

<https://doi.org/10.30758/0555-2648-2020-66-1-20-37>
УДК 551.466.713



ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ORIGINAL ARTICLE

СГОННО-НАГОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В НОВОМ ПОРТУ (ОБСКАЯ ГУБА)

А.А. ПИСКУН¹, Г.Н. ВОЙНОВ^{1,2*}

¹ ГИЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия

² ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова», Санкт-Петербургское отделение, Санкт-Петербург, Россия

*voinovgn@mail.ru

Резюме

Целью исследования было рассмотрение характеристик сгонно-нагонных колебаний уровня воды в бухте Новый Порт (Обская губа), полученных по новой для данного объекта методологии. Выполнен анализ качества срочных наблюдений за уровнем воды. Сформированы однородные ряды уровней с учетом необходимых поправок, выявленных в результате анализа высотной основы поста и применения способа контроля и калибровки многолетних срочных наблюдений за уровнем. На основе использования новых средних оценок гармонических постоянных прилива получены массивы остаточных уровней. По рядам остаточных уровней выполнен анализ величины и продолжительности сгонов и нагонов. При этом сгоны рассматривались относительно остаточного уровня 95-процентной обеспеченности, нагоны — относительно 5-процентной обеспеченности. Изложены результаты оценок сгонно-нагонных колебаний уровня воды, приведены статистические характеристики.

Ключевые слова: качество данных, Обская губа, однородные ряды, остаточный уровень, приливная составляющая, сгоны-нагоны, срочные наблюдения, статистические характеристики.

Для цитирования: Пискун А.А., Войнов Г.Н. Сгонно-нагонные колебания уровня воды в Новом Порту (Обская губа) // Проблемы Арктики и Антарктики. 2020. Т. 66. Вып. 1. С. 20–37. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2020-66-1-20-37>.

Поступила 10.01.2020

После переработки 20.01.2020

Принята 19.02.2020

STORM SURGES IN THE WATER LEVEL VARIATION IN THE NEW PORT (GULF OF OB)

ALEXANDER A. PISKUN¹, GENNADY N. VOINOV^{1,2*}

¹ State Scientific Center of the Russian Federation Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

² Zubov State Oceanographic Institute, St. Petersburg, Russia

*voinovgn@mail.ru

Summary

The processing of 6-hourly intervals level measurements at the New Port polar station was previously difficult due to poor data quality and the lack of methodology for assessing them and bringing observations into uniform rows. Therefore, since the second half of the 20th century, no research of wind-induced water has been carried out. In 2015, for the first time, the authors formed a base of residual levels (observations minus forecasting) for 1977–2012 on 6-hourly intervals observations of water level at the New Port station using the method of tide calibration. In the present work, a period of observations with relatively reliable data for 1977–1991 was selected for the research of the storm surges in the water level fluctuations. Surges are considered in comparison with the 5 % probability, and ranges with 95 % probability. The annual distribution of the number of surges and ranges showed an average of 12.4 surges and 11.2 ranges per year. The maximum number of surges and ranges was observed in 1981 and was 21 surges and 27 ranges. In the time course of fluctuations of residual levels during the above period, the maximum with the value of 634 cm was noted in 1987 and occurred during the autumn period (ice composition). The length of the surges varied between 0.25 days and 13.5 days. Most of the surges occurred in the period June–October (78.8 %) with the largest number in September (22.8 %). In the period January–May the number of surges decreases to 7.6 % and is zero in April. The lowest ranges residual level was observed in 1986 (343 cm above zero fasting). The total fluctuation of the residual level in New Port during the period of 6-hourly intervals level observations in 1977–1991 was 291 cm. This is 23 cm more than was recorded at the Cape Kamenny station. The length of the ranges varied from 1 day to 8 days. The majority of the intra-annual distribution of the number of ranges over a multi-year period was observed in July–October (83.7 %) with the maximum number in September (28.1 %). A small number of ranges were observed in January and March, and their total absence in April and May. The duration of surges and ranges is inversely dependent on their growth rate. Thus, the highest growth rate of the residual level at the deposit of 5.1 cm/hour corresponds to the duration of the deposit of 0.25 days. The greatest duration of growth of the surge level (9.25 days) corresponds to a speed of 0.14 cm/h. The drop in the level during the range occurred at the highest speed of 11.6 cm/h, the rise from the minimum residual level – at the speed of 6.97 cm/h. Corresponding to these rates, the duration of the decline and rise of the range level was 0.15 cm/h. The highest rise time of the residual range level was 5.25 days at an intensity of 0.44 cm/h.

Keywords: 6-hourly intervals data, data quality, gulf of Ob, homogeneous series, residual level, statistical characteristics, tidal component.

For Citation: Piskun A.A., Voinov G.N. Storm surges in the water level variation in the New Port (gulf of Ob). *Problemy Arktiki i Antarktiki*. Arctic and Antarctic Research. 2020, 66 (1): 20–37. [In Russian]. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2020-66-1-20-37>.

Received 01.10.2020

Revised 01.20.2020

Accepted 02.19.2020

ВВЕДЕНИЕ

Информация о колебаниях уровня всегда востребована на стадиях изыскания, проектирования, строительства и эксплуатации объектов на побережье и акватории губы. При этом требуются характеристики, как суммарного уровня, так и его составляющих — сгонно-нагонной и приливной. Выделенная сгонно-нагонная составляющая в виде остаточного уровня крайне необходима для поиска предикторов из числа метеорологических данных при разработке методов краткосрочного прогноза уровня [1]. Как известно, режим уровней в районе полярной станции Новый Порт формируется под влиянием ряда факторов, главными из которых являются анемобарические, динамические процессы и речной сток [2–8]. При этом сезонные колебания величины речного стока в сочетании с высотным положением уровня Карского моря формируют фон в Обской губе, относительно которого происходят колебания уровня, вызванные периодическими и непериодическими явлениями.

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) [6–8].

Как отмечает А.В. Коптева [9], 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 уровень и течения не оказывают.

Изменения уровня и течений наступают несколько позже прохождения барических систем. Если ветры связаны с малым барическим образованием, быстро смещающимся на восток, запаздывание колеблется от 4 до 6 час. Обширные барические поля, медленно смещающиеся над открытой частью Карского моря, увеличивают запаздывание до суток. Чем дальше от района губы проходят соответствующие барические образования, тем позже наблюдаются сгонно-нагонные изменения уровня, и наоборот.

Рост уровня обусловлен не только устойчивыми северными ветрами. Эти явления часто наблюдаются при штиле после продолжительных и сильных южных (сгонных) ветров. В таких случаях подъем определяется возвратом уровня к среднему положению, нарушенному предшествующим сильным спадом. Аналогично этому значительный спад уровня может происходить при штиле после предшествующего сильного нагона.

Следует отметить, что сгонно-нагонные колебания уровня распространяются в виде поступательной волны по всей губе, причем размах их постепенно увеличивается в направлении от входа в губу к дельте р. Оби [9].

Акватория губы, прилегающая к Новому Порту, занята пресными водами в течение всего года. Период без ледовых явлений в среднем отмечается с первой декады июля по первую декаду октября [10]. Пик уровня весеннего половодья проходит при наличии ледяных образований. Колебания суммарного (наблюденного) уровня наиболее развиты в период открытой воды. Экстремальные уровни генерируются не половодьем, а сгонами-нагонами преимущественно в период чистой воды.

