части Обской губы, как правило, вызваны ветрами северного, северо-западного и западного направления, преобладающими в летний период. Сгоны формируются ветрами противоположных направлений. Вследствие развития зимней полыньи в северной части Обской губы сгонно-нагонные колебания уровней проявляются здесь в течение всего года, о чём свидетельствует рис. 2 на примере 1987 г.

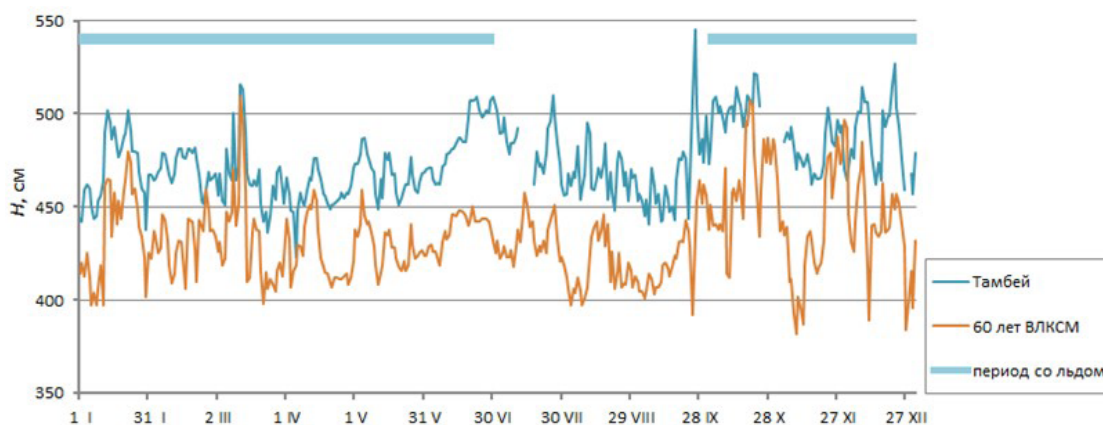


Рисунок 2. Колебания среднесуточных уровней воды на полярных станциях Тамбей и 60 лет ВЛКСМ в 1987 г.

Оценка неперидических колебаний уровня на п/ст Тамбей и п/ст 60 лет ВЛКСМ выполнена по остаточным и суммарным (непосредственно наблюденным) значениям. Характеристики неперидических колебаний уровня на п/ст Дровяная оценены только по суммарным значениям из-за отсутствия необходимых данных для получения остаточных рядов. Наблюдения за уровнем на этой станции проводились в период 1951-1962 гг. и, в основном, лишь с июля по октябрь.

Остаточные ряды для п/ст Тамбей и п/ст 60 лет ВЛКСМ (разность между наблюденными и приливными уровнями) представляют собой в чистом виде сгонно-нагонные колебания уровня. Аналогично работе [1] сгоны нами определялись относительно уровня 95-процентной обеспеченности (Н95%), нагоны — относительно 5-процентной обеспеченности (Н5%). Такой подход позволяет получить сравнимые характеристики неперидических колебаний по многолетнему однородному ряду остаточного уровня.

Полученные нами остаточные уровни указанной обеспеченности, необходимые для дальнейшего анализа сгонов-нагонов, имеют следующие значения. Уровень 5-процентной обеспеченности составил 512 см над нулем поста для п/ст Тамбей и 467 см для п/ст 60 лет ВЛКСМ, уровень 95-процентной обеспеченности — 445 см для п/ст Тамбей и 387 см для п/ст 60 лет ВЛКСМ.

Анализ остаточных рядов показал, что непрерывное стояние уровня выше Н5% на п/ст Тамбей за весь период наблюдений отмечалось 395 раз. Для понижений уровня относительно Н95% на данном посту такая характеристика составила 348 случаев.

По наблюдениям на п/ст 60 лет ВЛКСМ случаи непрерывного стояния остаточного уровня выше Н5% зарегистрированы 191 раз, ниже Н95% — 184 раза.

