

УДК 551.466.713

DOI: 10.30758/0555-2648-2019-65-1-15-33

ПРИЛИВНЫЕ И СТОНО-НАГОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В РАЙОНЕ М. КАМЕННЫЙ (ОБСКАЯ ГУБА)

Г.Н. ВОЙНОВ^{1,2*}, А.А. ПИСКУН²

¹ — ФГБУ Государственный океанографический институт, Санкт-Петербургское отделение, Россия

² — ГИЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия

voinovgn@mail.ru

TIDAL AND STORM SURGES LEVELS VARIATION AT THE CAPE KAMENNY (GULF OF THE OB)

G.N. VOINOV^{1,2*}, A.A. PISKUN²

¹ — St. Petersburg branch State Oceanographic Institute, St. Petersburg, Russia

² — State Scientific Center of the Russian Federation Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

voinovgn@mail.ru

Received March, 4, 2019

Accepted March, 25, 2019

Keywords: harmonic constants, M_2 tide, seasonal variation, statistical characteristics, tides.

Summary

Sea level observations obtained in various expeditions since 1936, as well as those made at the polar station on Cape Kamenny (the Ob Bay) from 1952 to 1994 were subjected to treatment and harmonic analysis using the least squares method (AARI version). The aim of the work was to assess the quality of hourly and 6-hourly intervals series of sea level data and to bring these data to uniform rows for the subsequent study of tidal and surge waves. As a result of this analysis, 6-hourly interval observations of 1952–1961 were considered of low quality and not suitable for further consideration in the work. Bringing 6-hourly interval observations for 1977–1994 to uniform rows was carried out first with the control of the height basis and binding to the Baltic system of heights, and then with the help of the tide calibration method the final cast was made. In the area of tidal fluctuations of the level, erroneous information about the tide, obtained during the treatment of observations for 1936, which were placed in the tide tables for 1941, was revealed. New average estimates of harmonic constants for the summer period were proposed. The study of surges of level is based on uniform series, as well as residual ones (observations minus predictions). At the same time, the tide calculation

Citation: Voinov G.N., Piskun A.A. Tidal and storm surges levels variation at the Cape Kamenny (Gulf of the Ob). *Problemy Arktiki i Antarktiki*. Arctic and Antarctic Research. 2019, 65, 1: 15–33. [In Russian]. doi: 10.30758/0555-2648-2019-65-1-15-33

(prediction) was made according to the program developed at AARI for the average monthly values of harmonic constants (12 sets of tides lists in the annual cycle) with the inclusion of long-period tides. Statistical quantitative characteristics of non-periodic level fluctuations were obtained for the total and residual series of observations. They are calculated on a unique hourly series for the years 1947–1948. And 6-hourly interval data for 1977–1994. For the estimation of surges, the level above 5 % of estimation was used, and the drifts were distinguished by the level below 95 % of estimation. Relationships are obtained between the duration and rate of growth of the level during surges, as well as the decline and rise of the level during drifts.

Поступила 4 марта 2019 г.

Принята к печати 25 марта 2019 г.

Ключевые слова: гармонические постоянные, прилив M_2 , приливы, сезонный ход, статистические характеристики.

Произведена ревизия всех исторических материалов ежечасных и срочных наблюдений за уровнем моря у м. Каменный. Получены средние (векторные) оценки гармонических постоянных приливов для 12 месяцев годового цикла. Данные срочных наблюдений за 1977–1994 гг. приведены к однородным рядам с помощью способа калибровки приливов. Рассмотрены непериодические колебания уровня по ежечасным наблюдениям 1947–1948 гг. и срочным наблюдениям 1977–1994 гг. По значениям остаточных уровней (наблюдения минус предвычисления) даны статистические характеристики сгонно-нагонных колебаний в районе м. Каменный.

ВВЕДЕНИЕ

В XXI в. начался новый этап развития Северного морского пути, связанный с освоением новых месторождений нефти и газа. На м. Каменный построен терминал «Ворота Арктики». Реализуется проект освоения месторождения «Каменномыское–море». В связи с этим возник запрос на гидрометеорологическое обеспечение судовождения, строительство инженерных сооружений в этом районе и разработки локальных технических условий. С 2015 г. в районе м. Каменный возобновились экспедиционные исследования и практически круглогодично (с 2016 г.) проводятся наблюдения за уровнем [1].

Изучение режима колебаний уровня моря и течений в Обской губе началось в середине XX в. в связи с необходимостью обеспечения безопасности плавания в мелководной Обской губе. Это также вызвано разработкой технического обоснования при строительстве портов и инженерных сооружений. В работах В.Г. Корга [2], Н.А. Лабзовского [3] были установлены типы барических условий над районом Обской губы, влияющие на развитие сгонно-нагонных колебаний уровня, исследована структура непериодических колебаний уровня арктических морей, найдены связи сгонно-нагонных колебаний с анемобарическим режимом, разработана методология прогноза суммарных колебаний уровня в арктических морях и предложены прогностические уравнения для расчета сгонно-нагонных колебаний уровня на ряде пунктов на трассе Северного морского пути, в том числе у м. Ям-Сале в Обской губе.

А.В. Коптева [4] выполнила обширное исследование непериодических колебаний уровня и течений Обской губы, а также приливных колебаний уровня и течений на более полном материале наблюдений, полученных на полярных станциях и собранных в экспедициях. В области приливных явлений она представила первые котидальные карты волны прилива M_2 для летнего и зимнего периодов. В этой работе даны разнообразные сведения и различные характеристики приливов. Впервые установлена сезонная изменчивость прилива под влиянием ледяного покрова.

Закономерности формирования и распространения приливов в целом в Северном Ледовитом океане и в Обской губе рассмотрены в работе Р.А. Диесперовой [5]. Выводы о приливах в этой работе были основаны практически на той же базе наблюдений, что и в работе [4]. Но более детально в [5] оценена сезонная изменчивость приливов. Для м. Каменный представлен график сезонного хода значений средних месячных амплитуд и фаз волны M_2 за 1947–1948 гг. Однако значения, обозначенные как средние месячные, были получены из обработки полумесячных серий наблюдений по методу Дарвина и не являются по существу средними за месяц.

Современное обобщение данных гидрологического режима Обской и Тазовской губ выполнено в монографии [6]. Монография представляет характеристики режима неперриодических и приливных колебаний уровня для периода 40–90-х гг. XX в.

В данной работе более детально на новом методическом уровне исследованы особенности режима приливных и сгонно-нагонных колебаний уровня воды в районе м. Каменный.

МАТЕРИАЛЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Полярная станция м. Каменный расположена вблизи района слияния Обской и Тазовской губ (рис. 1).

