

*Г.Н. Войнов*

## **ПРИЛИВЫ В ОБСКОЙ ГУБЕ (КАРСКОЕ МОРЕ).**

### **I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЛИВОВ**

*G.N. Voinov*

## **TIDES IN THE GULF OF OB (KARA SEA).**

### **I. GENERAL CHARACTERISTICS OF TIDE**

*В первой части работы представлены гармонические постоянные приливов с помощью МНК по версии ААНИИ для всех пунктов стационарной сети в Обской губе за период 70–90-х гг. XX в. и по материалам экспедиционных наблюдений в начале 2000-х гг. На основе результатов гармонического анализа приливов построены новые карты приливных волн  $M_2$  и  $K_1$  для летнего и зимнего периодов.*

*Ключевые слова: гармонические постоянные волн  $M_2$  и  $K_1$  для летнего и зимнего периодов, карты приливов волн  $M_2$  и  $K_1$ .*

*The first part of the research are given the harmonic constants of tides using the least-squares method version of AARI for all points of the fixed network in the Gulf of Ob in the period 70–90-ies of XX century and on the materials of the expedition of cases in the early 2000s. On the basis of the results of harmonic analysis of tides built a new map of the tidal waves  $M_2$  and  $K_1$  for summer and winter periods.*

*Keywords: The harmonic constants of  $M_2$ -tide and  $K_1$ -tide and cotidal maps for summer and winter periods.*

### **Состояние вопроса. Наблюдения за уровнем моря (использованные материалы)**

Наблюдения за колебаниями уровня в Обской губе (включая Тазовскую губу) были начаты в 20–30-е гг. XX в. в связи с описью и съемкой берегов и промерами глубин при производстве гидрографических работ. Эти наблюдения также выполнялись специальными портоизыскательскими экспедициями с целью освоения и развития Северного морского пути. Однако эти измерения производились кратковременными сериями длительностью 15 или 30 суток (в редких случаях — до 2–3 месяцев) только в летний, навигационный, период (июль–сентябрь) и носили нерегулярный характер. При этом измерения колебаний уровня моря выполнялись следующими способами: по футштоку (рейке) или по сваям, а с 50–60-х гг. с помощью самописца уровня моря СУМ (типа «Валдай») или по мареографу ГМ-28 (гидростатического типа). Эти наблюдения и в настоящее время представляют большую ценность для исследования приливов. Сведения о наблюдениях за колебаниями уровня в Обской губе по 1950 г.

приведены в [11, 12], а результаты обработки приливов гармоническим анализом помещены в справочнике [11].

Регулярные круглогодичные ежедневные и срочные наблюдения за уровнем моря были организованы на полярных станциях в 50–70 гг. XX в. Характеристика данных, собранных на этих станциях, и оценка качества материалов наблюдений за уровнем с точки зрения репрезентативности станций и возможности получения достоверных сведений дана более развернуто в [17].

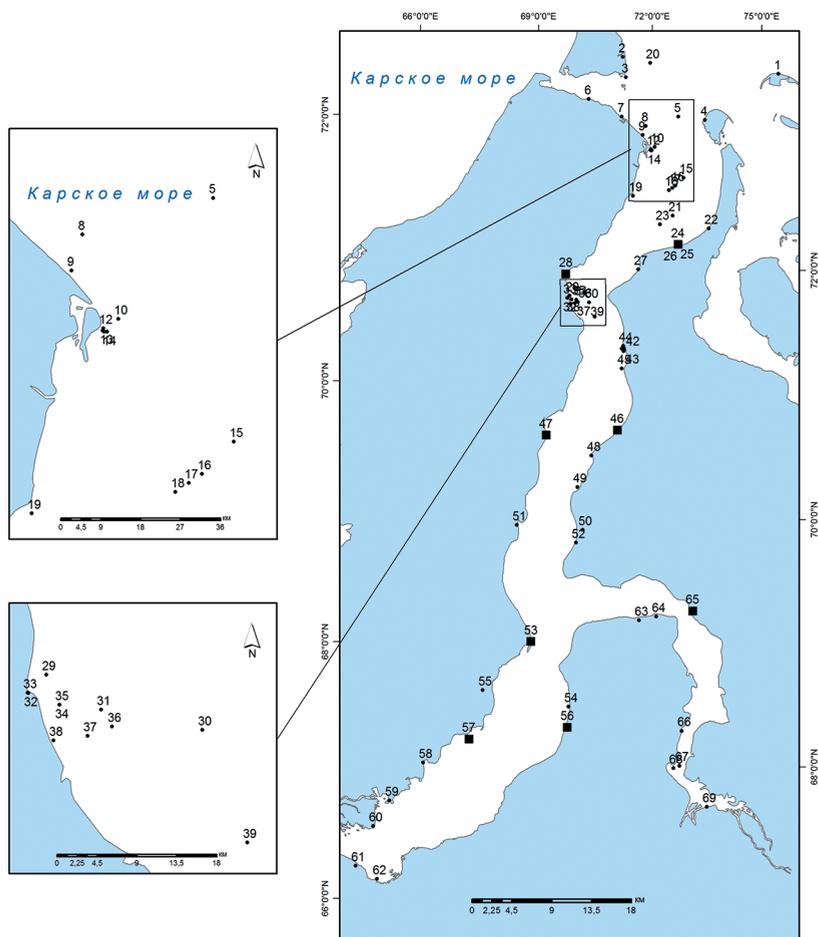
Здесь выше мы касались тех данных, основа которых была создана в рамках стратегического проекта освоения Крайнего севера и, в частности, обеспечения функционирования Северного морского пути, разработанного в Советском Союзе. После развала СССР эти проекты оказались не обеспечены государственным финансированием, поэтому начались негативные процессы разрушения (закрытие) сети полярных станций, оттока специалистов, технического старения стандартной приборной базы. Это привело к постепенному падению качества наблюдений, которое началось с середины 1980-х гг. (на некоторых пунктах даже раньше), вплоть до частичной или полной их фальсификации (измерения «рисуют», не выходя к футштоку). Процесс разрушения сети в настоящее время не остановлен [10]. Можно констатировать, что программа наблюдений за уровнем моря, реализуемая в настоящее время на полярных станциях в виде срочных измерений по футштоку, безнадежно устарела со всех точек зрения и не обеспечивает задачу мониторинга арктических морей [6].