Поскольку анализ основан на 4-срочных наблюдениях, реальную продолжительность непрерывного стояния остаточного уровня выразить в часах не представляется возможным. В связи с этим данная характеристика оценивалась нами в условных единицах — количестве непрерывно чередующихся сроков, в которые отмечалось явление. Таким образом установлено, что для п/ст Тамбей максимальная продолжительность непрерывного стояния уровня выше Н5% составила 27 сроков (декабрь 1984 г.), ниже Н95% — 51 срок (май 1991 г.). На п/ст 60 лет ВЛКСМ максимальная продолжительность непрерывного стояния уровня выше Н5% заняла 23 срока (май 1989 г.), ниже Н95% — 45 сроков (май 1985 г.).

Наиболее часто на п/ст Тамбей продолжительность непрерывного стояния остаточного уровня занимала один срок и составила для уровней выше Н5% 64% случаев, ниже Н95% — 66%. Отмеченная ранее повторяемость самого продолжительного стояния выше Н5% (27 сроков) занимает 0,25%, ниже Н95% (51 срок) — 0,29%. На п/ст 60 лет ВЛКСМ для уровней выше Н5% наиболее часто непрерывное стояние длилось шесть сроков (34%), ниже Н95% — один срок (37%). Самое продолжительное превышение над Н5% соответствует повторяемости 1,05%, понижение от Н95% — 0,54%.

Наибольшая величина превышений остаточного уровня над Н5% на п/ст Тамбей достигала 54 см (26.12.1979, 16.03.1985 г.), понижений относительно Н95% — 66 см (15.12.1973 г.). Чаще всего на п/ст Тамбей пики нагонных превышений остаточного уровня над 512 см имеют величину 5 см (32,9% случаев). Повторяемость наибольшего превышения на данном посту (54 см) составляет 0,80%. На п/ст 60 лет ВЛКСМ значение самого большого нагонного превышения над Н% достигло 87 см, сгонного понижения от Н95% — 55 см. Частота наибольшего нагонного превышения остаточного уровня над Н5% составила 21,3%, наибольшего сгонного понижения от Н95% — 32,1%. Самые значительные превышения остаточного уровня над Н5% и понижения от Н95% на п/ст 60 лет ВЛКСМ имеют повторяемость 0,53—0,54%.

Перейдём к рассмотрению суммарного (наблюдённого) уровня. Анализ колебаний непосредственно измеренных уровней позволяет оценить суммарный вклад всех составляющих (стоковой, сгонно-нагонной и приливной).

Данные экспедиционных ежечасных наблюдений, выполненных в летний период 1938 г., показывают, что размах колебаний наблюдённого уровня на п/ст Тамбей составил 191 см [11] при общей дисперсии 1609 см².

На рисунке 3 представлены значения наибольшего внутригодового размаха колебаний суммарного уровня, полученные за весь период стационарных наблюдений как разность годовых экстремумов (H_{\max} минус H_{\min}). На п/ст Тамбей максимум внутригодового размаха отмечен в 1979 г. (254 см), на п/ст 60 лет ВЛКСМ — в 1986 г. (270 см).

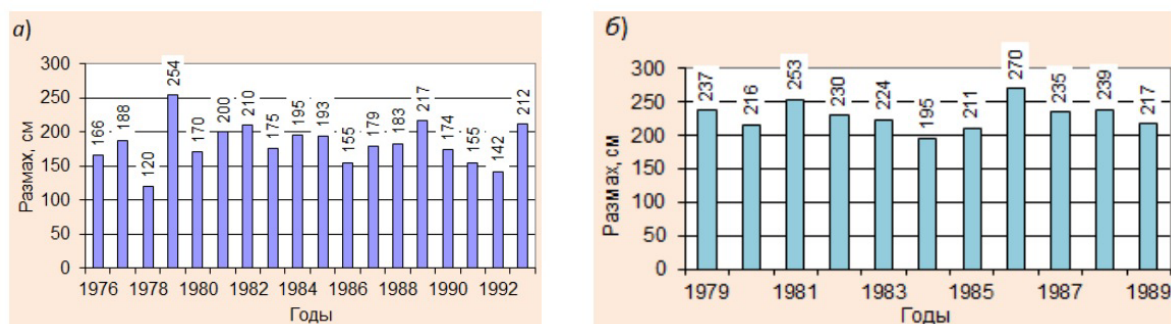


Рисунок 3. Внутригодовой размах колебаний суммарного уровня за период наблюдений на п/ст Тамбей а) и п/ст 60 лет ВЛКСМ б) [7]