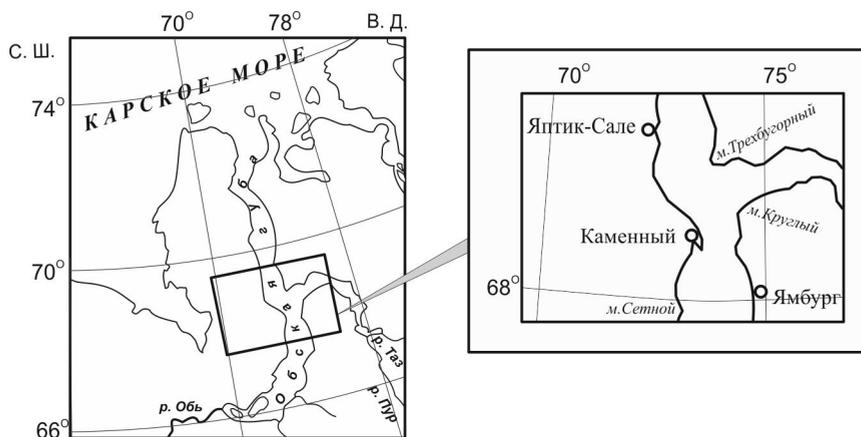


Рис. 1. Район расположения уровенного поста м. Каменный в Обской губе

Fig. 1. The area of the location of the level post Cape Kamenny in the Gulf of the Ob

Материалы наблюдений за уровнем в районе м. Каменный, использованных в данной работе, приведены в табл. 1. Стационарные уровенные наблюдения на посту мыс Каменный (68° 30' с.ш.; 73° 35' в.д.) начаты в 1952 г.

Стационарный пост полярной станции м. Каменный относится к свайному типу, имеет привязку к Балтийской системе высот. Летний уровенный пост представляет собой водомерную рейку, прикрепленную к борту затопленной баржи на расстоянии 20–25 м от береговой черты. При высоких уровнях воды и сильном волнении, когда подход к водомерной рейке становился невозможным, уровенные наблюдения производились по дополнительной водомерной рейке, укрепленной на свае в мелководной прибрежной зоне к востоку от берега. С образованием устойчивого припая наблюдения за уровнем воды производились по подвесной водомерной рейке,

Периоды наблюдений над уровнем воды в районе м. Каменный

Период наблюдений	Дискретность наблюдений; способ измерений
Июль–август 1936 г.	1 ч; рейка, сваи
Январь 1947 г.–январь 1949 г.	1 ч; СУМ
Апрель–май 1971 г.	1 ч; СУМ
Март–апрель 1972 г.	1 ч; СУМ
1952–1956 гг., 1959–1961 гг., 1977–1994 гг.	6 ч (срочные 4 срока в сутки); рейка, сваи

Примечание. СУМ — ежечасные наблюдения по мареографу.

установленной на расстоянии 650 м от берега к востоку-северо-востоку на участке с глубиной 3,5 м. В летний период положение водомерных реек очень неустойчиво. Штормовое волнение, особенно сильное в мелководной прибрежной части губы, подмывало рейки, а нередко и вообще разрушало уровенный пост.

В период с 1952 по 1976 г. наблюдения велись с большими внутригодовыми и межгодовыми перерывами. Как следствие, полностью не освещены наблюдениями 1957, 1958, 1962–1975 гг. С мая 1994 г. стационарные наблюдения на посту прекращены. До постройки причала (1977 г.) условия наблюдений были плохими из-за мелководья и частых осушек. Поэтому материалы наблюдений за 1952–1961 гг. прошли оценочный контроль, но в дальнейшем не использовались вследствие низкого качества. В материалах за 1977–1994 гг. количество пропусков составило около 3 % (без 1994 г.). Контроль качества наблюдений, выполненный с помощью гармонического анализа приливов по методу наименьших квадратов, показал большое количество сомнительных данных. Временной ход средних годовых оценок амплитуды и фазы волны M_2 на ст. м. Каменный по исходным наблюдениям за 1977–1994 гг. дан на рис. 2.

Как видно из кривых амплитуд и фаз по исходным наблюдениям (см. рис. 2), в ряде лет происходило резкое снижение амплитуды и фазы, которое не было связано с конкретными физическими условиями изменчивости состояния ледяного покрова. Причины такого положения обсуждались нами неоднократно [6, 7]. Количество

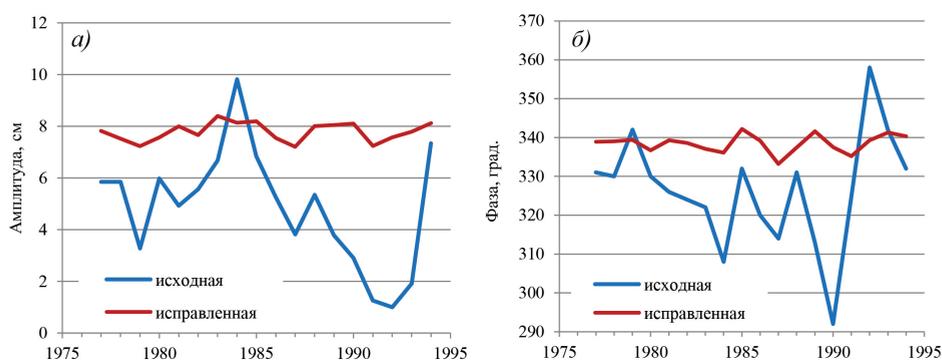


Рис. 2. Временной ход годовых оценок исходной и после калибровки (исправленной) амплитуды (а) и фазы (б) волны M_2 на станции м. Каменный за 1977–1994 гг.

Fig. 2. The time course of the annual estimates of the original and after calibration (corrected) amplitude (a) and phase (b) of the M_2 tide at the station of Cape Kamenny for 1977–1994

сомнительных наблюдений за весь период наблюдений по нашей оценке достигает 40 %. Конечно, использование первичных оценок гармонического анализа не может обеспечить устойчивые средние результаты ни в месячных, ни в годовых оценках. Также по неисправленным данным наблюдений мы получим недостоверные статистические характеристики.

МЕТОД АНАЛИЗА.

ПРИВЕДЕНИЕ СРОЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА 1977–1994 гг. К ОДНОРОДНЫМ РЯДАМ

Первой задачей приведения наблюдений к однородным рядам является установление точной привязки годовых серий к Балтийской системе высот. Отметка нуля поста претерпела уточнения по мере проведения нивелировочных работ. Но в ряде случаев была нарушена однородность ряда наблюдений, в связи с чем при использовании данных за многолетний период были введены определенные поправки к значениям уровней, полученным для перехода к единому нулю [6].

Способ калибровки [8] позволяет привести срочные наблюдения к однородным рядам, но для его применения необходимо иметь модель прилива. На первом этапе были обработаны гармоническим анализом по МНК все имеющиеся ежечасные серии с целью формирования оценок гармонических постоянных прилива на каждый месяц года. Затем была разработана программа предвычисления прилива на основе 12 наборов списков волн прилива (29 суточных, полусуточных и мелководных волн в каждом месяце). Причем в эти списки были включены долгопериодные приливы (7 волн — M_n , S_a , S_{sa} , S_{ia} , S_{qa} , M_m , M_f). В первом приближении считалось, что долгопериодные приливы не имеют сезонной изменчивости и остаются постоянными в течение года. На самом деле волны прилива M_m и M_f в небольшой степени меняются под влиянием ледяного покрова [6], но учет этой изменчивости не имеет практического значения вследствие небольших значений амплитуд этих приливов (около 1 см).