Выполненные ранее исследования непериодических колебаний уровня в Новом Порту [6, 7, 9] были основаны на крайне ограниченных материалах натуральных наблюдений. Также отсутствовала методология обработки и анализа срочных наблюдений за уровнем воды. Выделение непериодических колебаний производилось по методу Т.П. Марютина [6], что приводило к погрешностям в подавлении приливной составляющей. Целью настоящей работы было обширное рассмотрение характеристик сгонно-нагонных колебаний уровня, полученных по новой для данного объекта методологии [4, 10–13].

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ

Первые экспедиционные наблюдения за уровнем воды в Новом Порту относятся к августу 1921 г. [14]. Они выполнялись ежечасно в течение двух недель. Более продолжительные ежечасные данные о колебаниях уровня в Новом Порту, пригодные к обработке гармоническим анализом, были получены в период экспедиционных работ в июле–сентябре 1938 и 1939 гг. [9].

Попытка организовать стационарные наблюдения за уровнем в Новом Порту была предпринята в 1944 г. на речном посту. В 1949 г. пост был обновлен Гипроречтрансом. Материалы наблюдений за 1949–1954 гг. были забракованы [10, 15]. Пост функционировал до 13 июля 1963 г., затем был перенесен на 0,6 км к югу от пирса, где существует до настоящего времени. При этом высота нуля поста была оставлена без изменения и предложено считать уровенные наблюдения увязанными с предыдущими [15].

До 1977 г. наблюдения выполнялись преимущественно в период открытой воды. По 1976 г. включительно они были двухсрочными (8 и 20 часов местного декретного времени). С 1978 г. пост перешел к круглогодичным измерениям уровня. За исключением отдельных месяцев 1977, 1979 гг., когда измерения уровня велись с помощью самописца ГМ-28, наблюдения в последующие годы выполнялись в сроки 03, 09, 15, 21 ч по московскому времени.

Пост оборудован водомерной рейкой, укрепленной на сваях пирса на расстоянии 100 м от берега при глубине около 1,5 м. С образованием устойчивого припая уровенные наблюдения выполняются по подвесной водомерной рейке в майне с подогревом, расположенной в 200 м к востоку от берега.

Пост привязан к Балтийской системе высот. Высотная основа в районе уровенного поста Новый Порт по состоянию на 2015 г. представлена основным репером (год закладки 1966), контрольным и тремя рабочими реперами.

С 1 января 1977 г. для станции Новый Порт, как и для других станций Обской и Тазовской губ в период 1976–1978 гг., было изменено высотное положение нуля поста. Оно было вызвано введением единого нуля (ЕНП), равного $-5,000$ м БС для всех морей СССР, связанных с Мировым океаном. При этом для большинства станций Обской губы ЕНП был введен с опережением перехода на уравнинную систему высот, что в дальнейшем усложнило формирование однородных уровенных рядов. Известно, что любое уточнение отметок реперной сети постов влечет за собой необходимость соответствующей корректировки отметок нулей постов. Но в данном случае они становятся отличными от ЕНП, что сводит на нет идею перехода на эту систему. При этом для сохранения однородности уровенного ряда на посту (относительно высотного положения плоскости отсчета) при каждом уточнении высотной основы приходится заново вводить поправки к ранее наблюдаемым уровням.

Так, в 1982 г. отметка основного репера станции Новый Порт была в очередной раз уточнена на 0,035 м, поэтому, ради сохранения неизменности значения ЕНП, уровни также потребовалось пересчитать. За период с января 1977 г. по июль 1981 г. поправка к уровням, опубликованным в изданиях Водного кадастра, составила +47 см, за период 1982–1989 гг. она равна +4 см [16]. За все последующие годы материалы публикуемой части Водного кадастра не изданы, их корректировка согласно рекомендациям экспертов не завершена. Наиболее сложной задачей, с которой столкнулись эксперты, является оценка однородности уровенных рядов относительно предыдущих лет, в том числе с позиций высотной основы, из-за отсутствия необходимой информации.

Анализ имеющихся доступных архивных материалов по высотной основе поста позволил установить, что в период 1977–1991 гг. наибольшие инструментально зафиксированные разовые изменения превышений между реперами в Новом Порту достигали 0,16 м (между смежными нивелировками 1984 и 1987 гг.). Характерно, что нивелировки выполнялись зачастую с интервалом в несколько лет [16].

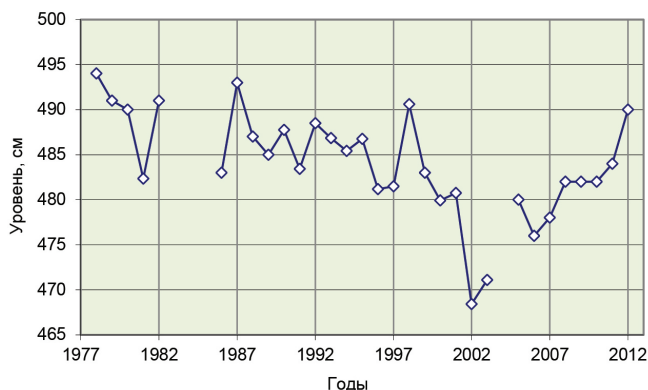


Рис. 1. Ход среднегодовых уровней воды на посту Новый Порт

Fig. 1. Progress of the average annual water levels at the New Port station

Результаты специальных нивелировочных работ, выполненных на станции Новый Порт в рамках экспедиции «Ямал – Арктика 2012» [17], показали, что превышение между парой реперов, сохранившихся в относительно хорошем состоянии, изменилось за период с 22.02.1991 г. по 27.08.2012 г. на 0,13 м. Однако эта существенная величина, по-видимому, не может быть учтена в поправках к уровню за указанный период, поскольку неизвестно ее истинное изменение по годам.

Анализ хода среднегодовых уровней по Новому Порту показал, что за 2001 г. уровень лежит на грани минимальных значений за весь период наблюдений. В 2002 и 2003 гг. они с занижением выходят за пределы предшествующих многолетних колебаний (рис. 1) [10, 16]. При этом в целом за период 1950–2006 гг. не наблюдалось тенденции снижения ни стока воды на речной границе Обско-Тазовской устьевой области, ни уровня на акватории моря, прилегающей к ее морской границе. Следовательно, причина отмеченных заниженных значений уровня может заключаться, в том числе, и в качестве материалов наблюдений, которое, для определенных периодов, нельзя признать удовлетворительным из-за отсутствия контроля высотной основы поста.

Отмеченные проблемы с высотной основой поста Новый Порт не позволяют сформировать однородные ряды уровня по полному массиву имеющихся данных Водного кадастра, что существенно снижает возможность расчета различных статистических характеристик за весь период наблюдений.

Качество уровенных рядов в Новом Порту снижают также многочисленные пропуски в наблюдениях, что особенно характерно для периодов 1977–1978, 1982–1985, 2004–2012 гг. (табл. 1). В эти периоды перерывы в наблюдениях составляли от 0,8 до 88 % от месячного объема стандартных 4-срочных наблюдений. В 1977, 1984, 1985, 2004 гг. имеются сплошные перерывы в данных наблюдений от месяца до полугода. Согласно данным фондовых таблиц ТГМ-1 лишь годы 1981, 1986, 1988–2003 характеризуются отсутствием перерывов в наблюдениях.

В таблицах ТГМ-1 по Новому Порту, к сожалению, нет объективной информации о качестве наблюдений и содержится сравнительно немного сведений о сомнительных данных: по 2 случая за год в 1977–1979, 1984, 2010 гг., по 3 случая в 1980, 1986 гг., 5 случаев в 1981 г. и 14 — в 1987 г.