Параллельно с процессами деградации сети полярных станций началось освоение шельфа арктических морей. Для гидрометеорологического обеспечения производства работ на шельфе, строительства инженерных сооружений и портов с середины 2000-х гг. в Обской губе были выполнены обширные наблюдения за уровнем. Они производились на буйковых станциях с помощью устройства АДСР (доплеровский профилограф) и различных приборов гидростатического типа. Эти сведения о наблюдениях за уровнем моря, полученных в летних и зимних экспедициях ААНИИ показаны на рис. 1. В табл. 1 представлены все использованные нами материалы ежедневных и срочных данных на стационарных постах. К сожалению, в нашем распоряжении нет материалов, полученных другими научными учреждениями, проводившими аналогичные изыскания в Обской губе в 2000-е гг.

#### **Контроль качества многолетних временных рядов наблюдений уровня на стационарных постах. Коррекция брака и приведение этих рядов к однородным базам данных**

Поскольку имеющиеся ранее базы данных не были приведены к однородным рядам и не имели оценки качества, то такие базы данных в принципе не пригодны для получения объективных оценок гармонических постоянных приливов. Например, срочные наблюдения на м. Тамбей — с 1989 г., в Новом Порту — с 1989 г., а на м. Каменный — с 1986 г. полностью непригодны для получения оценок приливов и производства статистических расчетов. Годовые ежедневные серии за отдельные годы в Тадибеяхе, Сеяхе, Антипаюте показали на первичном этапе обработки нереальные оценки констант волн приливов. Подобные сомнительные срочные наблюдения

подвергались коррекции по методике, изложенной в [2, 4, 6]. К ежечасным рядам наблюдений применялась обработка по способу калибровки приливов [5].



**Пункты с оценками гармонических постоянных приливов в Обской губе из анализа кратковременных и многолетних наблюдений за уровнем моря**

- |                                 |  |                                      |                            |                                |
|---------------------------------|--|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| • 1, о.Вилькицкого              | • 15, АБС. гор. 13 м                   | • 29, АБС. гор. 6 м                  | • 43, АБС. гор. 10 м       | ■ 57, П/ст Новый порт          |
| • 2, устье р. Нябигага-Яха      | • 16, АБС. гор. 11 м                   | • 30, АБС. гор. 18 м                 | • 44, мыс Сабу-То          | • 58, бухта Находка            |
| • 3, мыс Шуберта                | • 17, АБС. гор. 11 м                   | • 31, АБС. гор. 14 м                 | • 45, АБС. гор. 9 м        | • 59, мыс Ям-Сале              |
| • 4, о.Шокальского              | • 18, АБС. гор. 11 м                   | • 32, АБС. гор. 4 м (порт Сабетта)   | ■ 46, П/ст Талибяха        | • 60, о-ва Варнинские          |
| • 5, АБС 1. гор. 24 м           | • 19, АБС. гор. 8 м                    | • 33, АБС. гор. 1 м (причал Сабетта) | ■ 47, П/ст Сехка           | • 61, устье р. Шула            |
| • 6, устье р. Ягоды-Яха         | • 20, АБС. гор. 13 м                   | • 34, АБС. гор. 9 м                  | • 48, мыс Напалкова        | • 62, устье р. Надым           |
| • 7, залив Хале-Пага            | • 21, АБС. гор. 13 м                   | • 35, АБС. гор. 8 м                  | • 49, АБС. гор. 9 м        | • 63, устье р. Широкая         |
| • 8, АБС 2. гор. 15 м           | • 22, устье р. Сабуле-Яха              | • 36, АБС. гор. 14 м                 | • 50, мыс Котельникова     | • 64, мыс Поворотный           |
| • 9, АБС 3. гор. 7 м            | • 23, АБС. гор. 14 м                   | • 37, АБС. гор. 16 м                 | • 51, мыс Яптик-Сале       | ■ 65, П/ст Антиялота           |
| • 10, АБС. гор. 7 м о. Халэвнго | ■ 24, П/ст им. 60-летия ВЛКСМ (Нгарка) | • 38, АБС. гор. 5 м (порт Сабетта)   | • 52, устье р. Хампуль-Яха | • 66, устье р. Хорлянка        |
| • 11, АБС. гор. 7 м о. Халэвнго | • 25, АБС. гор. 8 м                    | • 39, АБС. гор. 20 м                 | ■ 53, П/ст мыс Каменный    | • 67, АБС. гор. 3 м (Юрхарово) |
| • 12, мыс Дровяной              | • 26, АБС. гор. 8 м                    | • 40, АБС. гор. 10 м                 | • 54, мыс Грдины           | • 68, АБС. гор. 2 м (Юрхарово) |
| • 13, АБС. гор. 7 м о. Халэвнго | • 27, устье р. Луци-Яха                | • 41, АБС. гор. 1 м                  | • 55, устье р. Исидерма    | • 69, мыс Нарсо-Мя-Сале        |
| • 14, АБС. гор. 7 м о. Халэвнго | ■ 28, П/ст Тамбей                      | • 42, АБС. гор. 5 м                  | ■ 56, П/ст Ямбург          |                                |

Рис. 1. Расположение пунктов наблюдений за уровнем моря, полученных в летних и зимних экспедициях ААНИИ в Обской и Тазовской губах за период с 1935 (1928) по 2013 г.