Величины размаха экстремальных суммарных уровней по месяцам за многолетний период приведены в таблице 4. Они определены как разность между максимальным и минимальным за многолетие уровнями в данном месяце.

Как следует из таблицы 4, наибольший размах экстремальных суммарных уровней за многолетие на п/ст Тамбей относится к ноябрю (266 см), на п/ст 60 лет ВЛКСМ — к январю (277 см). То есть, данный экстремум характерен для периода с ледовыми явлениями, чему способствует наличие обширной заприпайной полыньи в северной части губы [1].

Таблица 4.

Многолетний размах (см) экстремальных суммарных уровней по месяцам

| Пункт | Месяцы | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Тамбей | 170 | 192 | 177 | 178 | 170 | 150 | 194 | 216 | 254 | 235 | 266 | 230 |
| 60 лет ВЛКСМ | 277 | 178 | 190 | 202 | 222 | 228 | 172 | 227 | 251 | 276 | 190 | 197 |
| Дровяная | - | - | - | - | - | - | 218 | 256 | 290 | 188 | - | - |

Анализ данных Водного кадастра показал, что наивысший наблюденный уровень на п/ст Тамбей отмечен в сентябре 1979 г. (608 см), наинизший — 20 ноября 1982 г. (319 см). Отметим, что значение наинизшего уровня, скорее всего, было меньшим, т.к. наблюдения в этот день были прерваны из-за сгона, который привёл к обсыханию уровнемерного устройства [4]. На п/ст 60 лет ВЛКСМ самый высокий суммарный уровень за весь период наблюдений зафиксирован в октябре 1988 г. (584 см над нулём поста), самый низкий (295 см) — в январе 1986 г. На п/ст Дровяная в пределах 4-срочных наблюдений, выполненных в безлёдный период, максимальный суммарный уровень достиг 362 см над нулём поста (сентябрь 1961 г.), минимальный — 72 см (сентябрь 1957 г.).

Значения наибольшего внутримесячного размаха сгонно-нагонных колебаний уровня за многолетний период приведены в таблице 5. Следует заметить, что ежечасные наблюдения имеются только за отдельные годы. Поэтому для получения сравнимых значений непериодической составляющей уровня по всему ряду наблюдений в данном случае использовались среднесуточные данные. Это вполне приемлемо для условий полусуточного характера прилива в губе.

Таблица 5.

Наибольший внутримесячный размах (см) сгонно-нагонных колебаний уровня в пределах одного года

| Пункт | Месяцы | | | | | | | | | | | |
|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Тамбей | 99 1986 | 99 1976 | 86 1976 | 83 1976 | 85 1982 | 63 1981 | 83 1981 | 91 1979 | 111 1979 | 109 1982 | 108 1984 | 96 1982 |
| 60 лет ВЛКСМ | 96 1982 | 139 1980 | 111 1987 | 101 1986 | 91 1982 | 147 1981 | 102 1983 | 93 1979 | 124 1986 | 98 1988 | 115 1984 | 108 1987 |
| Дровяная | - | - | - | - | - | - | 211 1961 | 242 1957 | 242 1960 | 176 1962 | - | - |

Примечание: числитель — размах, знаменатель — год.