**Сведения о перерывах в наблюдениях за уровнем воды на посту Новый Порт
за период 1977–2012 гг. по данным таблиц ТГМ-1**

Table 1

**Interruptions data in water level monitoring at the New Port station
for the period 1977–2012 according to the TGM-1 tables**

Год	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1977	–	–	–	–	–	58/48	+	1/0,8	9/7,5	49/40	1/0,8	+
1978	+	+	2/1,7	+	2/1,6	+	+	+	3/2,5	+	+	+
1979	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	11/8,9
1980	+	+	+	+	+	+	–	+	+	–	+	+
1981	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1982	16/13	+	+	8/6,7	11/8,9	+	+	+	+	4/3,2	+	5/4,0
1983	4/3,2	4/3,6	+	+	1/0,8	57/48	+	1/0,8	+	+	4/3,6	5/4,0
1984	2/1,6	22/19	3/2,4	13/30	2/1,6	+	+	+	+	–	–	–
1985	–	–	–	–	–	–	+	+	+	+	64/53	+
1987	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1/0,8	+	+
2004	+	–	–	–	–	–	–	54/44	10/8,3	+	+	+
2005	+	+	+	+	64/52	9/7,5	+	+	+	39/31	41/34	+
2006	+	+	+	+	60/48	68/57	+	+	+	88/71	2/1,7	+
2007	+	+	+	+	+	105/88	+	+	+	28/23	45/38	+
2008	+	+	+	+	+	72/60	+	+	+	80/65	68/57	+
2009	+	+	+	+	+	63/52	+	+	+	21/17	22/18	+
2010	10/8	+	+	+	+	88/73	+	+	+	+	56/47	+
2011	+	+	+	+	74/60	25/21	+	+	+	+	–	93/75
2012	+	+	+	+	2/1,6	49/41	+	+	+	20/16	–	–

Примечание: числитель — количество пропущенных срочных наблюдений; знаменатель — % от полной месячной серии наблюдений; + означает наличие полного ряда наблюдений в течение месяца; прочерк — наблюдения отсутствовали в течение месяца. Годы с полными наблюдениями не показаны.

Дальнейший углубленный анализ первичных данных вскрыл недостатки в материалах наблюдений, которые невозможно обнаружить традиционными методами, рекомендованными наставлением [18]. Это касается ошибок, обусловленных несоблюдением регламента по производству наблюдений и первичной обработке их результатов. Типичным скрытым недостатком данных является изменение времени наблюдений относительно целых часов, сведения о которых в таблицах ТГМ-1 зачастую не приведены. Такие нарушения обнаружены, в том числе, и в благополучные с позиций полноты данных 1981, 1986, 1988–2003 годы.

Выявление неявных при визуальном контроле ошибок стало возможным благодаря использованию для анализа приливов оригинальной авторской методики и компьютерных программ [19, 11, 12]. Такой анализ выполнен для оценки характеристик приливов и сгонов-нагонов в Новом Порту по наблюдениям за уровнем в период 1977–2012 гг., доступных для авторов на текущий момент. Подробные данные о приливах в районе Нового Порты, использованные в настоящей работе, опубликованы ранее с критическим анализом всех предшествующих исследований приливов в данном районе [10, 13].

Методика анализа приливов (способ калибровки) [19] представляет собой развитие опубликованных ранее авторских разработок [11, 12]. Она позволяет выполнять оценки приливов и углубленную экспертизу исходных рядов как ежечасных, так и 4-срочных наблюдений, что имеет решающее значение применительно к Новому Порту. При этом методика позволяет не только выявлять скрытый брак в наблюдениях, но и корректировать ряды уровня.

На первом этапе обрабатываются гармоническим анализом по методу наименьших квадратов (МНК) все имеющиеся ежечасные серии с целью формирования оценок гармонических постоянных прилива на каждый месяц года. В результате анализа получаем полный список гармонических постоянных (с долгопериодными приливами) на 12 месяцев года. Последующие расчеты ведутся с помощью специально разработанной программы предвычисления прилива по постоянному, но индивидуально заданному на каждый месяц набору волн (26 короткопериодных волн в каждом месяце плюс 4 долгопериодные волны). При этом долгопериодные приливы определялись из среднесуточных значений уровня за весь период наблюдений [13]. Полное изложение методики, использованной в данном исследовании, приведено в работах [13, 11, 12]. В кратком виде методология сводится к тому, что приведение 4-срочных наблюдений к однородным рядам производится с помощью квазиприливной компоненты исходных данных и таковой компоненты предвычисленного ряда, выделенных специальным фильтром низких частот [11]. Далее производится выявление скрытых ошибок в наблюдениях и коррекция рядов уровня с помощью способа калибровки [19], после чего по откорректированным рядам производится гармонический анализ во втором приближении. Затем идет расчет приливного ряда и остаточного (наблюдения минус предвычисления), который представляет практически в чистом виде сгонно-нагонные колебания уровня моря. При этом будем применять подход к анализу сгонов-нагонов, использованный ранее в работах [4, 7]. Он заключается в том, что сгоны определяются относительно уровня 95-процентной обеспеченности, нагоны — относительно 5-процентной обеспеченности. Применение уровней заданной обеспеченности в качестве отсчетных критериев для сгонов-нагонов позволяет получить сравнимые характеристики неперiodических колебаний по многолетнему однородному ряду остаточного уровня. Использование для этих целей среднемесячных значений, как это делалось ранее, дает неустойчивые характеристики вследствие больших вариаций этих значений уровня.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для получения уровней заданной обеспеченности использованы относительно надежные данные наблюдений за период 1977–1991 гг., которые нами приведены к единой плоскости отсчета (БС-77) с учетом полученных ранее поправок [10, 16].

Рассчитанные по остаточным рядам уровни различной обеспеченности даны в табл. 2. Из нее видно, что остаточный уровень 5-процентной обеспеченности для периода с ледовыми явлениями ниже, чем для безледного периода. Для уровня 95-процентной обеспеченности характерна обратная картина.

Остаточные уровни заданной обеспеченности, необходимые нам для дальнейшего анализа сгонов-нагонов, имеют следующие значения. Уровень 5-процентной обеспеченности равен 524 см над нулем поста, уровень 95-процентной обеспеченности составляет 446 см (табл. 2).

Характеристики распределения по годам числа нагонов выше остаточного уровня 5-процентной обеспеченности даны в таблице 3. По данным этой таблицы видно, что

Таблица 2

Значения остаточных уровней заданной обеспеченности по 4-срочным наблюдениям на посту Новый Порт за 1977–1991 гг.

Table 2

Residual levels values of the specified data on 6-hourly intervals monitoring at the New Port station for 1977–1991

Период	Обеспеченность, %					
	5	10	25	75	90	95
Весь год	524	515	502	474	457	446
Безледный период (чисто)	538	522	503	463	446	433
Период с ледовыми явлениями в целом	519	511	501	477	466	456
в том числе:						
– переходный период весны	539	529	521	496	478	468
– переходный период осени	571	544	503	463	429	419
– ледостав	515	509	500	477	466	457

Примечание: переходный период весны — от начала взлома ледяного покрова до полного очищения акватории; переходный период осени — от начала устойчивого ледообразования до полного замерзания.

Таблица 3

Характеристики наибольших за год нагонов по срочным наблюдениям на посту Новый Порт по ряду остаточных уровней за 1977–1991 гг.