Таблица 1

Пункты стационарной сети с оценками гармонических постоянных приливов в Обской губе

№ по карте	Пункт наблюдений	Широта северная	Долгота восточная	Период обработки	Вид наблюдений
1	Остров Вилькицкого	73 31,5	75 46	1939 (08–09), 1940 (08–09), 1957 (03–04); <i>1960–1974</i>	Рейка, СУМ; Рейка, зима
24	Им. 60-летия ВЛКСМ (Нгарка)	71 58,0	74 20,0	1982 (09–10), 1984 (11)–1985 (05); <i>1978–1992</i>	СУМ СУМ Рейка
28	Тамбей	71 28	71 49	1938 (07–09), 1939 (07–09), 1951 (04–05), 1976 (03–06), 1979 (08–09); <i>1976–1995</i>	Рейка Рейка, СУМ СУМ; рейка
46	Тадибяха	70 22	74 08	<b>1974–1988;</b> <i>1989–1993</i>	СУМ; Рейка
53	Мыс Каменный	68 30	73 35	1936 (07–08), 1971 (04–05); <b>1947–1948; 1977–1994</b>	Рейка; СУМ; рейка
56	Ямбург	67 54	74 50	<i>1984–1987</i>	Рейка
57	Новый порт	67 35	72 55	1938 (07–09), 1939 (07–09), 1977 (08), 1979 (04–09); <i>1977–2012</i>	Рейка, СУМ;  Рейка
59	Мыс Ям-Сале	66 54	71 45	1920 (07–08), 1935 (07–08), 1937 (07–09), 1938 (07–09), 1939 (07–09), 1940 (08–09)	Рейка
65	Антипаюта	69 05	76 51	<b>1977–1988</b>	СУМ

*Примечание.* СУМ ежечасные измерения по мареографу; рейка измерения по футштоку; зима срочные измерения по футштоку только в зимний период с припая. Многолетние ежечасные регулярные измерения в графе период обработки выделены жирным шрифтом; многолетние срочные измерения (4 срока в сутки) выделены курсивом.

Детальную оценку результатов изложенной выше процедуры применительно к наблюдениям на стационарных постах Обской и Тазовской губ здесь мы не приводим. Это является предметом отдельной работы. В настоящее время в полном виде оценка приливов по наблюдениям представлена только в Новом Порту в [6]. В обобщенном виде результаты оценок качества наблюдений на стационарных постах Обской и Тазовской губ сведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты оценок качества многолетних наблюдений за уровнем на стационарных постах Обской и Тазовской губ

Пункт	Период анализа, сут.	Количество пропусков, сут.	Количество замен брака, сут.	Общее количество пропусков и брака, сут.	Примечание
Нгарка (60 лет ВЛКСМ)	1977–1992	634	1651	2285 (44,7 %)	Срочные
	5114	15	1285	1300 (25,4 %)	Без 1979, 1980, 1991, 1992
Тамбей	1978–1995	1549	2668	4217 (64,1 %)	Срочные
	6574	602	2365	2967 (45,1 %)	Без 1978, 1979, 1989, 1995
Тадибяха	1974–1993	613	2347	2960 (40,5 %)	1974–1988 ежеч.; 1989–1993 срочные
	7305				

Пункт	Период анализа, сут.	Количество пропусков, сут.	Количество замен брака, сут.	Общее количество пропусков и брака, сут.	Примечание
Сеяха	1977–1992 5844	372	1937	2309 (39,5 %)	Ежечасные
Каменный	1977–1994 6574	560	2262	2822 (42,9 %)	Срочные
Новый Порт	1977–2012 13149	1227	5170	6397 (48,6 %)	Срочные
Антипаюта	1977–1988 4383	409	598	1007 (23,0 %)	Ежечасные

*Примечание.* В скобках даны значения в процентах длины ряда. Для станций Нгарка и Тамбей даны сведения, средние для всех данных и без годовых серий с аномально большими пропусками наблюдений.

Из данных табл. 2 видно, что в целом ежечасные измерения уровня имеют меньше пропусков и коррекций брака по сравнению со срочными наблюдениями. Самые плохие срочные наблюдения отмечены в Тамбее и Новом Порту. По-видимому, это связано с особенностями расположения мест измерений уровня и условий наблюдений на этих постах.

Обзор данных табл. 2 убедительно свидетельствует о необходимости технического переоснащения постов современными автономными измерительными комплексами с непрерывной регистрацией колебаний уровня моря.

### Методика обработки и гармонического анализа приливов (общие положения)

Первые сведения о приливах Обской губы с результатами гармонического анализа содержатся в работах [9, 11, 12, 13, 16, 18]. Гармонический анализ наблюдений выполнялся по методу Дарвина за 15 или 30 сут. Контроль вычислений, как правило, производился с помощью визуального сравнения наблюдений и предвычисленного ряда на несколько суток. Очевидно, что такой прием позволял выявить только грубые промахи при вычислении основных полусуточных волн, а ошибки расчета суточных волн, имеющих намного меньшие по величине амплитуды, оставались не выявленными. Например, в работах [9, 18] углы положений суточных волн  $K_1$  и  $O_1$  в пунктах Обской губы даны с ошибками в  $180^\circ$ . В справочнике [11] эти явные ошибки были частично устранены, но имелись другие ошибки. Вследствие недоработки методологии и отсутствия критериев оценок точности констант волн прилива в этих данных содержатся иногда ошибочные сведения (например, в сведениях по приливам в пунктах м. Дровяной, м. Харсе (м. Напалкова), о-ва Варнинские и т.д.). Наиболее частая причина — неверное определение времени измерений (пояса). Причем иногда оно (время) неверно указывалось самими наблюдателями. Это было вызвано тем, что применялось в разные годы различными экспедициями в разных пунктах время измерений местное (до апреля 1961 г.) или московское (3 пояс), до 4–6 пояса.

Практически все материалы исторических наблюдений (точнее, их копии) сохранились в фондах ААНИИ, поэтому данные материалы нами были заново обработаны по новой методологии [1, 4]. Наиболее ценные сведения были получены из многолетних

ежечасных и срочных наблюдений на полярных станциях Нгарка (60 лет ВЛКСМ), Тамбей, Тадибеяха, Сеяха, Каменный, Новый Порт, Ямбург и Антипаюта. В этих пунктах была получена сезонная изменчивость основных суточных и полусуточных волн приливов (рассчитаны средние векторные значения гармонических постоянных на каждый месяц года) и определены долгопериодные приливы. В табл. 3 и табл. 4 приведены новые оценки гармонических постоянных волн  $M_2$  и  $K_1$  для августа и апреля. В случае наличия нескольких серий наблюдений в пункте эти оценки определялись как средние векторные значения на данный месяц.