Как следует из таблицы 5, наибольший размах сгонно-нагонных колебаний уровня в пределах календарного месяца на п/ст Тамбей отмечен в сентябре 1979 г. (111 см), на п/ст 60 лет ВЛКСМ — в июне 1981 г. (147 см). Величина внутримесячного размаха на п/ст 60 лет ВЛКСМ преобладает над таковой на п/ст Тамбей по всем месяцам за исключением октября. Обращают на себя внимание высокие значения этой характеристики на п/ст Дровяная, где размах в июле и августе более чем в 2 раза превышает таковой на п/ст 60 лет ВЛКСМ. В целом данные таблицы 5 отражают закономерность возрастания размаха непериодических колебаний суммарного уровня по мере продвижения к морской границе на данном участке губы. Для сравнения отметим, что наибольшие колебания уровня в Обской губе, обусловленные доминированием непериодической составляющей, наблюдаются в её южной части в районе Ямсаляского бара. Так, максимальная величина сгонно-нагонных колебаний в период экспедиционных наблюдений в 1920–1938 гг. оказалось равной 385 см, что почти в 14 раз превышает максимальную величину сизигийного прилива в данном месте [1].

Выводы

Новые оценки гармонических постоянных прилива в пунктах о-в Халэвнго, река Песчанка, Морской канал (север, юг), п/ст Тамбей и п/ст 60 лет ВЛКСМ позволяют произвести расчет приливных колебаний уровня с достаточной для практических целей точностью. Вместе с результатами гармонического анализа приливов в пунктах северной части Обской губы и опираясь на карты изоамплитуд и изофаз основных волн M_2 и K_1 , опубликованных в работе [1], возникает возможность расчета приливов на всей акватории северной части Обской губы.

В целом на акватории северной части Обской губы наблюдаются максимальные для Карского моря приливы. Наибольшей величины приливы достигают вдоль западного

побережья в северной части Обской губы в районе о-ва Халэвнго и реки Песчанка, где в августе средняя сизигийная величина прилива достигает 1,5 м, а в апреле составляет 0,9 м.

На акватории восточного побережья Обской губы высота прилива уменьшается и сизигийная величина прилива колеблется в августе в пределах 0,9–1,1 м, а в апреле уменьшается до 0,8–0,9 м. В целом по мере распространения приливной волны в Обской губе на юг высота прилива медленно уменьшается.

Основной особенностью развития приливных колебаний уровня в годовом цикле является их сезонная изменчивость, вызванная воздействием ледяного покрова (припайного льда). Как показывают наши средние месячные оценки сезонного хода прилива в среднем на п/ст Тамбей амплитуда прилива волны M_2 под влиянием припая уменьшается зимой в марте на 31 % по сравнению с нормой (средней годовой величиной). Фаза волны M_2 (угол положения) запаздывает в марте на 44 град по сравнению с нормой. Это явление, в частности, касается высот и времен полных и малых вод. Вследствие значительной сезонной изменчивости прилива в зимний период при предвычислении необходимо использовать модель прилива на каждый месяц года.

Особенностью режима непериодических колебаний уровня в северной части Обской губы является то, что, благодаря наличию зимней полыньи на прилегающей акватории, сгонно-нагонные колебания наблюдаются здесь в течение всего года.

Характеристики нагонов рассматривались нами относительно 5-процентной обеспеченности остаточного уровня (Н5%), сгонов — относительно 95-процентной обеспеченности (Н95%). Статистический анализ остаточных рядов, представляющих практически в чистом виде сгонно-нагонные колебания уровня, показал, что непрерывное стояние уровня выше Н5% по остаточному ряду на п/ст Тамбей за весь период наблюдений отмечалось 395 раз. Для понижений уровня относительно Н95% на данном посту такая характеристика составила 348 случаев. По наблюдениям на п/ст 60 лет ВЛКСМ случаи непрерывного стояния остаточного уровня выше Н5% зарегистрированы 191 раз, ниже Н95% — 184 раза.