Table 3

Characteristics of the year's largest sags of 6-hourly intervals water level monitoring at the New Port station on residual levels for 1977–1991

Год	Выборки по максимальному за год нагонному уровню (H_{\max})					Выборки по наибольшей за год продолжительности нагона			
	Число нагонов выше $H_{5\%}$	H_{\max} см	τ нагона над $H_{5\%}$ сут.	$\Delta H_{5\%}$ см	Превышение H_{\max} над $H_{\text{срмес}}$ см	τ_{\max} нагона над $H_{5\%}$ сут.	Превышение H_{\max} над $H_{5\%}$ см	τ_{\max} нагона над $H_{\text{срмес}}$ сут.	
1977	11	582,7	3,0	58,7	84,8	3,0	58,7	3,5	
1978	19	591,2	4,5	67,2	129,3	13,5	31,2	7,5	
1979	20	579,3	2,5	55,3	83,3	3,75	16,3	3,75	
1980	12	627,1	5,0	103,1	113,8	5,0	103,1	5,5	
1981	21	588,2	2,5	64,2	98,8	5,75	12,2	2,75	
1982	13	572,4	8,5	48,4	70,6	8,5	48,4	9,0	
1983	10	549,6	3,75	25,6	79,2	3,75	25,6	7,75	
1984	5	538,1	1,25	14,1	63	1,25	14,1	4,5	
1985	9	612,7	3,75	88,7	118,1	3,75	88,7	6,75	
1986	14	604,1	2,75	80,1	116,6	4,25	13,1	3,75	
1987	16	634	12,5	110	108,8	12,5	110	12,25	
1988	10	609,3	6,0	85,3	112,4	6,0	85,3	7,75	
1989	8	587,5	2,25	63,5	100,7	3,0	11,5	4,5	
1990	4	528,6	0,25	4,6	40,3	0,25	4,6	9,75	
1991	14	544,4	1,5	20,4	52,3	4,75	6,4	7,5	
Среднее	12,4	583,3	4,0	59,3	91,5	5,3	41,9	6,4	
Максимум	21	634,0	12,5	110	129,3	13,5	110	12,25	
Минимум*	4	528,6	0,25	4,6	40,3	0,25	4,6	2,75	

Примечания: H_{\max} — максимальный остаточный уровень; $H_{5\%}$ — остаточный уровень 5-процентной обеспеченности, равный 524 см; $\Delta H_{5\%}$ — превышение остаточного максимального уровня над уровнем 5-процентной обеспеченности; $H_{\text{срмес}}$ — среднемесячный остаточный уровень; τ — продолжительность; τ_{\max} — наибольшая продолжительность.

наиболее часто такие нагоны наблюдались в 1981 г. (21 случай). Меньше всего подобных нагонов отмечено в 1990 г. (4 нагона). Максимальный остаточный уровень (634 см над нулем поста) отмечен в 1987 г., продолжительность которого (12,5 сут) оказалась близкой к максимальной среди всех нагонов за рассматриваемый период. Его превышение над уровнем 5-процентной обеспеченности составило 110 см, над среднемесячным — 108,8 см. Самое большое превышение остаточного уровня над среднемесячным уровнем отмечено в 1978 г. (129,3 см). Превышение этого нагона над уровнем 5-процентной обеспеченности составило 67,2 см, что сравнительно близко по величине лишь к среднему многолетнему значению максимальных за год нагонных явлений.

Выборки нагонов по наибольшей за год продолжительности над уровнем 5-процентной обеспеченности показывают, что она изменялась в пределах от 0,25 сут (1990 г.) до 13,5 сут (1978 г.). Максимальный уровень этого, наиболее продолжительного за весь рассматриваемый период наблюдений, нагона 1978 г. всего на 31,2 см превышает уровень 5-процентной обеспеченности. Отметим, что самый большой по высоте нагон 1987 г., сформировавший остаточный уровень 634 см над нулем поста, имеет несколько меньшую продолжительность (12,5 сут), но превышает уровень 5-процентной обеспеченности на 110 см. В целом не выявлено какой-либо зависимости продолжительности максимальных за год нагонов с превышением их над заданным критерием.

Отмеченный выше самый большой нагон (634 см над нулем поста, 24.10.1987 г.) относительно остаточного уровня 5-процентной обеспеченности (см. табл. 3) был двухпиковый. Наличие нескольких пиков при затяжном нагоне не является редкостью. Особенностью этого нагона является то, что начался он при чистой воде, а закончился при полном замерзании акватории. Основной пик приурочен к осеннему переходному периоду от безледного состояния к ледоставу. В целом за рассматриваемый период три из максимальных за год нагона относятся к переходному периоду осени, один — к начальному периоду полного замерзания (ноябрь 1991 г.), остальные — к открытой воде.

Характеристики наибольших за год сгонов ниже остаточного уровня 95-процентной обеспеченности даны в таблице 4. Из таблицы видно, что наибольшее количество сгонов (27 случаев) наблюдалось в 1981 г., в котором также произошло наибольшее количество нагонов выше уровня 5-процентной обеспеченности (21 случай) (см. табл. 3). Самым спокойным в отношении сгонов ниже уровня 95-процентной обеспеченности оказался 1987 г. (3 случая).

Самый низкий сгонный остаточный уровень (343,1 см над нулем поста) наблюдался в 1986 г. Он на 102,9 см ниже принятой плоскости сравнения для сгонных уровней (уровень 95-процентной обеспеченности, равный 446 см над нулем). Относительно среднемесячного значения этот же остаточный уровень оказался ниже на 123 см. В данном случае, в отличие от нагонов, превышение минимального сгонного уровня оказалось наибольшим как относительно уровня 95-процентной обеспеченности, так и среднемесячного и наблюдалось в одном и том же году.

Продолжительность сгона в 1986 г. (3,6 сут) лежит в пределах средних за многолетний период значений относительно уровня 95-процентной обеспеченности и среднемесячного. Самый продолжительный сгон (8 сут) произошел в 1981 г. (см. табл. 4). Наименьшая продолжительность сгона (1 сут) от уровня 95-процентной обеспеченности наблюдалась в 1990 г. (см. табл. 4).

Таблица 4

**Характеристики наибольших за год сгонов по срочным наблюдениям
на посту Новый Порт по ряду остаточных уровней за 1977–1991 гг.**

Table 4

**Characteristics of the year's largest sags 6-hourly intervals water level data
at the New Port post for a number of residual levels for 1977–1991**

Год	Число сгонов ниже $H_{95\%}$	Выборки по минимальному за год сгонному уровню (H_{\min})				Выборки по наибольшей за год продолжительности сгона			
		H_{\min} , см	T ниже $H_{95\%}$, сут.	$\Delta H_{95\%}$, см	Превышение H_{\min} от $H_{\text{срмес}}$, см	$\tau_{\text{макс}}$ сгона от $H_{95\%}$, сут.	Превышение H_{\min} от $H_{95\%}$, см	$\tau_{\text{макс}}$ сгона от $H_{\text{срмес}}$, сут.	
1977	10	383,7	2,5	-62,3	-98,4	3,0	-13,3	4,5	
1978	8	368,2	5,25	-77,8	-93,7	5,25	-77,8	7,75	
1979	10	406,3	1,15	-39,7	-82,3	2,0	-17,7	2,0	
1980	6	427,1	2	-18,9	-66,6	2,0	-18,9	5,5	
1981	27	391,2	6	-54,8	-76,2	8,0	-28,8	7,0	
1982	11	412,4	1,75	-33,6	-60,3	2,25	-25,6	2,75	
1983	14	404,6	2	-41,4	-73,5	6,25	-19,4	3,75	
1984	6	416,1	1	-29,9	-59,7	3,25	-23,9	3,25	
1985	10	355,7	6	-90,3	-93	6,0	-90,3	6,0	
1986	10	343,1	3,65	-102,9	-123	3,65	-102,9	4,0	
1987	3	425	3,15	-21	-100,2	3,15	-21,0	7,5	
1988	10	409,3	2,5	-36,7	-87,6	2,5	-36,7	4,25	
1989	14	404,5	1,5	-41,5	-71,6	2,75	-23,5	2,5	
1990	10	426,6	1	-19,4	-35,9	1,0	-19,4	2,25	
1991	19	413,4	1,5	-32,6	-46,8	4,5	-29,6	2,25	
Среднее	11,2	399,1	2,7	-46,9	-77,9	3,7	-36,6	4,4	
Максимум	27	427,1	6	-18,9	-35,9	8,0	-13,3	7,75	
Минимум	3	343,1	1	-102,9	-123	1	-102,9	2	

Примечание: H_{\min} — минимальный остаточный уровень; $H_{95\%}$ — остаточный уровень 95-процентной обеспеченности, равный 446 см; $\Delta H_{95\%}$ — превышение остаточного минимального уровня над уровнем 95-процентной обеспеченности.