Таблица 3

Гармонические постоянные волны  $M_2$  (на август) и волны  $K_1$  (на август) в Обской губе  
( $H$  — амплитуда, см;  $g$  — угол положения в 0 поясе, град)

№ п/п	Номер по рис. 1	Название пункта	Волна $M_2$		Волна $K_1$	
			$H$	$g$	$H$	$G$
1	1	о. Вилькицкого	17,1	211	4,1	212
2	2	р. Нябипага-Яха	38,4	235	8,5	208
3	4	о. Шокальского	12,5	274	5,4	250
4	5	АБС 1, гор. 24 м	16,8	255	6,1	216
5	6	р. Ягоды-Яха	20,1	233	10,2	183
6	8	АБС 2, гор.15 м	37,6	263	10,5	234
7	9	АБС 3, гор. 7 м	32,7	264	9,1	234
8	11	АБС, гор. 7 м	41,0	291	8,0	244
9	12	м. Дровяной	53,6	286	6,3	252
10	13	АБС, гор. 7 м	43,6	289	9,2	248
11	14	АБС, гор. 7 м	41,1	291	8,0	242
12	15	АБС, гор. 13 м	35,1	320	7,8	259
13	16	АБС, гор. 11 м	38,1	322	7,7	261
14	17	АБС, гор. 11 м	38,9	323	8,1	259
15	18	АБС, гор. 11 м	41,6	324	8,2	262
16	19	АБС, гор. 8 м	53,9	333	9,9	264
17	20	АБС, гор. 13 м	46,8	332	8,9	267
18	21	АБС, гор. 13 м	39,1	336	6,2	267
19	22	р. Сабуде-Яха	30,9	344	5,2	247
20	23	АБС, гор. 14 м	40,1	337	6,0	268
21	24	Нгарка	35,9	346	7,3	285
22	25	АБС, гор. 8 м	36,2	346	5,6	251
23	26	АБС, гор. 8 м	35,2	348	6,5	270
24	27	р. Луци-Яха	33,2	12	5,2	281
25	28	Тамбей	46,9	28	5,8	308
26	29	АБС, гор. 6 м	40,5	35	6,0	299
27	30	АБС, гор. 18 м	33,6	34	5,6	307

№ п/п	Номер рис. 1	Название пункта	Волна $M_2$		Волна $K_1$	
			$H$	$g$	$H$	$G$
28	31	АБС, гор. 14 м	38,5	34	8,0	315
29	32	АБС, гор. 4 м (порт Сабетга)	40,6	38	7,0	310
30	33	АБС, гор. 1 м	40,4	39	7,1	312
31	34	АБС, гор. 9 м	38,9	36	7,8	315
32	36	АБС, гор. 14 м	37,8	34	7,4	307
33	37	АБС, гор. 16 м	38,2	38	7,8	306
34	39	АБС, гор. 20 м	28,7	47	6,7	320
35	40	АБС, гор. 10 м	17,3	92	4,0	350
36	41	АБС, гор. 1 м	17,6	98	3,4	318
37	42	АБС, гор. 5 м	18,4	96	5,5	329
38	43	АБС, гор. 10 м	18,8	96	4,6	343
39	44	Сабу-То	16,4	96	4,8	5
40	45	АБС, гор. 9 м	19,9	112	4,7	356
41	46	Тадиеяха	24,2	146	3,9	349
42	47	Сеяха	24,9	171	4,6	6
43	48	м. Напалкова	24,5	164	3,2	2
44	49	АБС, гор. 9 м	23,2	174	5,0	20
45	50	м. Котельникова	16,2	206	2,1	29
46	51	м. Япгик-Сале	17,4	252	2,2	(73)
47	52	р. Хампуль-Яха	14,0	212	3,0	31
48	53	Каменный	19,3	311	3,0	84
49	54	м. Грдины	5,0	55	2,0	42
50	55	р. Исидерма	15,1	14	2,8	62
51	56	Ямбург	5,9	23	1,3	117
52	57	Новый Порт	13,4	71	2,4	136
53	58	б. Находка	16,1	127	5,1	173
54	59	м. Ям-Сале	9,5	216	1,2	243
55	60	о. Варнинские	6,3	272	1,6	245
56	61	р. Шуга	5,1	343	2,7	294
57	62	р. Надым	4,5	353	1,2	266
58	63	р. Широкая	17,8	338	2,1	57
59	64	м. Поворотный	17,8	341	3,0	91
60	65	Антипаюга	11,3	30	1,3	126
61	66	р. Хорлянка	6,6	197	2,9	247
62	67	АБС, гор. 3 м	5,6	265	0,9	238
63	68	АБС, гор. 2 м	5,0	288	0,5	318
64	69	м. Нярсо-Мя-Сале	1,7	15	0,5	15

Таблица 4

**Гармонические постоянные волны  $M_2$  (на апрель) и волны  $K_1$  (на апрель) в Обской губе**  
**( $H$  — амплитуда, см;  $g$  — угол положения в 0 поясе, град)**

Номер п/п	Номер по табл. 1	Название пункта	Волна $M_2$		Волна $K_1$	
			$H$	$g$	$H$	$g$
1	1	о. Вилькицкого	15,8	258	3,4	245
2	2	р. Нябибага-Яха	27,7	266	5,8	242
3	3	м. Шуберта	28,7	276	6,6	234
4	7	з. Холе-Пага	32,0	293	6,9	251
5	10	АБС, гор. 7 м	33,1	336	7,8	264
6	24	Нгарка	20,3	48	4,5	307
7	28	Тамбей	18,0	94	3,7	311
8	30	АБС, гор. 18 м	19,0	90	4,0	329
9	35	АБС, гор. 8 м (порт Сабетта)	19,1	99	3,5	321
10	38	АБС, гор.5 м	19,6	85	4,2	348
11	46	Тадибеяха	6,8	218	1,8	48
12	47	Сеяха	4,4	285	1,1	34
13	48	м. Напалкова	6,7	291	1,4	109
14	50	м. Котельникова	3,5	286	1,1	65
15	51	м. Яптик-Сале	6,2	342	1,5	(91)
16	53	м. Каменный	3,9	44	1,0	110
17	56	Ямбург	1,4	129	0,5	164
18	57	Новый порт	1,4	236	0,3	298
19	58	б. Находка	2,3	251	1,1	116
20	65	Антипаюта	2,1	163	0,4	238