Установлено, что максимальная продолжительность непрерывного стояния остаточного уровня выше Н5% за весь период наблюдений составила на п/ст Тамбей 27 сроков, ниже Н95% — 51 срок. На п/ст 60 лет ВЛКСМ максимальная продолжительность непрерывного стояния уровня выше Н5% заняла 23 срока, ниже Н95% — 45 сроков. Подчеркнём, что употребление нами условной единицы измерения продолжительности непрерывного стояния остаточного уровня (срок) обусловлено отсутствием возможности выразить эту характеристику в часах, поскольку ряды данных основаны на 4-срочных наблюдениях.

В отношении экстремальных значений суммарных (наблюдённых) уровней на п/ст Тамбей и п/ст 60 лет ВЛКСМ установлено, что наибольших значений их колебания достигают не в летний период, а в зимний. На п/ст Тамбей максимальный месячный размах суммарных уровней за многолетие приходится на ноябрь и составляет 266 см, а на п/ст 60 лет ВЛКСМ — на январь и достигает 277 см.

Наибольший размах непериодических колебаний суммарного уровня в пределах конкретного календарного месяца п/ст Тамбей приходится на сентябрь 1979 г. (111 см), п/ст 60 лет ВЛКСМ — июнь 1981 г. (147 см). Величина внутримесячного размаха на п/ст 60 лет ВЛКСМ преобладает над таковой на п/ст Тамбей во все месяцы за исключением октября. На п/ст Дровяная размах в июле и августе более чем в 2 раза превышает такую характеристику, определённую для п/ст 60 лет ВЛКСМ. В целом представленные данные отражают закономерность возрастания размаха непериодических колебаний суммарного уровня на данном участке губы по мере продвижения к её морской границе.

Подчеркнём, что для обеспечения гидрометеорологической безопасности этого района крайне необходима морская береговая сеть полярных станций. Поэтому любые самые комплексные экспедиционные исследования не могут решить в полной мере задачу изучения гидрологического режима и мониторинга шельфовой зоны морей и устьевых областей рек.

Список литературы:

1. 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). Под ред. Войнов Г.Н. СПб.: Нестор-История, 2017. 192 с.
2. Войнов Г.Н., Головин Н.В., Кубышкин Н.В., Кулаков М.Ю., Скутин А.А., Смирнов К.Г., Хаймина О.В. К решению проблемы прогноза уровня моря у мыса Каменный

- в Обской губе // Проблемы Арктики и Антарктики. 2023. Т. 69. № 1. С. 29–43. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-1-29-43>
3. Войнов Г.Н., Пискун А.А. Приливные и непериодические колебания уровня воды в средней части Обской губы // Проблемы Арктики и Антарктики. 2023. Т. 69. № 3. С. 272–289. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-3-272-289>
 4. Попов А.В., Кубышкни Н.В., Рубченя А.В., Драбенко Д.В. Динамика кромки заприпайной полыньи в Обской губе и прогноз её широтного положения // Лёд и снег. 2016. Т. 56. № 3. С. 387–398 <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2016-3-387-398>
 5. Головин Н.В., Кубышкин Н.В., Рудаков В.В. Анализ ледовых условий Северной части Обской губы по спутниковой информации // Труды II Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития». СПб.: ХИМИЗДАТ, 2018. С. 183.
 6. Ильин Г.В. Гидрологический режим Обской губы как новой области морского природопользования в российской Арктике // Наука Юга России. 2018. Т. 14. № 2. С. 20–32. <https://doi.org/10.23885/2500-0640-2018-14-2-20-32>
 7. Войнов Г.Н., Пискун А.А. Колебания уровня воды в северной части Обской губы // В кн.: Труды VI Межд. Конф. – Гришанинские чтения. «Водные пути и русловые процессы. Гидротехнические сооружения водных путей». СПб. 28-31 мая 2023. Вып. 6. ч. 1. Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова. СПб., 2023. С. 110-122.
 8. Pugh D.T. Tides, Surges and mean sea-level. John Wiley and Sons.; 1987. 463 p.
 9. Doodson A.T., Warburg H.D. Admiralty manual of tides. His Majesty's stationery office; London. 1941. 261 p.
 10. Дополнение ко 2 тому Таблиц приливов. Таблица 1. Гармонические постоянные. Л.: Изд. Гидрограф. упр. ВМФ СССР, 1941. 8 с.
 11. Коптева А.В., Бутенко А.К., Иванова З.К. Материалы по изучению приливов арктических морей СССР // Труды АНИИ. 1952. Т. 42. Вып. VII. Карское море. 536 с.
 12. Коптева А.В. Уровень и течения Обской губы // Труды АНИИ. 1953. Т. 59. С. 84–148.
 13. Корт В.Г. Непериодические колебания уровня воды в Арктических морях и способы их прогноза. // Труды АНИИ. 1941. Т. 175. 163 с.