Внутригодовое распределение количества нагонов и сгонов в Новом Порту и на м. Каменный представлено на рис. 2. Из этого рисунка видно, что большая часть нагонов выше остаточного уровня 5-процентной обеспеченности приходится на период июнь–октябрь (145 нагонов из 184 за год, т. е. 78,8 %) с наибольшим количеством в сентябре (42 нагона, 22,8 %). В ноябре–декабре активность неперiodических колебаний уровня, превышающего значения данной обеспеченности, составляет всего 13,6 %. В период январь–май их количество снижается до 7,6 % и равно нулю в апреле. Обращает на себя внимание значительно большее число нагонов указанной обеспеченности в Новом Порту по сравнению с м. Каменный, выбранных за одинаковый период наблюдений. Детальные характеристики сгонов-нагонов на посту м. Каменный по полному ряду стационарных наблюдений приведены в [4].

Основная часть внутригодового распределения количества сгонов ниже остаточного уровня 95-процентной обеспеченности за многолетний период (см. рис. 2) наблюдалась в июле–октябре (83,7 % от общего числа) при максимальном количестве в сентябре (28,1 %). Для сравнения отметим, что в эти месяцы на посту м. Каменный произошло 56,4 % сгонов.

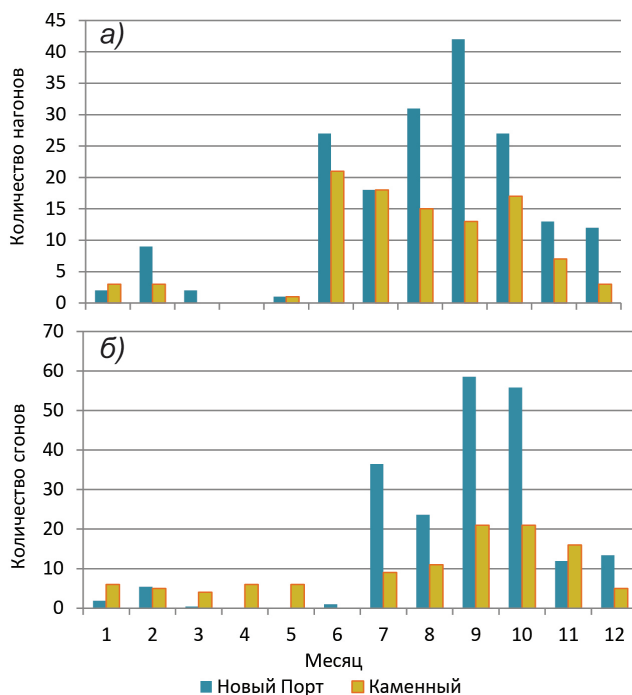


Рис. 2. Распределение по месяцам нагонов (а) выше уровня 5-процентной обеспеченности и сгонов (б) ниже 95-процентной обеспеченности на постах Новый Порт и м. Каменный за 1977–1991 гг.

Fig. 2. Monthly distribution of surges (a) above the level of 5 % significance level and ranges (б) of below 95 % significance level at the stations New Port and Cape Kamenny for 1977–1991

Незначительное количество сгонов относительно заданных авторами критериев в Новом Порту наблюдалось в январе и марте, а полное их отсутствие — в апреле и мае.

Самый сильный сгон 10 ноября 1986 г. (при остаточном уровне 343,1 см над нулем поста) приходится на период ледостава. К периоду ледостава относятся также максимальные годовые сгоны 1978 и 1979 гг. Остальные наибольшие сгоны за рассматриваемые годы отмечены в период чистой воды.

Общий размах колебаний остаточного уровня в Новом Порту за период срочных наблюдений 1977–1991 гг. составил 290,9 см. Для сравнения отметим, что это на 23,4 см больше, чем на посту м. Каменный [4].

На рис. 3 представлены связи продолжительности и скорости роста и спада уровня при всех нагонах выше 5-процентной обеспеченности, а также спада и подъема уровня при всех сгонах ниже 95-процентной обеспеченности.

Заметим, что представленные на рис. 3 зависимости отражают закономерность, характерную и для других гидрометеорологических явлений. К сожалению, из-за отсутствия ежечасных данных они построены по 4-срочным наблюдениям. Пики нагонов и сгонов, таким образом, относятся к стандартным срокам наблюдений дискретностью 6 час в сутки и, естественно, не позволяют точно учесть как продолжительность явления, так и значение уровня между сроками наблюдений. Как показала обработка кратковременных ежечасных наблюдений за 1938, 1939 и 1979 гг. для

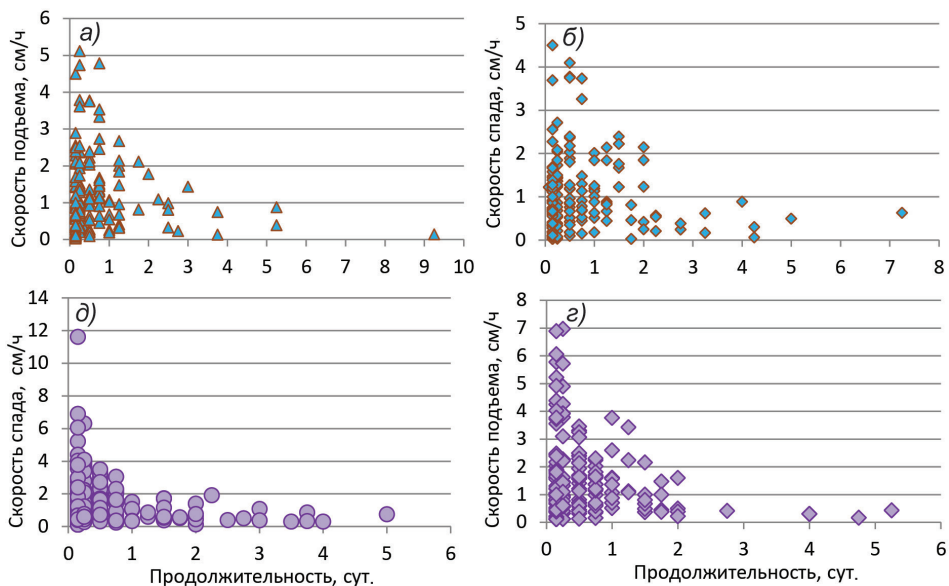


Рис. 3. Связь продолжительности и скорости подъема (а) и спада (б) уровня при нагонах, спада (в) и подъема (г) при сгонах для поста Новый Порт по данным срочных наблюдений 1977–1991 гг.

Fig. 3. Relationship of the duration and speed of the rise (а) and the decline (б) of the level during surges, the decline (в) and the rise (г) during the sweeps for the New Port station according to 6-hourly intervals observations of 1977–1991

Нового Порта, наибольшая разность между экстремальными ежечасными и 4-срочными наблюденными уровнями составила по абсолютной величине 41 см [20].