### Гармонический анализ приливов по датчикам давления

Измерения колебаний уровня моря в экспедициях ААНИИ в 2000-е гг. выполнялись по датчику гидростатического давления устройства АДСР или с помощью других приборов гидростатического типа с дискретностью 15 и 10 мин. Данные были переведены в метрическую систему после учета поправок за атмосферное давление.

Заданная при постановке дискретность измерений позволила применить сглаживающие фильтры для понижения уровня высокочастотного шума [20]. При этой процедуре происходит укорочение длины временного ряда на 34 (при дискретности 15 мин) или 52 (при дискретности 10 мин) значения. Затем производилась выборка ежечасных значений (децимация).

Для ежечасных временных рядов колебаний уровня моря нами разработан способ контроля и редакции случайных выбросов [2]. Контроль по программе временных рядов производился с заданием критерия отклонения более 6 см. Далее ежечасные временные ряды подвергались фильтрации фильтром нижних частот Д49 для подавления влияния непериодических колебаний. С целью устранения срезки при фильтрации

(48 значений ряда теряется) временные ряды предварительно дополнялись в начале и конце рядов с помощью предвычисления. Затем по полученным временным рядам производился гармонический анализ приливов с помощью МНК по методике, разработанной в ААНИИ [1, 4].

Продолжительность наблюдений в основном колебалась от 20 до 66 суток, поэтому возможность выделения основных волн прилива по ряду пунктов была различной. Для описания прилива в настоящее время наименьшим оптимальным периодом считается месячная серия измерений. Более короткие серии могут быть использованы с известными допущениями, но годятся в основном только для разведочного предварительного анализа. При выборе списка волн для анализа в целом мы следовали критерию Рэлея. Отступление от этого правила было сделано для волны  $N_2$ , которая, как показали эксперименты, надежно разрешается по рядам с хорошим качеством измерений при длительности около 20 суток (критерий Рэлея требует 28 суток). Однако волны  $Q_1$ ,  $J_1$ ,  $L_2$ ,  $\mu_2$  и другие не были включены в анализ для периодов менее 30 суток, так как они ненадежно разрешаются по таким данным. Но их амплитуда в этой акватории мала и не влияет на разрешение других волн. В целом было выделено от 18 до 32 волн для периодов от 20 до 60 суток соответственно в суточном, полусуточном, 1/3-суточном, 1/4-суточном и 1/6-суточном классах прилива.

Результаты по волнам  $K_1$ ,  $S_2$ ,  $N_2$  во втором приближении исправлялись от влияния второстепенных волн соответственно  $\pi_1$ ,  $S_1$ ,  $\psi_1$ ,  $\phi_1$ ,  $P_1$ ;  $K_2$ ,  $T_2$ ,  $R_2$ ,  $\nu_2$  по теоретическим соотношениям.

По фурье-анализу остаточных рядов (наблюдения минус предвычисления) были рассчитаны средние уровни шума, средние квадратические отклонения в классах приливов и по ним определены 95 % доверительные интервалы для оценки точности. Эти значения в суточном, полусуточном, 1/3-суточном, 1/4-суточном и 1/6-суточном классах прилива в целом, соответственно, равны  $\pm 1,86-1,33$ ;  $\pm 2,63-0,76$ ;  $\pm 0,35-0,18$ ;  $\pm 0,47-0,12$ ;  $\pm 0,29-0,14$  см. При этом большие значения (по абсолютной величине) в этих границах относятся к коротким рядам наблюдений (15–20 суток), а меньшие — к продолжительным измерениям (40–60 суток).

Для исследования приливов в конкретном пункте иногда бывает достаточно одной месячной или, в крайнем случае, даже полумесячной серии ежечасных измерений. Но в Обской губе отмечается сильная сезонная изменчивость приливов и течений. Ранее зачастую ограничивались обработкой и публикацией в Таблицах приливов [19] наблюдений в летний период (август – сентябрь). Конечно, предвычисление приливов на годовой цикл по таким гармоническим постоянным может быть не только не полным, но и ошибочным. Расчет приливов должен производиться как минимум отдельно на летний и зимний периоды, а точнее — на каждый месяц года по соответствующей этому месяцу модели прилива.

### Гармонический анализ долгопериодных колебаний и приливов

Для выделения этого класса приливов использовались среднесуточные значения уровня за весь период наблюдений в пунктах Нгарка (60 лет ВЛКСМ), Тамбей, Тадибеяха, Сеяха, Каменный, Новый Порт и Антипаюта. Применялась методика, изложенная в [1].

В долгопериодном классе как правило 7 волн ( $Sa$ ,  $Ssa$ ,  $Sta$ ,  $Sqa$ ,  $Mm$ ,  $MSf$ ,  $Mf$ ) превысили 95 % доверительный интервал. При этом годовая  $Sa$ , полугодовая  $Ssa$ , третьгодовая  $Sta$  и четвертьгодовая  $Sqa$  гармоники практически не являются строго приливными, а так называемыми метеорологическими и описывают сезонный ход уровня моря.