В случае аномальной сезонной изменчивости основных волн приливов значения амплитуд сложных (второстепенных) волн, описывающих их изменение в годовом цикле, возрастают до значений, соизмеримых с амплитудами основных волн. В этих условиях расчет прилива (предвычисление) по средним годовым оценкам не обеспечивает точного схождения гармонических постоянных по месяцам с полученными средними оценками сезонного хода на месяцы резкой изменчивости прилива (ноябрь–декабрь и февраль–май). Возникает эффект колебаний, тождественный явлению Гиббса в Фурье-анализе. Поэтому предвычисление по месячным наборам констант дает более точный результат, чем по годовому списку констант.

Результаты применения способа калибровки показаны на рис. 2, где видна многолетняя изменчивость констант волны M_2 по результатам анализа годовых серий, приведенных к однородным рядам.

Заметим, что применяемая авторами методология все же не учитывает особенности изменений ледовых и гидрологических условий, влияющих на распространение приливной волны. В расчете прилива заложена средняя сезонная изменчивость основных волн прилива. При этом максимальная величина прилива наблюдается в августе. Однако редко, но отмечаются случаи, когда максимум прилива наблюдается в июле. Это происходит в годы с аномальными наступлениями сроков взлома припая или его становления, а также неординарного прохождения половодья. Вид кривой прилива в такие годы будет отличаться от описываемого по средним месячным значениям. Но для учета подобных особенностей необходимы дополнительные наблюдения.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ПРИЛИВНЫХ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ

Первые сведения о приливах Обской губы были получены в работе [9] по материалам экспедиционных наблюдений по 1936 г. Повторная обработка ежечасных наблюдений за уровнем за 1936 г., выполненная авторами, показала, что на самом деле измерения выполнялись по пятому, а не шестому поясу (пятый пояс плюс декретный час), как указано в этой работе. При этом была допущена ошибка в 180° при выводе углов положений суточных волн K_1 и O_1 . Эти данные были опубликованы для м. Каменный в Таблицах приливов [10]. Они же содержатся в сводной таблице сведений о приливах Карского моря без критической оценки этих неверных сведений [11]. В этой работе А.В. Коптева привела также оценки обработки по методу Дарвина ежечасных месячных серий за август и май 1947 г. на м. Каменный.

В табл. 2 приведены новые оценки гармонических постоянных прилива за август. Оценки рассчитаны по результатам анализа ежечасных месячных серий за 1936, 1947, 1948 гг.

Таблица 2

Средние (векторные) значения гармонических постоянных волн прилива на м. Каменный за август (H — амплитуда, см; g — угол положения, град.)

Волна	Угловая скорость, град/ч	Амплитуда H , см	\pm с.к.о.	Угол положения g , град.	\pm с.к.о.
Q_1	13,398661	1,24	1,09	178	50
O_1	13,943035	1,49	0,92	267	35
M_1	14,492052	0,17	0,13	304	25
P_1	14,958931	1,03	0,24	90	13
K_1	15,041068	3,12	0,73	90	13
J_1	15,585443	0,48	0,48	355	45
MNS_2	27,423834	0,57	0,36	296	29
μ_2	27,968208	0,95	0,90	12	27
N_2	28,439729	2,67	0,33	287	7
v_2	28,512583	0,51	0,06	287	7
M_2	28,984104	19,56	1,46	312	4
L_2	29,528479	1,14	0,46	272	23
T_2	29,958933	0,38	0,04	37	6
S_2	30,000000	6,55	0,71	37	6
K_2	30,041067	1,78	0,19	37	6
$2SM_2$	31,015896	1,05	0,72	320	62
MO_3	42,927140	0,33	0,20	112	34
M_3	43,476156	0,23	0,16	185	22
MK_3	44,025173	0,41	0,15	278	20
MN_4	57,423834	0,99	0,24	137	14
M_4	57,968208	2,58	0,40	171	9
MS_4	58,984104	1,98	0,22	283	10
S_4	60,000000	0,78	0,24	107	18
M_6	86,952313	0,68	0,19	22	15
$2MS_6$	87,968208	0,66	0,24	114	21
$2SM_6$	88,984104	0,24	0,21	316	50
M_8	115,936417	0,19	0,09	277	26

Примечание. Приведены волны с амплитудой, превышающей среднее квадратическое отклонение в данной частотной полосе прилива. Волны P_1 , K_2 , N_2 даны во втором приближении по известным теоретическим соотношениям. Углы положений приведены к нулевому поясу.

По исправленным рядам были рассчитаны заново средние месячные значения констант основных волн прилива. Они несколько различаются с приведенными в работе [6] вследствие измененной методики расчета. В табл. 3 даны константы для волны M_2 в годовом цикле и их сезонный ход.

Таблица 3

Оценки средних векторных значений амплитуд (H) и фаз (g) волны M_2 (в нулевом поясе) и их сезонный ход на м. Каменный за период 1977–1994 гг.

Месяц	Средние оценки		Сезонный ход	
	H , см	g , град	dH , %	dg , град
I	5,40	5	-30,3	26,4
II	5,66	14	-27,0	35,2
III	3,89	30	-49,7	51,5
IV	3,88	34	-50,0	55,6
V	4,15	34	-46,5	55,4
VI	6,71	354	-13,4	15,2
VII	12,92	333	66,8	-5,3
VIII	19,30	313	149,1	-25,3
IX	16,61	316	114,3	-22,5
X	14,49	320	87,0	-18,3
XI	5,32	352	-31,3	13,0
XII	5,82	359	-24,8	20,5

Из данных табл. 3 следует, что наибольшее гашение прилива ледяным покровом в среднем наблюдается в апреле, а максимальное развитие прилива происходит в августе. Сезонный ход амплитуды и фазы волн полусуточных приливов S_2 и N_2 в общих чертах соответствует таковому у волны M_2 . Меньшее соответствие присутствует в сезонном ходе волн K_1 и O_1 . Причиной такого расхождения может быть большой разброс в средних месячных значениях, обусловленный малыми величинами этих приливов. В этих условиях для надежных оценок требуются более продолжительные ряды наблюдений.

В табл. 4 приведены значения характера прилива, величин отношения амплитуд волн S_2/M_2 и волн M_4/M_2 для лета (август) и зимы (апрель) в пункте м. Каменный.

Согласно полученным нами в целом данным, прилив в районе м. Каменный носит правильный полусуточный характер в течение всего годового цикла (критерий Куртье равен 0,18–0,25). В качестве критерия характера (формы) прилива использован критерий Куртье, так как критерий Дуванина в силу неполноты (нет волны S_2) для наших данных дает в ряде случаев неверные определения формы прилива.

Возраст полусуточного прилива составляет 3,5 сут. Так как возраст суточного прилива достигает 6–7 дней, то тропические приливы соответственно будут запаздывать на это значение от соответствующих астрономических моментов склонений Луны.

Таблица 4

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 пункте м. Каменный

$(H_{K_1} + H_{O_1}) / (H_{M_2} + H_{S_2})^*$		H_{S_2} / H_{M_2}		H_{M_4} / H_{M_2}	
Август	Апрель	Август	Апрель	Август	Апрель
0,177	0,248	0,335	0,363	0,132	0,08

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

По существу 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.

Во временном ходе приливных колебаний уровня наиболее выражено фазовое неравенство приливов. Величина отношения амплитуд волн H_{S_2}/H_{M_2} , отвечающая за ход фазового неравенства прилива (цикл сизигия — квадратура), несколько меняется между летним и зимним периодами, но это не приводит к изменению характера прилива.