В данном случае, если сгонно-нагонный остаточный уровень фиксировался только в один срок (а таких ситуаций было довольно много — 42,6 % для всех нагонов выше уровня 5-процентной обеспеченности и 31,7 % от числа всех нагонов ниже уровня 95-процентной обеспеченности), мы вынуждены были продолжительность явления ограничивать условными рамками, а именно 6 часами.

Как видно из рис. 3, продолжительность явления находится в обратной зависимости от скорости изменения, что в данном случае свойственно как для нагонов, так и сгонов. Так, наибольшей скорости роста остаточного уровня при нагоне, равной 5,1 см/ч, соответствует продолжительность нагона над уровнем 5-процентной обеспеченности 0,25 сут. Наибольшей же продолжительности роста нагонного уровня (9,25 сут) соответствует скорость 0,14 см/ч.

На спаде нагона наибольшая скорость снижения остаточного уровня (4,5 см/ч) отмечена при продолжительности этой фазы 0,15 сут. Наибольшей продолжительности снижения нагонного уровня (7,25 сут) соответствует скорость 0,6 см/ч.

Спад уровня при сгоне происходил с наибольшей скоростью 11,6 см/ч, подъем от минимального остаточного уровня до уровня 95-процентной обеспеченности — со скоростью 6,97 см/ч. Соответствующие этим скоростям продолжительность спада и подъема сгонного уровня составила 0,15 сут. Наибольшая продолжительность подъема остаточного сгонного уровня составила 5,25 сут при интенсивности 0,44 см/ч.

Наибольшие за год разности (см) и скорости изменения (см/ч) остаточного уровня между смежными 4-срочными наблюдениями в Новом Порту

Table 5

The largest annual differences (cm) and the rate of change (cm/h) of the residual level between adjacent 6-hourly intervals water level data in the New Port station

Год	Максимальный рост за год			Максимальное снижение за год		
	Разность, см	Дата	Скорость изменения, см/ч	Разность, см	Дата	Скорость изменения, см/ч
1977	31	13.08.1977	5,2	32	12.08.1977	5,3
1978	76	11.08.1978	12,7	71	06.10.1978	11,8
1979	42	20.10.1979	7,0	30	21.10.1979	5,0
1980	35	27.09.1980	5,8	39	16.09.1980	6,5
1981	50	26.10.1981	8,3	54	19.08.1981	9,0
1982	34	02.08.1982	5,7	31	23.09.1982	5,2
1983	30	19.08.1983	5,0	25	15.07.1983	4,2
1984	28	09.07.1984	4,7	19	28.08.1984	3,2
1985	33	28.09.1985	5,5	31	04.09.1985	5,2
1986	41	28.10.1986	6,8	33	24.10.1986	5,5
1987	26	24.08.1987	4,3	29	03.10.1987	4,8
1988	30	12.10.1988	5,0	26	30.08.1988	4,3
1989	23	06.09.1989	3,8	24	06.09.1989	4,0
1990	18	16.08.1990	3,0	16	19.08.1990	2,7
1991	27	01.10.1991	4,5	18	03.10.1991	3,0
Максимум	76	11.08.1978	12,7	71	06.10.1978	11,8
Минимум	18	16.08.1990	3,0	16	19.08.1990	2,7

Следует иметь в виду, что приведенные авторами скорости спада или подъема уровня между сроками пересечения им заданных критериев (5- и 95-процентной обеспеченности) и достижения экстремального значения являются осредненной величиной. Понятно, что между этими сроками в пределах каждой фазы явления могут присутствовать разнонаправленные локальные колебания различной интенсивности, превышающей осредненные величины. Более того, как будет показано далее, наибольшие в течение года значения изменчивости уровня между смежными сроками не обязательно могут быть приурочены к сильным сгонам-нагонам. Для оценки величины этих колебаний перейдем от сгонов-нагонов относительно уровней 5- и 95-процентной обеспеченности к ежегодным рядам всех 4-срочных остаточных уровней и проанализируем их разности между смежными срочными наблюдениями (табл. 5). Эти разности также будут отражать лишь средние значения, но за одинаковый для всех колебаний 6-часовой период. Отсутствие ежечасных наблюдений не позволяет получить более точные оценки.

Как видно из табл. 5, значения характеристик роста и снижения остаточного уровня в пределах года близки между собой. В 10 случаях наибольшая интенсивность роста остаточного уровня от срока к сроку несколько превышала интенсивность снижения, в 5 случаях отмечалась обратная картина. Все представленные случаи отмечались в период с августа по октябрь. Из них при наличии припая как

максимальный рост, так и снижение отмечались в 1979 и 1986 гг. К переходному периоду осени (от состояния чистой воды к ледоставу) относятся рост уровня в 1981 г. и снижение уровня в 1978 г.

Лишь в пяти случаях (1978–1981 гг., 1989 г.) максимальные значения роста остаточного уровня за 6 часов принадлежат периоду, когда уровень превышал 5-процентную обеспеченность (см. табл. 3). В шести случаях (1978, 1980, 1984–1986, 1988 гг.) наиболее быстрое снижение остаточного уровня между смежными сроками приходится на период, когда уровень был ниже 95-процентной обеспеченности (см. табл. 4). Остальные случаи с максимальной скоростью роста либо снижения уровня, будучи генетически связанными с экстремальными годовыми сгонами-нагонами, относятся к периодам, когда остаточный уровень был не выше 5- и не ниже 95-процентной обеспеченности.

При этом 7 случаев с максимальной скоростью роста приурочены к подъему уровня при нагоне, 5 случаев — к подъему уровня после сгона. Наибольшая скорость снижения остаточного уровня в 6 случаях относится к фазе спада уровня при сгоне, в 7 — к фазе спада нагона. Остальные случаи высшей за год скорости изменения уровня между смежными сроками относятся к немногим периодам, когда сгоны-нагоны не формировали экстремальные годовые значения остаточного уровня.

Таким образом, анализ разностей остаточного уровня между смежными 4-срочными наблюдениями показал, что экстремальные ее значения не всегда приурочены к максимальным за год сгонам или нагонам.

Расчет повторяемости разностей остаточного уровня между смежными сроками показал, что подавляющее большинство значений этих разностей (81,4 % от всех случаев) лежат в интервале от –5 до 5 см, а 98,3 % — в интервале от –15 до 20 см.

В табл. 6 представлены итоговые основные статистические характеристики остаточного уровня в Новом Порту за многолетний период по сезонам. Наибольшая дисперсия выборки остаточного уровня в период 1977–1991 гг., а также значение высшей максимального уровня (634,0 см) приходятся на переходный период осени. Минимальный за год остаточный уровень (343,1 см) отмечен в период ледостава. Самый большой внутрисезонный размах колебаний (271,4 см) приурочен к периоду без льда. Многолетний размах составляет 290,9 см как разность минимального при ледоставе и максимального в переходный период осени.

Таблица 6

Статистические характеристики остаточных уровней на посту Новый Порт по срочным наблюдениям за 1977–1991 гг.