### Спектр колебаний уровня моря по наблюдениям. Распределение энергии колебаний

Спектр колебаний уровня по ежечасным наблюдениям в пункте Се-Яха за 1977 г. рассчитан по алгоритму Г. Дженкинса, Д. Ватса [7] в стационарном приближении. Основные черты колебаний уровня в синоптическом и мезомасштабном диапазонах спектра хорошо представлены на этом графике (рис. 2), несмотря на аномально сильную сезонную изменчивость прилива в годовом цикле. На кривой спектра выделяются пики, соответствующие приливным вкладам на периодах 1, 0,5 сут. и 6, 4 и 3 ч (рис. 2, *a*). Они отражают суточные, полусуточные и мелководные приливы. Причем 1/4-суточные и 1/6-суточные приливы вследствие сильно выраженного сезонного хода недостаточно описываются без учета их сезонного хода с помощью специальных сложных волн (см. рис. 2, *b*). Эти волны были открыты и введены нами в гармонический анализ в 2005 г. [3].

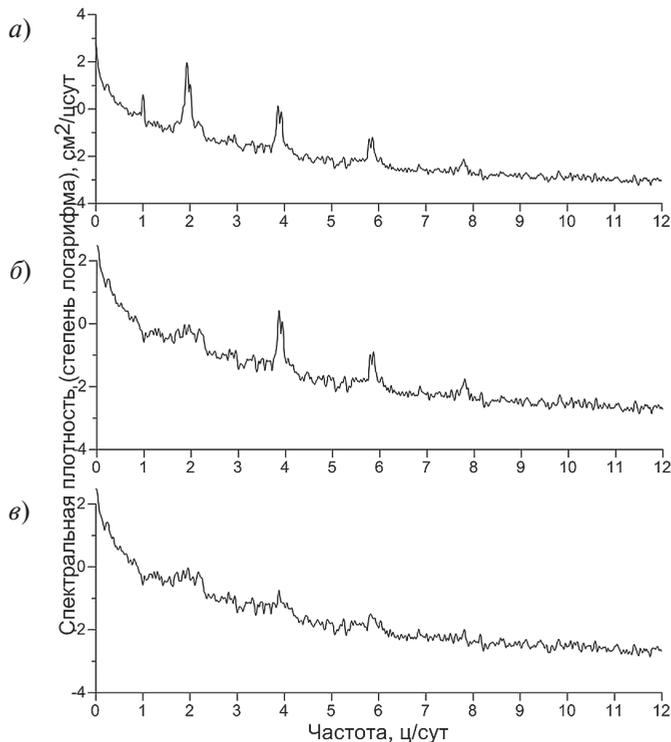


Рис. 2. Спектр ежечасных наблюдений за уровнем в Сеяхе за 1977 г. (*a*), спектр остаточного ряда этой серии (наблюдения минус предвычисления) по программе МНК без учета сезонного хода 1/4- и 1/6-суточных волн (*b*), спектр остаточного ряда по программе МНК с учетом сезонного хода этих волн (*в*). Число степеней свободы равно 22

Оценку спектральных вкладов произведем по результатам гармонического анализа прилива. Гармонический анализ наблюдений за 1977 г. проведен по расширенной версии МНК с описанием сезонного хода основных суточных, полусуточных и мелководных волн. В целом 104 волны по амплитуде были выше 95 % доверительного интервала в своей полосе частот. По значениям амплитуд волн можно рассчитать дисперсию прилива общую и в отдельных классах прилива. Для этого мы применили известную формулу

$$D = \sum A^2/2, \quad (1)$$

где  $A$  — амплитуда волны прилива.

Дисперсия наблюденных колебаний уровня моря за период наблюдений составила 550,00 см<sup>2</sup>, а общая дисперсия прилива (с долгопериодными колебаниями) равна 318,02 см<sup>2</sup> (57,8 %). Частная дисперсия прилива без долгопериодных компонент была определена также для контроля по ее значению по квазиприливному компоненту, полученному с помощью обратного фильтра низких частот. Это значение равнялось 114,88 см<sup>2</sup>, а полученное по формуле (1), из результатов гармонического анализа (99 волн) составило 114,63 см<sup>2</sup>. Схождение практически полное.

В среднем общие приливные колебания уровня преобладают в суммарных колебаниях уровня моря. На самом деле уровни дисперсии существенно варьируют в летний и зимний периоды. В свою очередь в частной дисперсии приливных колебаний уровня доминируют полусуточные приливы, составляющие 95,0 % дисперсии короткопериодных приливов (без дисперсии долгопериодных колебаний).

Дисперсия приливов высших классов (от 1/3-суточных до 1/8-суточных) составляет 2,24 см<sup>2</sup> (1,95 % частной дисперсии прилива). Однако их также необходимо учитывать при точном прогнозе прилива. Эти волны позволяют точно представлять кривую прилива вблизи полных и малых вод, как в летний, так и в зимний периоды.

#### **Распространение главных приливных волн $M_2$ и $K_1$ .**

#### **Распространение приливной волны $M_2$ в летний (август) и зимний (апрель) периоды**

*Летний период (август).* Значительную роль в режиме колебаний уровня в Обской губе играют приливы, которые определяются в основном волнами полусуточного и, в меньшей степени, суточного периодов. В обобщающей работе по приливам в Обской губе был установлен их повсеместный полусуточный характер в летний (навигационный) период [12]. Поэтому основные черты распространения и формирования приливов можно установить по главной полусуточной волне  $M_2$ .

В работах по изучению приливов в Обской губе [8, 12] не было обнаружено каких-либо особенностей в виде узловых линий и особых точек в карте прилива  $M_2$ , поэтому был применен простой прием геометрической интерполяции для построения новых карт приливов. При построении карт плохо обеспеченным данными по уровню остался район входа в Тазовскую губу, но здесь имелись наблюдения за течениями, которые косвенно использовались для проведения изолиний амплитуд и фаз.

В Тазовской губе между Антипаютой и р. Хорлянкой также имелся пробел в наблюдениях, который был восстановлен с помощью интерполяции.