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

Наконец, величина отношения мелководных волн H_{M_4}/H_{M_2} демонстрирует поведение кривой прилива и отвечает за продолжительность времени падения и времени роста прилива. Наиболее выражены мелководные волны в летний период, где их величина для основных волн M_4 и M_{S_4} достигает около 3 см (табл. 2). В зимний период наблюдается очень сильное гашение амплитуд мелководных волн, и их амплитуда для отдельной волны не превышает 0,3 см. Такое поведение отражается на значениях критерия H_{M_4}/H_{M_2} (табл. 4), который в зимний период более чем на порядок меньше, чем в летний период. Мелководный прилив с периодом 4 ч не играет заметной роли в описании кривой прилива, так как по величине волна M_6 даже в летний период не превышает 0,7 см. В зимний период его амплитуда падает в разы и он практически полностью затухает.

Приведенные выше характеристики приливов были получены в основном на данных стационарного поста за период 70–90 гг. XX в. Изменчивость приливов в зависимости от ледяного покрова отражала влияние средних ледовых условий за указанный период. В последнее десятилетие произошли существенные изменения в развитии ледовых процессов в Обской губе, связанные как с глобальными климатическими изменениями, так и, по-видимому, с техногенными причинами [1, 6].

Наблюдения за приливами, выполненные на Салмановском участке (акватория южнее пункта Тадибеяха) и у м. Каменный в зимний период 2015–2016 гг. в экспедиции ААНИИ, показали отличное от нормального влияние ледяного покрова на сезонную изменчивость приливной волны и, как следствие, на сезонный ход волны M_2 . Уменьшение амплитуды волны и замедление фазы по отношению к летнему периоду произошло к апрелю 2016 г. в значительно меньшей степени, чем в норме. Такое необычное поведение прилива на м. Каменный было вызвано, как мы считаем, аномальным развитием заприпайной полыньи. В зимний период 2017–2018 гг. наблюдался промежуточный между стандартным и легким вид распространения прилива. Заприпайная полынья занимала в этот период также аномальное положение. В связи с этими новыми сценариями расчет кривой прилива производится по специальной схеме, отличной от стандартного способа расчета.

СГОННО-НАГОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ

Как было показано в работах В.Г. Корта [2], Н.А. Лабзовского [3], нагоны в Обской губе вызываются циклонами, центр которых располагается к востоку от губы, или антициклонами с центром к западу от нее. Сгон формируется циклонами с центрами, располагающимися к западу от губы, или антициклонами с центрами к востоку от нее. Переход от сгона к нагону или от нагона к сгону обычно обуслав-

ливается переходом центра того или иного барического образования через меридиан Обской губы. Таким образом, нагоны в Обской губе вызываются ветрами северного и северо-восточного направлений, сгоны — южного и юго-западного. В Тазовской губе нагоны формируются ветрами западного и северо-западного направлений, а в южной ее части — северных румбов.

Для анализа сгонов–нагонов в данной работе использовались данные ежечасных экспедиционных наблюдений за 1947–1949 гг., а также срочных стационарных за 1977–1994 гг., приведенных к однородным рядам.

Вначале остановимся на выводах, полученных Северной проектно-изыскательской экспедицией (СПИЭ) по наблюдениям 1947–1949 гг. [4]. Эти выводы показывают, что наибольшие сгоны наблюдались в осенний период, когда над акваторией губы преобладали сильные и продолжительные ветры южной четверти. За период работы экспедиции самые низкие уровни при сгонах наблюдались в ноябре 1947 г. (на 150 см ниже среднемесячного) и октябре 1948 г. (на 152 см ниже среднемесячного).

Наибольшая продолжительность стояния уровня ниже нуля изысканий для одного случая в безледный период составила 145 часов. Низший наблюдаемый уровень безледного периода 23.10.1948 г. (–140 см) держался четыре часа. Отметим, что остаточный (практически сгонно-нагонный) уровень в этот период, вычисленный авторами, изменялся от –132 до –130 см, а приливная составляющая принимала значения от –6,58 до 11,63 см. Размах колебаний остаточного уровня за весь период ежечасных наблюдений 1947–1949 гг. составил 319,4 см, суммарного — 342 см.

Наибольшая длительность одного случая стояния уровня ниже нуля изысканий в период ледостава составила 323 ч. Низший сгонный уровень (–182 см) при ледоставе 16.11.1947 г. держался 1 час. При этом рассчитанная авторами приливная составляющая на этот час составила 2,16 см, остаточный уровень равен –184 см.

Нагонные уровни в 1947–1948 гг. наблюдались при продолжительном ветре северной четверти. Самый высокий подъем уровня составил 160 см над нулем изысканий. Он наблюдался в августе 1948 г.

Перейдем к анализу данных стационарных наблюдений. По откорректированным рядам за 1977–1994 гг. рассчитана обеспеченность остаточных уровней. По кривой обеспеченности остаточных уровней получены значения уровня 5- и 95-процентной обеспеченности, которые, по аналогии, принятой при обработке данных за 1947–1949 гг., использовались для выделения наиболее существенных нагонов и сгонов. При этом учитывались нагоны, при которых остаточный уровень превышал уровень 5-процентной обеспеченности (528 см над нулем поста). Для характеристики сгонов учитывались остаточные уровни ниже 95-процентной обеспеченности (439 см). Использование уровней заданной обеспеченности в качестве отсчетных критериев для сгонов–нагонов позволяет получить сравнимые характеристики непериодических колебаний по многолетнему однородному ряду остаточного уровня. Тогда как применение для этих целей среднемесячных значений дает характеристики относительно меняющейся ежемесячно величины уровня. Как видно из табл. 5 и табл. 6, в некоторых случаях отмечается ситуация, когда по превышению над среднемесячным (фоновым) уровнем нагон можно отнести к существенному, но из-за низкого фонового уровня он едва превышает уровень 5-процентной обеспеченности.

Наряду с превышением уровня над 5- и 95-процентной обеспеченностью абсолютной характеристикой сгона или нагона является и непосредственно значение

экстремального уровня (табл. 5, табл. 6). В этих же таблицах для сравнения приведены сведения о сгонно-нагонных колебаниях уровня относительно среднемесячных значений.

В отдельных работах в качестве отсчетного горизонта сгонов и нагонов обоснованно используется линия тренда [12]. В данной работе этот подход оказался нецелесообразным, поскольку относительно общей линии тренда за весь период нагоны и сгоны проявлялись в виде затяжных явлений, намного превышающих синоптические масштабы и включающих в одном явлении множество отдельных сгонов или нагонов.

Таблица 5

Характеристики наибольших за год нагонов по срочным наблюдениям на посту м. Каменный по ряду остаточных уровней за 1977–1994 гг.