References:

1. Voinov GN, Nalimov YuV, Piskun AA, Stanovoj VV, Usankina GE. The main features of the hydrological regime of the Ob and Taz Bays (ice, levels, water structure). Voinov GN (ed). Saint Petersburg: Nestor-Istoriya; 2017. 192 p. (In Russ.).
2. Voinov GN, Golovin NV, Kubyshkin NV, Kulakov MYu, Skutin AA, Smirnov KG, Hajmina OV. Towards a solution to the problem of sea level forecasting at Cape Kamenny in the Gulf of Ob // *Arctic and Antarctic Research*. 2023;69(1):29–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-1-29-43>
3. Voinov GN, Piskun AA. Tidal and non-periodic fluctuations of water level in the middle part of the Gulf of Ob // *Arctic and Antarctic Research*. 2023;69(3):272–289. (In Russ.). <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-3-272-289>
4. Popov AV, Kubyshkni NV, Rubchenya AV, Drabenko DV. Dynamics of the edge of the ice-fast polynya in the Gulf of Ob and forecast of its latitudinal position // *Ice and Snow*. 2016;56(3):387–398. (In Russ.). <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2016-3-387-398>
5. Golovin NV, Kubyshkin NV, Rudakov VV. Analysis of ice conditions in the Northern part of the Gulf of Ob using satellite information // Proceedings of the II All-Russian Conference "Hydrometeorology and Ecology: Achievements and Development Prospects". Saint Petersburg: HIMIZDAT; 2018. p. 183. (In Russ.).
6. Il'in GV. Hydrological regime of the Gulf of Ob as a new area of marine nature management in the Russian Arctic // *Science in the South Russia*. 2018;14(2):20–32. (In Russ.). <https://doi.org/10.23885/2500-0640-2018-14-2-20-32>
7. Voinov GN, Piskun AA. Fluctuations in the water level in the northern part of the Ob Bay // In the book: Proceedings of the VI Int. Conf. – Grishanin Readings. "Waterways and channel processes. Hydraulic structures of waterways". Saint Petersburg. 2023. May, 28-31. Iss. 6. part 1. Publishing house of the State University of Maritime and Inland Waters named after Adm. S.O. Makarov. Saint Petersburg; 2023. pp. 110–122. (In Russ.).
8. Pugh DT. Tides, Surges and mean sea-level. John Wiley and Sons.; 1987. 463 p.
9. Doodson AT, Warburg HD. Admiralty manual of tides. His Majesty's stationery office. London. 1941. 261 p.

10. Supplement to Volume 2 of the Tide Tables. Table 1. Harmonic constants. Leningrad; Hydrographic Administration of the USSR Navy. 1941. 8 p. (In Russ.).
11. Kopteva AV, Butenko AK, Ivanova ZK. Materials on the study of tides of the Arctic seas of the USSR // *Proceedings of the AARI*. 1952. Vol. 42. Iss. VII. Kara Sea. 536 p.
12. Kopteva AV. Level and currents of the Gulf of Ob // *Proceedings of the AARI*. 1953;59:84–148. (In Russ.).
13. Kort VG. Neperiodicheskie kolebaniya urovnya vody v Arkticheskikh moryah i sposoby ih prognoza // *Proceedings of the AARI*. 1941. Vol.175. 163 p. (In Russ.).