По данным карты видно (рис. 3), что наибольшая амплитуда волны  $M_2$  наблюдается у западного (Ямальского) берега в районе о. Халэвнго и к югу от него. Здесь она достигает 54 см в районе р. Песчанка. Причиной такого усиления является перераспределение энергии приливной волны Карского моря при выходе на мелководье северного участка Обской губы. При этом амплитуда на правом берегу относительно распространения волны  $M_2$  на входе Обской губы в 2,8 раза больше таковой на левом берегу (на створе изолинии  $270^\circ$ : западный берег — о. Шокальский). Этот эффект объясняется главным образом влиянием силы Кориолиса, но только отчасти, так как на северном участке в районе о. Шокальского происходит начальная фаза формирования узловой зоны, то есть в этом районе возрастает доля стоячего колебания при преобладании в целом прогрессивного характера волны.

Разность уровней прилива волны  $M_2$  на концах створа составляет около 25 см, а теоретическая разность (наклон уровня) за счет отклоняющей силы вращения Земли на широте  $72,83^\circ$  и ширине пролива 51,8 км при средней сизигийной скорости приливного течения 50 см/с в летний период равна почти 37 см.

Расчет наклона уровня выполнен по формуле Н.Н. Зубова:

$$\Delta h = 2\omega Vb \sin \varphi / g, \quad (2)$$

где  $\omega$  — угловая скорость вращения Земли;  $V$  — максимальная скорость приливного течения;  $b$  — ширина канала;  $\varphi$  — географическая широта;  $g$  — ускорение силы тяжести.

Наблюдаемая разность амплитуд волны  $M_2$  между берегами залива (правым и левым относительно движения приливной волны) меньше теоретической на 12 см. Это объясняется влиянием узловой зоны у о. Шокальского.

Превышение амплитуд прилива на западном берегу над восточным берегом прослеживается вдоль всего эстуария Обской губы (см. рис. 3). На среднем (м. Тамбей — м. Каменный) и южном (м. Каменный — р. Шуга) участках приливная волна имеет в основном поступательный вид с постепенным уменьшением амплитуды волны до 5 см в районе р. Шуга. Отсюда следует, что несмотря на заметное уменьшение глубин вверх по губе и живого сечения преобладает диссипация приливной энергии под влиянием донного трения.

На профиле мгновенной поверхности (высоты) суммарного прилива на август, представленной на рис. 4, видно, что в Обской губе наблюдаются одновременно три полных воды. Первая задана на входном створе на изолинии  $270^\circ$ , вторая полная вода в такой же момент времени наблюдается у м. Яптик-Сале и третья полная вода видна у о-ов Варнинских (вблизи Ям-Сале). Это свидетельствует, что в Обской губе в каждый момент времени присутствуют две приливные волны с уменьшением высоты полной воды к вершине в пропорции 1 : 3,5 : 5,7. Приливная волна пробегает Обскую губу до р. Шуга за 27,4 ч (табл. 5).

Скорость движения волны  $M_2$  значительно варьирует на разных участках Обской губы, что отражает изменение соотношения между падающей и отраженной волнами, приводящее также к изменению поступательной и стоячей долей колебания в волне прилива.

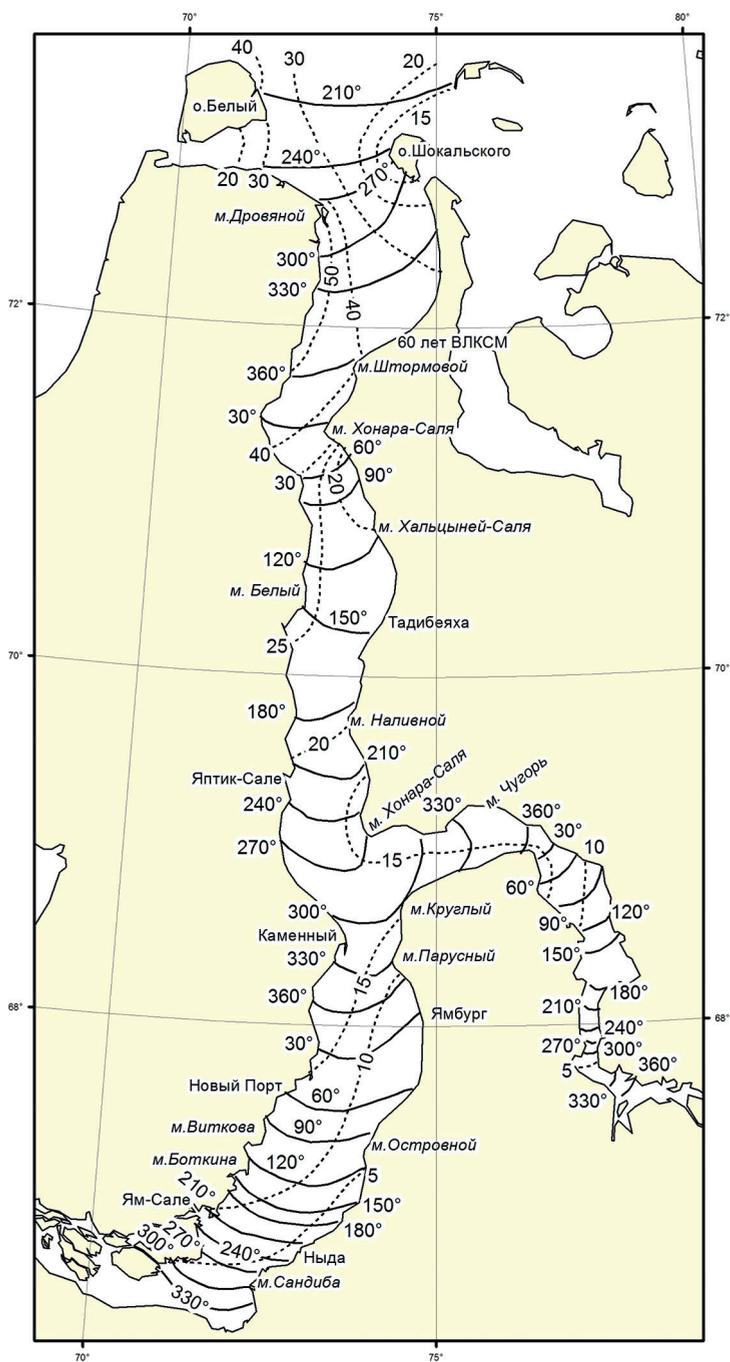


Рис. 3. Изоамплитуды (в см, пунктирная линия) и изофазы (в град, сплошная линия) волны  $M_2$  для августа (летний период)