Год	Выборки по максимальному за год нагонному уровню ($H_{\text{макс}}$)					Выборки по наибольшей за год продолжительности нагона		
	Число нагонов выше $H_{5\%}$	$H_{\text{макс}}$, см	τ нагона над $H_{5\%}$, сут.	$\Delta H_{5\%}$, см	Превышение $H_{\text{макс}}$ над $H_{\text{срмес}}$, см	$\tau_{\text{макс}}$ нагона над $H_{5\%}$, сут.	Превышение $H_{\text{макс}}$ над $H_{5\%}$, см	$\tau_{\text{макс}}$ нагона над $H_{\text{срмес}}$, сут.
1977	11	559,6	1,75	31,6	72,6	8,0	23,8	15,75
1978	5	607,5	3,0	79,5	94,5	3,0	79,5	18,25
1979	5	578,1	61,8	50,1	31,1	61,8	50,1	22,5
1980	7	634,3	3,75	106,3	131,3	3,75	106,3	6,0
1981	4	551,0	14,5	23,0	31,0	14,5	23,0	34,25
1982	9	576,1	2,0	48,1	78,1	11,5	10,8	41,25
1983	6	548,9	1,5	20,9	47,9	5,0	16,1	20,25
1984	5	536,9	1,0	8,9	60,9	1,0	8,9	16,0
1985	6	628,5	3,0	100,5	131,5	3,0	100,5	12,75
1986	0	*	*	*	*	*	*	*
1987	10	631,2	10,75	103,2	101,2	10,75	103,2	10,75
1988	12	595,7	6,25	67,7	77,7	15,75	13,1	15,75
1989	12	567,8	1,5	39,8	74,8	4,0	19,9	9,5
1990	7	545,0	2,75	17,0	36,0	3,5	5,6	7,25
1991	2	542,4	16,25	14,4	20,4	16,25	14,4	21,0
1992	10	549,6	3,75	21,6	35,6	9,5	12,9	21,5
1993	2	533,5	1,0	5,5	36,5	1,0	5,5	14,5
1994**	0	*	*	*	*	*	*	*
Среднее	6,3	574,1	8,4	46,1	66,3	10,8	37,1	18,0
Максимум	12	634,3	61,8	106,3	131,5	61,8	106,3	41,25
Минимум*	2	533,5	1,0	5,5	20,4	1,0	5,5	6,0

Примечания. $H_{\text{макс}}$ — максимальный остаточный уровень; $H_{5\%}$ — остаточный уровень 5-процентной обеспеченности, равный 528 см; $\Delta H_{5\%}$ — превышение остаточного максимального уровня над уровнем 5-процентной обеспеченности; $H_{\text{срмес}}$ — среднемесячный остаточный уровень; τ — продолжительность; $\tau_{\text{макс}}$ — наибольшая продолжительность; * — нагоны выше 5-процентной обеспеченности отсутствовали; ** — кроме 1986 и 1994 гг.; *** — за период 01.01 – 15.05.1994 г.

Таблица 6

**Характеристики наибольших за год сгонов по срочным наблюдениям
на посту м. Каменный по остаточному ряду уровней за 1977—1994 гг.**

Год	Выборки по минимальному за год сгонному уровню ($H_{\text{мин}}$)					Выборки по наибольшей за год продолжительности сгона		
	Число сгонов ниже $H_{95\%}$	$H_{\text{мин}}$, см	τ ниже $H_{95\%}$, сут.	$\Delta H_{95\%}$, см	Превышение $H_{\text{мин}}$ от $H_{\text{срмес}}$, см	$\tau_{\text{макс}}$ сгона от $H_{95\%}$, сут.	Превышение $H_{\text{мин}}$ от $H_{95\%}$, см	$\tau_{\text{макс}}$ сгона от $H_{\text{срмес}}$, сут.
1977	3	418,3	0,75	-20,7	-56,7	9,75	-12,9	25,25
1978	3	381,7	2,75	-57,3	-93,3	2,75	-57,3	4,75
1979	7	422,0	1,50	-17,0	-58,0	1,50	-17,0	7,00
1980	1	408,1	1,25	-30,9	-62,9	1,25	-30,9	5,50
1981	7	384,7	14,0	-54,3	-79,3	14,0	-54,3	14,25
1982	2	421,2	1,25	-17,8	-51,8	1,25	-17,8	8,75
1983	11	388,4	1,50	-50,6	-97,6	4,00	-44,1	10,25
1984	10	412,3	2,25	-26,7	-45,7	2,25	-26,7	11,25
1985	10	369,0	5,75	-70,0	-76,0	5,75	-70,0	13,50
1986	28	366,8	4,50	-72,2	-87,2	11,0	-19,7	12,25
1987	12	406,3	11,5	-32,7	-36,7	11,5	-32,7	23,50
1988	0	*	*	*	*	*	*	*
1989	1	438,3	0,15	-0,70	-54,7	0,15	-0,70	10,25
1990	11	389,0	11,0	-50,0	-44,0	11,0	-50,0	27,0
1991	4	412,5	10,0	-26,5	-29,5	10,0	-26,5	10,0
1992	3	387,7	6,50	-51,3	-82,3	35,75	-50,8	36,5
1993	9	401,2	1,25	-37,8	-56,8	5,25	-25,3	9,00
1994***	0	*	*	*	*	*	*	*
Среднее	7	400,5	4,74	-38,5	-63,3	7,9	-33,5	14,31
Максимум	28	438,3	14,0	-0,70	-29,5	35,75	-0,70	36,5
Минимум	1**	366,8	0,15	-72,2	-97,6	0,15	-70,0	4,75

Примечание. $H_{\text{мин}}$ — минимальный остаточный уровень; $H_{95\%}$ — остаточный уровень 95-процентной обеспеченности, равный 439 см; $\Delta H_{95\%}$ — превышение остаточного минимального уровня над уровнем 95-процентной обеспеченности; * — сгоны ниже уровня 95-процентной обеспеченности отсутствовали; ** — кроме 1988 и 1994 гг.; *** — за период 01.01–15.05.1994 г.

Как видно из табл. 5, количество нагонов, превышающих уровень 5-процентной обеспеченности, изменялось от нулевого значения (1986 г.) до 12 случаев за год (1988, 1989 гг.). Максимальный за год уровень при нагоне изменялся от 533,5 (1993 г.) до 634,3 см над нулем поста (1980 г.). При этом в случае 1980 г. превышение над уровнем 5-процентной обеспеченности оказалось равным 106,3 см, над среднемесячным уровнем 131,3 см. В случае 1993 г. превышение над уровнем 5-процентной обеспеченности составило 5,5 см, над среднемесячным 36,5 см. Примером ситуации, когда по превышению над среднемесячным (фоновым) уровнем нагон можно от-

нести к существенному, служит также 1984 г., но при этом уровень всего на 8,9 см превышает уровень 5-процентной обеспеченности.

Наиболее продолжительным нагоном над уровнем 5-процентной обеспеченности был нагон 1979 г. (61,8 сут.), при котором превышение максимального уровня над уровнем 5-процентной обеспеченности составило 50,1 см, а остаточный уровень достиг значения 578,1 см. Для сравнения отметим, что по наибольшей продолжительности нагона за год над среднемесячным был нагон 1982 г. (41,25 сут.), при котором остаточный уровень достиг значения 538,8 см. Этот же нагон относительно уровня 5-процентной обеспеченности продолжался 11,5 сут.