Table 6

Statistical characteristics of residual levels at the New Port station on 6-hourly intervals water level data for 1977–1991

Характеристика	Весь ряд за 1977–1991 гг.	Переходный период весны	Период без льда	Переходный период осени	Ледостав
Среднее	487,1	507,8	483,9	486,3	487,6
Стандартное отклонение	25,0	20,0	32,1	44,7	19,1
Дисперсия выборки	623,3	398,8	1031,1	2002,2	366,6
Минимум	343,1	449,4	355,7	369,2	343,1
Максимум	634,0	555,2	627,1	634,0	591,2
Размах	290,9	105,8	271,4	264,8	248,1
Количество наблюдений	19733	608	6084	416	12625

Важной характеристикой непериодических колебаний уровня является скорость распространения нагонной волны по длине губы. В данном случае о распространении нагонной волны по длине Обской губы от м. Дровяной до Нового Порта можно судить лишь по расчетам В.Г. Корты [7], выполненным на основе ежечасных наблюдений одновременно в четырех пунктах губы (м. Дровяной, м. Тамбей, Новый Порт, м. Ям-Сале) в 1938 г. Зафиксированный этими наблюдениями один из нагонов относится к явлениям редкой повторяемости. По расчетам В.Г. Корты вершина волны, проходящая траверз м. Дровяной в 3 ч 23 августа 1938 г. проходит мимо бухты Новый Порт через 20 ч после м. Дровяной. Вершина волны, проходящая траверз м. Дровяной в 19 ч 30 августа, проходит мимо бухты Новый Порт через 23 ч после м. Дровяной. Подошва волны, проходящая мимо м. Дровяного в 22 ч 5 сентября, проходит мимо б. Новый Порт через 21 ч после м. Дровяной. Высокий подъем уровня в б. Новый Порт (159 см над средним значением за сентябрь 1938 г.) обусловлен сильным северным ветром (до 19 м/с), дувшим с 1 по 5 сентября. В момент наивысшего подъема уровня в бухте Новый Порт в северной части губы (у м. Дровяной и Тамбея) уже наблюдался спад уровня. Для сравнения отметим, что согласно оценкам приливов в Новом Порту [13] в августе волна прилива проходит Обскую губу от морского участка (м. Дровяной) до Нового Порта за 18 ч, а в апреле к Новому Порту волна приходит позже на 4,6 ч.

К сожалению, до сего времени данные В.Г. Корты о скорости распространения нагонной волны остаются единственными в своем роде, т. к. ежечасные наблюдения одновременно по длине Обской губы в последующем не проводились.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в данной работе результаты по Новому Порту основаны на использовании максимальных возможностей имеющейся методики оценки приливов с выделением непериодической составляющей, положенной в основу анализа сгонов-нагонов. На новой методической основе, ранее не применявшейся для данного поста, детально исследованы особенности режима сгонно-нагонных колебаний уровня воды в районе этой полярной станции. Все последующие выводы данной работы будут опираться на период 1977–1991 гг. в Новом Порту. При этом далее нагоны рассматривались относительно остаточных уровней 5-процентной обеспеченности, а сгоны — 95-процентной обеспеченности.

Выявлено, что уровень 5-процентной обеспеченности равен 524 см, а уровень 95-процентной обеспеченности составил 446 см (оба от нуля поста). Заметим, для периода с ледовыми явлениями уровень 5-процентной обеспеченности ниже, чем для безледного периода. Для уровня 95-процентной обеспеченности характерна обратная картина.

Распределение по годам числа нагонов и сгонов показало, что в среднем за год отмечается 12,4 нагона и 11,2 сгона. Максимальное число нагонов и сгонов наблюдалось в 1981 г. и составило всего 21 нагон и 27 сгонов.

Во временном ходе колебаний остаточных уровней за указанный выше период максимум с значением 634 см отмечен в 1987 г. и приходился на период осени (ледостав). Продолжительность нагонов относительно уровня 5-процентной обеспеченности изменялась в пределах от 0,25 сут до 13,5 сут. Большая часть нагонов выше остаточного уровня 5-процентной обеспеченности приходится на период июнь–октябрь (78,8 %) с наибольшим количеством в сентябре (22,8 %). В период январь–май количество нагонов снижается до 7,6 % и равно нулю в апреле.

Самый низкий сгонный остаточный уровень наблюдался в 1986 г. (343 см над нулем поста). Его значение оказалось на 123 см ниже среднемесячного значения.

Общий размах колебаний остаточного уровня в Новом Порту за период срочных наблюдений 1977–1991 гг. составил 290,9 см. Для сравнения отметим, что это на 23,4 см больше, чем на посту м. Каменный [4].

Продолжительность сгонов изменялась в пределах от 1 сут до 8 сут. Основная часть внутрigoдового распределения количества сгонов ниже остаточного уровня 95-процентной обеспеченности за многолетний период наблюдалась в июле–октябре (83,7 % от общего числа) при максимальном количестве в сентябре (28,1 %). Незначительное количество сгонов относительно заданных авторами критериев в Новом Порту наблюдалось в январе и марте, а полное их отсутствие — в апреле и мае.

Обращает на себя внимание значительно большее число нагонов и сгонов 5- и 95-процентной обеспеченности в Новом Порту по сравнению с м. Каменный, выбранных за одинаковый период наблюдений (июль–октябрь).

Продолжительность нагонов и сгонов находится в обратной зависимости от их скорости роста. Так, наибольшей скорости роста остаточного уровня при нагоне, равной 5,1 см/ч, соответствует продолжительность нагона над уровнем 5-процентной обеспеченности 0,25 сут. Наибольшей же продолжительности роста нагонного уровня (9,25 сут) соответствует скорость 0,14 см/ч.

На спаде нагона наибольшая скорость снижения остаточного уровня (4,5 см/ч) отмечена при продолжительности этой фазы 0,15 сут. Наибольшей продолжительности снижения нагонного уровня (7,25 сут) соответствует скорость 0,6 см/ч.

Спад уровня при сгоне происходил с наибольшей скоростью 11,6 см/ч, подъем от минимального остаточного уровня до уровня 95-процентной обеспеченности — со скоростью 6,97 см/ч. Соответствующие этим скоростям продолжительность спада и подъема сгонного уровня составила 0,15 см/ч. Наибольшая продолжительность подъема остаточного сгонного уровня составила 5,25 сут при интенсивности 0,44 см/ч.

Все же срочные наблюдения не могут подменить ежечасные измерения, поэтому представленные нами характеристики не в полной мере отражают рассматриваемые процессы развития и затухания сгонов-нагонов. Наибольшая разность между экстремальными ежечасными и 4-срочными наблюденными уровнями составила по абсолютной величине 41 см (по историческим данным для летнего периода) [20]. Исследования подтвердили необходимость выполнения ежечасных наблюдений за уровнем воды в губе, подверженным сильной изменчивости, при которой средняя величина сизигийного прилива в Новом Порту в летний сезон составляет 36 см [13], многолетний размах колебаний остаточного уровня по 4-срочным наблюдениям достигает 291 см, наибольший внутрисезонный размах, приуроченный к периоду без льда, — 271 см.

Конфликт интересов. Авторы статьи подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Благодарности. Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18–05–60192.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Acknowledgments. The reported study was partially funded by RFBR according to the research project No 18–05–60192.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яговкина Е.А., Хаймина О.В., Кубышкин Н.В., Смирнов К.Г., Гудошников Ю.П. Непериодические колебания уровня моря у мыса Каменный (Обская губа Карского моря). Закономерности изменчивости и возможность прогноза // Труды II Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития». Конференция имени Л.Н. Карлина. 19–20 декабря 2018. СПб.: Химиздат, 2018. С. 734–737.

2. Антонов В.С., Маслаева Н.Г. Низовья и устья реки Оби. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 84 с.
3. 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. 150–158.
4. Войнов Г.Н., Пискун А.А. Приливные и сгонно-нагонные колебания уровня воды в районе м. Каменный (Обская губа) // Проблемы Арктики и Антарктики. 2019. Т. 65. № 1. С. 15–33.
5. Иванов В.В. Методика оценки запасов пресных вод в устьевых областях рек Арктики с закрытыми устьевыми взморьями // Проблемы Арктики и Антарктики. 1991. Вып. 66. С. 224–238.
6. Корт В.Г. Непериодические колебания уровня воды в арктических морях и способы их прогноза // Труды АНИИ. 1941. Т. 175. 102 с.
7. Корт В.Г. К вопросу о колебаниях урвонной поверхности Обской губы // Труды АНИИ. 1949. Т. 13. С. 100–118.
8. Лабзовский Н.А. Непериодические колебания уровня моря. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 237 с.
9. Коптева А.В. Уровень и течения Обской губы // Труды АНИИ. 1953. Т. 59. С. 84–148.
10. 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. д-ра геогр. наук Г.Н. Войнова. СПб: Нестор-История, 2017. 192 с.
11. Войнов Г.Н. Гармонический анализ морских приливов по срочным наблюдениям за уровнем моря // Метеорология и гидрология. 2009. № 7. С. 79–91.
12. Войнов Г.Н. Приливные явления в Карском море. СПб.: Изд-во Русского географического общества, 1999. 109 с.
13. Войнов Г.Н., Пискун А.А. Оценка приливов в Новом Порту (Обская губа) по наблюдениям за уровнем за период 1977–2012 гг. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2015. № 3 (105). С. 51–65.
14. Стахевич В.С. Данные о приливах в устьях рек Енисея и Оби // Записки по гидрографии. 1926. Т. 51. С. 95–102.
15. Гидрологический ежегодник. Т. 6. Вып. 0–3 за 1965 г. Новосибирск: Западно-Сибирское управление гидрометеорологической службы, 1968. 478 с.
16. Пискун А.А. Состояние высотной основы и качество данных по уровням воды в Обско-Тазовской устьевой области // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. № 3 (86). С. 97–113.
17. Голованов О.Ф., Пискун А.А., Терехова Р.А. Состояние высотной основы гидрологической сети севера ЯНАО // Российские полярные исследования. Информационно-аналитический сборник. 2012. № 4 (10). С. 38–41.
18. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6. Ч. III. Л.: Гидрометеиздат, 1958. 292 с.
19. Войнов Г.Н. Способ приведения ежечасных наблюдений за уровнем моря к однородным рядам с помощью калибровки приливов // Проблемы Арктики и Антарктики. 2015. № 2 (104). С. 68–80.
20. 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). С. 23–36.

REFERENCES

1. Iagovkina E.A., Khaimina O.V., Kubyshkin N.V., Smirnov K.G., Gudoshnikov Iu.P. Non-periodic fluctuations of sea level at Cape Kamenny (the Ob Bay of the Kara Sea). Patterns of variability and the possibility of forecasting. *Trudy II Vserossiiskoi konferentsii «Gidrometeorologiya i ekologiya: dostizheniia i perspektivy razvitiia». Konferentsiia imeni L.N. Karlina. 19–20 dekabria 2018.* Proceedings of the II All-Russian Conference “Hydrometeorology and Ecology: Achievements and Prospects for Development”. Conference named L.N. Carlin. December 19–20, 2018. St. Petersburg: *Himizdat*, 2018: 734–737. [In Russian].

2. Antonov V.S., Maslaeva N.G. *Nizov'ia i ust'ia reki Obi*. The lower reaches and mouths of the Ob River. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1965: 84 p. [In Russian].
3. Vinogradova T.A. Analysis of interaction of flood waves with sea level fluctuations on closed estuaries of Siberian rivers. *Trudy Vsesoiuznogo gidrologicheskogo s"ezda. T. 9. Ust'ia rek*. Proc. of the V All-Union Hydrological Congress. Vol. 9. The mouth of the rivers. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1990: 150–158. [In Russian].
4. Voinov G.N., Piskun A.A. Tidal and storm surges fluctuations in water level in the area of Kamenny m. (the Ob Bay). *Problemy Arktiki i Antarktiki*. Arctic and Antarctic Research. 2019, 65 (1): 15–33. [In Russian].
5. Ivanov V.V. Method of estimation of fresh water reserves in the estuaries of Arctic rivers with closed estuaries. *Problemy Arktiki i Antarktiki*. Problems of Arctic and Antarctic. 1991, 66: 224–238. [In Russian].
6. Kort V.G. Non-periodic fluctuations of the water level in the Arctic seas and methods for their prediction. *Trudy Arkticheskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta*. Proc. of ANII. 1941, 175: 163 p. [In Russian].
7. Kort V.G. On the problem of fluctuations in the level surface of the Ob bay. *Trudy Arkticheskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta*. Proc. of ANII. 1949, 13: 100–118. [In Russian].
8. Labzovskii N.A. *Neperiodicheskie kolebaniia urovnia moria*. Non-periodic fluctuations of the water level. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1971: 237 p. [In Russian].
9. Kopteva A.V. The level and course of the Ob bay. *Trudy Arkticheskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta*. Proc. of ANII. 1953, 59: 84–148. [In Russian].
10. Voinov G.N., Nalimov Iu.V., Piskun A.A., Stanovoi V.V., Usankina G.E. *Osnovnye cherty gidrologicheskogo rezhima Obskoi i Tazovskoi gub (led, urovni, struktura vod)*. The main features of the hydrological regime of the Ob and Taz bays (ice, levels, water structure). Ed. G.N. Voinov. St. Petersburg: Nestor-Istoriia, 2017: 192 p. [In Russian].
11. Voinov G.N. Harmonic analysis of sea tides by urgent observations of sea level. *Meteorologiya i gidrologiya*. Meteorology and Hydrology. 2009, 7: 79–91. [In Russian].
12. Voinov G.N. *Prilivnye yavleniia v Karskom more*. Tidal phenomena in the Kara Sea. St. Petersburg: Publishing House of the Russian Geographical Society, 1999: 109 p. [In Russian].
13. Voinov G.N., Piskun A.A. The estimation of the tides in the New Port (the Ob bay) on the sea level data for the period of 1977–2012. *Problemy Arktiki i Antarktiki*. Problems of Arctic and Antarctic. 2015, 3 (105): 51–65. [In Russian].
14. Stakhevich V.S. Data on tides at the mouths of the Yenisei and Ob rivers. *Zapiski po gidrografii*. Notes on hydrography. 1926, 51: 95–102. [In Russian].
15. *Gidrologicheskii ezhegodnik*. Hydrological Yearbook. V. 6. Issue 0–3 for 1965. Novosibirsk: West Siberian Department of Hydrometeorological Service, 1968: 478 p. [In Russian].
16. Piskun A.A. The state of the altitude base and the quality of data on water levels in the Ob-Taz estuary region. *Problemy Arktiki i Antarktiki*. Problems of Arctic and Antarctic. 2010, 3 (86): 97–113. [In Russian].
17. Golovanov O.F., Piskun A.A., Terekhova R.A. State of the high-altitude base of the hydrological network of the north of the Yamalo-Nenets autonomous okrug. *Rossiiskie poliarnye issledovaniia*. Russian Polar Investigations. 2012, 4 (10): 38–41. [In Russian].
18. *Nastavlenie gidrometeorologicheskim stantsiiam i postam*. Manual for hydrometeorological stations and posts. V. 6. Ch. III. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1958: 292 p. [In Russian].
19. Voinov G.N. Techniques of reduction of the hourly series of the sea level records to uniform series by means of calibration of the tidal signal. *Problemy Arktiki i Antarktiki*. Problems of Arctic and Antarctic. 2015, 2 (104): 68–80. [In Russian].
20. 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*. Problems of Arctic and Antarctic. 2017, 4 (114): 23–36. [In Russian].