Как следует из табл. 6, количество сгонов ниже уровня 95-процентной обеспеченности составило 28 случаев (1986 г.) при нулевом значении в 1988 г. Самый низкий остаточный уровень (366,8 см) наблюдался при сгоне 1986 г. Продолжительность этого сгона относительно уровня 95-процентной обеспеченности достигла 4,5 сут. Наиболее продолжительный сгон относится к 1992 г. (35,75 сут.). Превышение максимального уровня при этом сгоне над уровнем 95-процентной обеспеченности составило -50,8 см.

Как видно из табл. 5 и табл. 6, в большинстве случаев характеристики представленных нагонов и сгонов совпадают для выборок как по экстремальному за год превышению над уровнем заданной обеспеченности для данного явления, так и по наибольшей за год его продолжительности. Для лет, в которые эта закономерность не соблюдается (1977, 1982, 1983, 1988–1990, 1992 гг.), характерно естественное соотношение: наибольшей продолжительности явления отвечает превышение экстремального уровня, меньшее по абсолютной величине, чем аналогичная характеристика, найденная при выборке по максимальному нагонному (сгонному) уровню.

На рис. 3 показано распределение по месяцам количества нагонов выше уровня 5-процентной обеспеченности и сгонов ниже уровня 95-процентной обеспеченности, определенное по остаточным рядам за период 1977–1994 г.

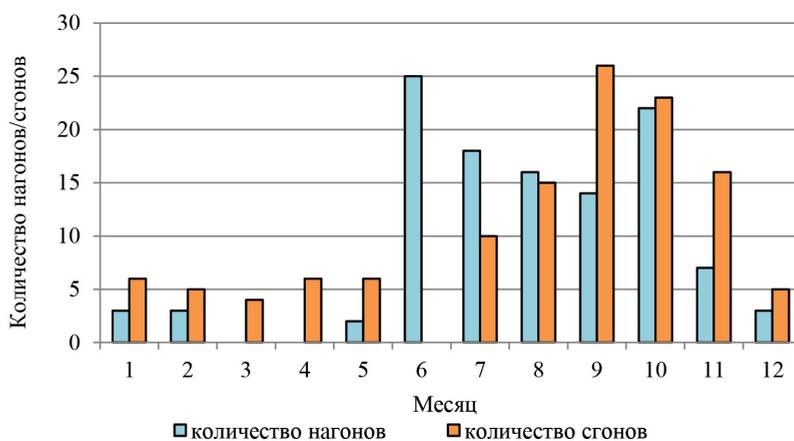


Рис. 3. Распределение по месяцам нагонов выше уровня 5-процентной обеспеченности и сгонов ниже 95-процентной обеспеченности на посту м. Каменный за 1977–1994 гг.

Fig. 3. Monthly distribution of surges above the level of 5 % probability and ranges of below 95 % probability at the station of Cape Kamenny for 1977–1994

Из рис. 3 видно, что за указанный период наблюдений чаще всего нагоны приходятся на период с июня по ноябрь, сгоны — с июля по ноябрь. Наибольшее количество нагонов отмечено в июне, сгонов — в сентябре.

Самый высокий нагон с максимальным за год остаточным уровнем (634,3 см над нулем поста) приурочен к периоду чистой воды (07–12.09.1980 г.). Самый сильный сгон с остаточным уровнем 366,8 см, отмеченный в период 23–28 октября 1986 г., проходил при наличии припая.

Размах колебаний остаточного уровня за период срочных наблюдений 1977–1994 гг. составил 267,5 см.

Отмеченные по данным табл. 5 и табл. 6 закономерности относятся только к экстремальным за каждый год нагонам и сгонам. Учет не только экстремальных, но всех нагонов и сгонов относительно уровней заданной обеспеченности 5 и 95 % на основе обработки всего массива остаточных уровней позволил получить связи продолжительности и скорости роста и спада уровня при нагонах, а также спада и подъема уровня при сгонах (рис. 4).

Рис. 4 в общих чертах отражает закономерность, характерную и для некоторых других гидрометеорологических явлений: продолжительность явления находится в обратной зависимости от интенсивности, что в данном случае свойственно как для нагонов, так и сгонов. Так, наибольшей скорости роста уровня при нагоне, равной 134 см/сут., соответствует продолжительность нагона над уровнем 5-процентной

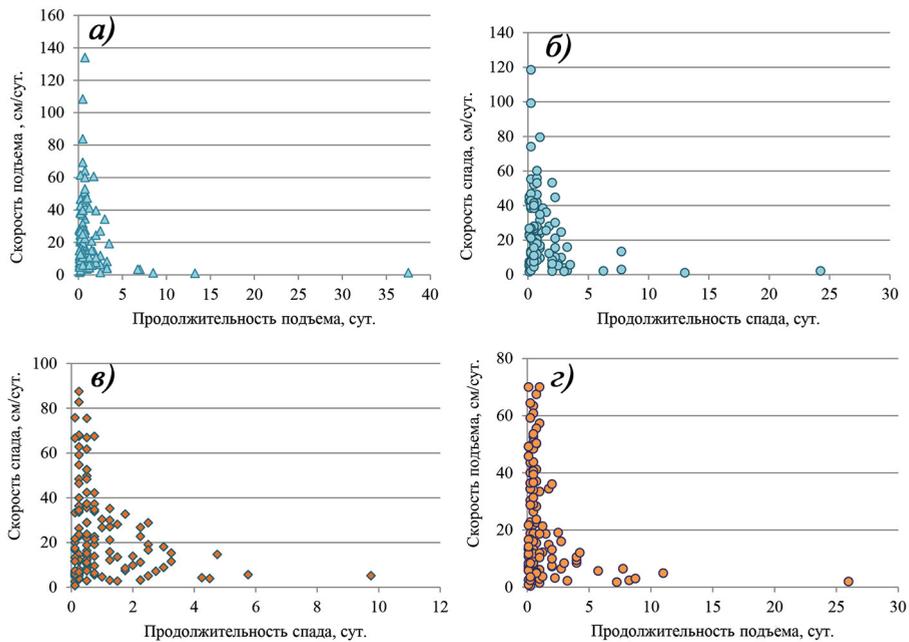


Рис. 4. Связь продолжительности и скорости подъема (а) и спада (б) уровня при нагонах, спада (в) и подъема (г) при сгонах для поста м. Каменный по данным срочных наблюдений 1977–1994 гг.

Fig. 4. 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 observation station of Cape Kamenny according to urgent observations of 1977–1994

обеспеченности 0,75 сут. Наибольшей же продолжительности роста нагонного уровня (37,5 сут.) соответствует скорость 1,34 см/сут.

На спаде нагона наибольшая скорость снижения уровня (118,4 см/сут.) отмечена при продолжительности этой фазы 0,25 сут. Наибольшей продолжительности снижения нагонного уровня (24,25 сут.) соответствует скорость 2,07 см/сут.

Спад уровня при сгоне происходил с наибольшей скоростью 87,6 см/сут., подъем от минимального уровня до уровня 95-процентной обеспеченности — со скоростью 0,12 см/сут. Соответствующие этим скоростям продолжительности спада и подъема сгонного уровня составили 9,75 и 26,0 сут.

Подчеркнем, что приведенные характеристики сгонов и нагонов за 1977–1994 гг. получены по срочным наблюдениям. Следует иметь в виду, что наибольшие расхождения между ежечасными и срочными суммарными экстремальными уровнями на стационарных постах Обской и Тазовской губ (Ямсальский бар, Новый Порт, Сеяха, Тамбей, Дровяная, Антипаюта) достигают 32–78 см [13]. Расчеты для поста м. Каменный на материалах ежечасных экспедиционных наблюдений за 1936, 1947, 1948, 1971, 1972 гг. показали, что наибольшая разница между ежечасными и срочными данными для максимальных суммарных уровней составляет 38 см (ноябрь 1947 г.), для минимальных –34 см (октябрь 1947 г.).

Наибольшая дисперсия выборки остаточного уровня в период 1977–1994 гг., а также значение наивысшего максимального уровня приходится на безледный период (близко к его окончанию), как и внутрисезонный размах колебаний по сравнению с другими сезонами (табл. 7).

Остановимся на результатах, полученных нами по ежечасным наблюдениям 1947–1948 гг. Для этого периода наибольший внутримесячный размах колебаний остаточного уровня отмечен в ноябре 1947 г. и октябре 1948 г. Стандартная ошибка для ряда остаточных уровней за 1947–1948 гг. составила 0,455, среднеквадратичное отклонение равно 39. Сравнение характеристик сгонно-нагонных уровней показывает, что данные наблюдений 1947 г. охватывают наиболее экстремальные непериодические колебания за весь период наблюдений на посту м. Каменный.

Таблица 7

Статистические характеристики остаточных уровней на посту м. Каменный по срочным наблюдениям за 1977–1994 гг.

Характеристика	Весь ряд за 1977–1994 гг.	Переходный период весны	Период без льда	Переходный период осени	Ледостав
Среднее	483,7	504,4	481,8	479,6	482,6
Стандартная ошибка	0,172	0,596	0,441	1,043	0,182
Стандартное отклонение	27,4	23,6	34,2	33,4	23,6
Дисперсия выборки	752,7	555,3	1167,6	1117,6	557,2
Минимум	366,8	428,1	369	394,9	366,8
Максимум	634,3	576,9	634,3	626,4	582,2
Размах	267,5	148,8	265,3	231,5	215,4
Количество наблюдений	25376	1564	6000	1028	16784

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

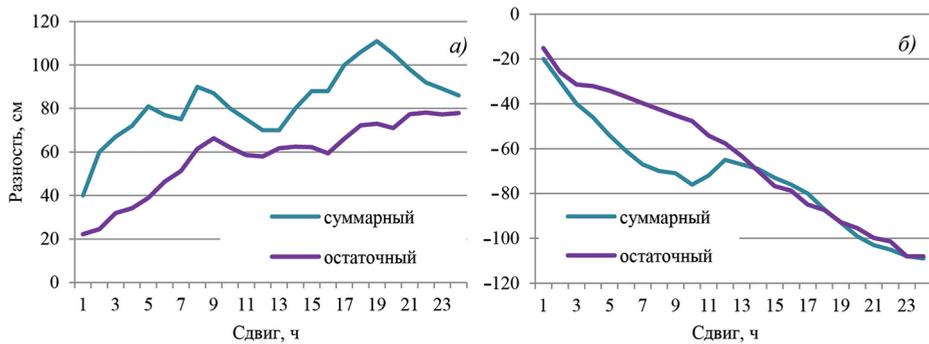


Рис. 5. Наибольшие положительные (а) и отрицательные (б) разности для суммарного и остаточного уровня при временном интервале разности от 1 до 24 ч по ежечасным данным за 1947–1948 гг.

Fig. 5. The largest positive (a) and negative (b) differences for the total and residual levels during the time shift of the series from 1 to 24 hours according to hourly data for 1947–1948.

Изменчивость ежечасных суммарных и остаточных уровней на посту м. Каменный за 1947–1948 гг. характеризует также рис. 5. Из него видно, что наибольшие по абсолютной величине разности уровней из всего ряда, даже при временном сдвиге 1 ч, достигают существенных значений. При этом наибольшая положительная разность для суммарного уровня оказалась 40 см, что почти в два раза выше, чем для остаточного (22,2 см). Наибольшая отрицательная разность для суммарного уровня составила 20 см, остаточного 15,2 см. Указанные наибольшие величины межчасовой изменчивости уровня относятся к событиям редкой повторяемости (табл. 8) и приурочены к ситуациям наибольшего развития стонно-нагонных колебаний, которые наиболее трудно поддаются прогнозированию [1].

В подавляющем большинстве случаев разности ежечасных уровней при временном интервале 1 ч находятся в интервалах от $-4,99$ до 5 см. С увеличением интервала разности от 2 до 9 ч наибольшая повторяемость разностей суммарного и остаточного уровня существенно снижается по величине за счет увеличения повторяемости более высоких абсолютных значений разностей. При всех рассмотренных интервалах разности уровней общий диапазон повторяемости разностей суммарного уровня шире, чем остаточного (см. табл. 8).

Таблица 8

Повторяемость (%) разностей суммарного (ряд 1) и остаточного (ряд 2) уровня при временном интервале разности, равном 1, 3, 6 и 9 ч по наблюдениям 1947–1948 гг.

Интервал значений разностей	Сдвиг 1 ч		Сдвиг 3 ч		Сдвиг 6 ч		Сдвиг 9 ч	
	Ряд 1	Ряд 2						
-79,99...-75	0	0	0	0	0	0	0,00	0
-74,99...-70	0	0	0	0	0	0	0,03	0
-69,99...-65	0	0	0	0	0	0	0,01	0
-64,99...-60	0	0	0	0	0,01	0	0,11	0
-59,99...-55	0	0	0	0	0,22	0	0,29	0
-54,99...-50	0	0	0	0	0,58	0	0,65	0
-49,99...-45	0	0	0	0	0,96	0	0,99	0,04

Интервал значений разностей	Сдвиг 1 ч		Сдвиг 3 ч		Сдвиг 6 ч		Сдвиг 9 ч	
	Ряд 1	Ряд 2						
-44,99...-40	0	0	0,01	0	1,87	0,00	1,24	0,10
-39,99...-35	0	0	0,12	0	2,44	0,01	1,89	0,33
-34,99...-30	0	0	0,97	0,01	2,78	0,16	2,18	0,44
-29,99...-25	0	0	2,69	0,033	3,22	0,40	2,27	0,86
-24,99...-20	0,03	0	4,54	0,22	3,47	1,08	2,92	1,54
-19,99...-15	0,40	0,01	5,97	0,74	3,58	1,88	3,29	2,29
-14,99...-10	3,43	0,38	7,33	2,63	6,30	4,29	6,31	5,62
-9,99...-5	13,84	3,68	12,40	9,51	12,22	11,09	10,98	11,68
-4,99...0	46,33	46,24	23,60	37,52	14,74	31,49	16,05	26,84
0,01...5	23,94	45,84	15,88	36,03	13,10	30,66	16,39	27,68
5,01...10	6,63	3,37	9,55	9,71	10,18	10,81	11,81	11,53
10,01...15	3,01	0,38	4,80	2,36	6,43	4,50	6,65	4,84
15,01...20	1,56	0,08	3,46	0,90	3,76	2,00	4,97	2,63
20,01...25	0,56	0,01	2,57	0,23	3,12	1,02	3,46	1,79
25,01...30	0,21	0	1,99	0,01	3,04	0,33	2,60	0,91
30,01...35	0,04	0	1,15	0,01	2,20	0,18	2,04	0,49
35,01...40	0,01	0	1,26	0	2,02	0,07	1,36	0,23
40,01...45	0	0	0,78	0	1,45	0,01	0,73	0,10
45,01...50	0	0	0,47	0	1,07	0,01	0,41	0,01
50,01...55	0	0	0,30	0	0,62	0	0,18	0,03
55,01...60	0	0	0,10	0	0,40	0	0,08	0,01
60,01...65	0	0	0,03	0	0,12	0	0,03	0,00
65,01...70	0	0	0,01	0	0,04	0	0,03	0,01
70,01...75	0	0	0	0	0,01	0	0,01	0
75,01...80	0	0	0	0	0,03	0	0,01	0
80,01...85	0	0	0	0	0	0	0,00	0
85,01...90	0	0	0	0	0	0	0,01	0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка качества срочных наблюдений (4 срока в сутки) за уровнем моря за весь период наблюдений с 1952 по 1994 г., выполненная с помощью контроля высотной основы и способа калибровки приливов, выявила несколько сбоев (ошибок) высотной основы и большое количество сомнительных наблюдений, в особенности после 1986 г. Обнаружено, что срочные наблюдения, произведенные в 1950–1961 гг. (до постройки причала), не могут быть рекомендованы для использования в научных исследованиях вследствие низкого качества этих данных. В наблюдениях за период 1977–1994 гг. количество сомнительных измерений составляет около 40 %, но с помощью способа калибровки приливов наблюдения были приведены к однородным рядам.

В ежечасных сериях наблюдений за уровнем моря, как правило, полученных с помощью самописцев типа СУМ, качество наблюдений выше на порядок. Но при обработке этих данных за 1936 г. по старой методологии были получены неверные сведения о приливах, помещенные в Таблицы приливов за 1941 г. [9, 10]. Эти же

сведения без критической оценки помещены в справочное издание [11]. В настоящей работе приведены средние векторные значения гармонических постоянных прилива на м. Каменный для летнего периода (август). Этими константами можно пользоваться для расчета прилива на весь безледовый период (с июля по октябрь), так как изменчивость констант прилива на весь летний период не существенна. Для ледового периода разработаны списки средних констант прилива на каждый месяц, которые здесь не приведены. Проблема заключается в том, что в последние годы вследствие аномального развития заприпайной полыньи на севере Обской губы происходит необычное распространение приливной волны. Выполненные исследования позволили выявить два новых типа развития прилива в зимний период с декабря по июнь, которые отличаются от стандартного влияния ледяного покрова на приливную волну, приведенную в [11].

Проведенный анализ опубликованных и архивных материалов по уровням стационарных и экспедиционных наблюдений позволил впервые получить детальные характеристики периодических и непериодических колебаний уровня в районе м. Каменный.

Полученные количественные оценки колебаний остаточного уровня показывают, что при срочных наблюдениях теряется важная информация о сгонах–нагонах. Это в очередной раз подтверждает неоднократно высказанное в публикациях авторов очевидное заключение о необходимости производства ежечасных наблюдений за уровнем на акватории Обской и Тазовской губ, подверженных интенсивным колебаниям уровня, при которых в районе м. Каменный величина сизигийного прилива в летний период составляет 52 см, размах колебаний остаточного уровня — 319 см, суммарного — 342 см.

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

Acknowledgments. The reported study was partially funded by RFBR grant № 18-05-60192.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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., 2018. С. 734–737.
2. Корт В.Г. Непериодические колебания уровня воды в Арктических морях и способы их прогноза // Тр. АНИИ. 1941. Т. 175. 163 с.
3. Лабзовский Н.А. Непериодические колебания уровня моря. Л.: Гидрометеоздат. 1971. 237 с.
4. Коптева А.В. Уровень и течения Обской губы // Тр. АНИИ. 1953. Т. 59. С. 84–148.
5. Диесперова Р.А. Приливы Северного Ледовитого океана // Труды ГОИН. 1954. Вып. 19. 74 с.
6. 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. Г.Н. Войнова. СПб.: Нестор-История, 2017. 192 с.
7. 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.

8. *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.
9. *Носков А.П.* Приливы в Обь-Енисейском районе и шхерах Минина // Приливы в морях Советской Арктики: Материалы по гидрографии морей и рек Советской Арктики. Вып. III. Ч. I. Л.: Изд-во Главсевморпути, 1938. 63 с.
10. Таблицы приливов. Т. II. Гармонические постоянные для предвычисления приливов. Л.: Изд. Гидрогр. упр. ВМФ СССР. 1941. 295 с.
11. *Коптева А.В., Бутенко А.К., Иванова З.К.* Материалы по изучению приливов арктических морей СССР // Тр. АНИИ. 1952. Т. 42. Вып. VII. Карское море. 536 с.
12. *Войнов Г.Н., Пискун А.А.* Приливные и стонно-нагонные колебания уровня у мыса Ям-Сале (Обская губа) // Проблемы Арктики и Антарктики. 2016. № 4 (110). С. 51–66.
13. *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, 2018: 734–737. [In Russian].
2. *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].
3. *Labzovskii N.A.* *Neperiodicheskie kolebaniia urovnia moria.* Non-periodic fluctuations of the water level. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1971: 237 p. [In Russian].
4. *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].
5. *Diesperova R.A.* Tides of the Arctic Ocean. *Trudy Gosudarstvennogo okeanograficheskogo instituta.* Proc. GOIN. 1954, 19: 74 p. [In Russian].
6. *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].
7. *Voinov G.N., Piskun A.A.* The valuation of the tides in the New Port (the Gulf of the Ob) on the sea level data the span of 1977–2012 years. *Problemy Arktiki i Antarktiki.* Problems of Arctic and Antarctic. 2015, 3 (105): 51–65. [In Russian].
8. *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].
9. *Noskov A.P.* *Prilivy v Ob'-Eniseiskom raione i shkherakh Minina. V kn.: Prilivy v moriakhs Sovetskoi Arktiki: materialy po gidrografii morei i rek Sovetskoi Arktiki. Вып. III. Ч. I.* Tides in the Ob-Yenisei district and Minin's skerries. In the book: Tides in the seas of the Soviet Arctic. Data on the hydrography of the seas and rivers of the Soviet Arctic. Issue 3. Part I. Leningrad: GlavSevmorput', 1938: 63 p. [In Russian].

10. *Tablitsy prilivov. Tom II. Garmonicheskie postoiannye dlia predvychisleniia prilivov.* Tide tables. Volume II. Harmonic constants for prediction of tides. Leningrad: Hydrography Publ. USSR Naval Administration, 1941: 295 p. [In Russian].
11. *Kopteva A.V., Butenko A.K., Ivanova Z.K.* Data on the study of tides of the Arctic seas of the USSR. *Trudy Arkticheskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta.* Proc. of ANII. 1952, 42 (VII). The Kara sea: 536 p. [In Russian].
12. *Voinov G.N., Piskun A.A.* Tidal and storm surges sea level at the cape Yam-Sale (the gulf of the Ob). *Problemy Arktiki i Antarktiki.* Problems of Arctic and Antarctic. 2016, 4 (110): 51–66. [In Russian].
13. *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].