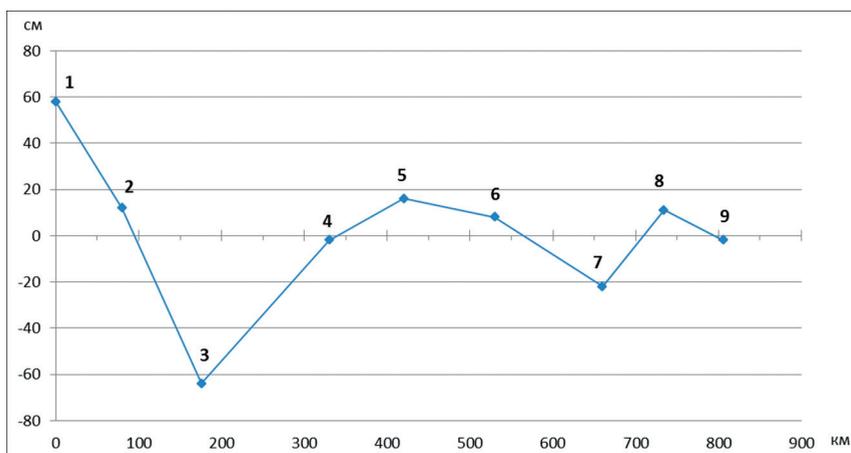


Рис. 4. Мгновенный профиль высоты прилива (сумма всех волн), рассчитанный на 23 ч 23 августа 2028 г. в пунктах Обской губы: 1 – Дровяной, 2 – Песчанка, 3 – Тамбей, 4 – Сеяха, 5 – Яптик-Сале, 6 – Каменный, 7 – Новый Порт, 8 – Ям-Сале, 9 – Надым. По горизонтальной оси расстояние в км от м. Дровяного

Таблица 5

Время и скорость распространения волны  $M_2$  на разных участках Обской губы в летний период (август)

Участок (пункт)	Расстояние от начала, км ( $S$ )	Изменение фазы от начала, град	Время движения, до пункта, ч ( $t$ )	Скорость волны между пунктами, км/ч ( $\Delta S/\Delta t$ )
Изолиния $270^\circ$	0	0	–	–
р. Песчанка	80	62	2,1	37,4
м. Тамбей	176	118	4,1	49,7
Сеяха	330	261	9,0	31,2
м. Яптик-Сале	420	342	11,8	32,2
м. Каменный	530	401	13,8	54,0
Новый Порт	660	521	18,0	31,4
м. Ям-Сале	734	666	23,0	14,8
о-ва Варнинские	773	722	24,9	20,2
р. Шуга	806	803	27,7	13,5

В табл. 5 представлены реальное время движения и скорость распространения волны  $M_2$  на разных участках Обской губы для летнего периода (август). При расчете времени движения задавался период волны  $M_2$ , равный 12,4206 ч. Поэтому 1 град изменения фазы соответствует изменению времени 2,0701 мин. С целью соблюдения

однородности условий значения фазы в пунктах брались для западного берега. Расстояние снималось с карты по срединной линии Обской губы.

По данным табл. 5, была определена для Обской губы по всей длине средняя взвешенная скорость движения волны  $M_2$  для августа месяца, которая равна 34,5 км/ч, или 9,6 м/с. Скорость прогрессивной волны в Обской губе по теории ( $C = \sqrt{gH}$ ) при средней глубине 9,8 м [13] при  $g = 9,826$  м/с (на средней широте  $70^\circ$ ) составит 9,8 м/с. Отсюда следует, что в летний период (в августе) приливная волна  $M_2$  распространяется в целом практически как поступательная волна.

На участках Песчанка – Тамбей и Яптик-Сале – Каменный скорость волны имеет максимальные значения и достигает 54 км/ч (15,0 м/с), а в южной части губы, на участке Варнинские – Шуга, скорость замедляется до 13,5 км/ч (3,8 м/с). При средней глубине северного участка 11,7 м и южного — 5,6 м скорость поступательной волны по теории будет равна на этих участках соответственно 10,7 и 7,4 м/с, то есть стоячая доля колебания более заметна в крайней южной части Обской губы и, как уже выше отмечалось, на акватории при входе в Обскую губу.

В Тазовской губе приливная волна  $M_2$  в летний период также имеет преобладающий поступательный вид. В момент полной воды на створе по изолинии  $270^\circ$  на входе в губу следующая полная вода будет наблюдаться синхронно в Юрхарово. То есть в Тазовской губе размещается более чем одна приливная волна  $M_2$ . Амплитуда прилива  $M_2$  постепенно уменьшается от 15 см у входа до 10 см на широте  $69^\circ$  и далее падает до 2 см у м. Нарсо-Мя-Сале (см. рис. 3). Средняя взвешенная по трем участкам скорость движения от меридиана  $74^\circ$  (место слияния Обской и Тазовской губ) до м. Нарсо-Мя-Сале равна 19,9 км/ч, или 5,5 м/с. По теории средняя скорость движения волны при средней глубине 4 м составит 6,3 м/с. Здесь мы видим некоторое расхождение между реальной и теоретической скоростью. По-видимому, это обусловлено ошибками приближенной оценки расчета в районе обширного мелководья с очень малыми глубинами в южной части Тазовской губы.

**Зимний период (апрель).** С установлением ледяного покрова в Обской губе и ростом толщины льда происходит изменение характеристик прилива. Наблюдается сезонная изменчивость амплитуд и фаз основных полусуточных  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$  и суточных  $K_1$ ,  $O_1$  волн прилива. Максимальные изменения прилива в сравнении с августом наблюдаются в апреле. Поэтому основные черты распространения и формирования приливной волны в зимний период можно проследить по картам изоамплитуд и изофаз волны  $M_2$  в апреле (рис. 5, котидальная карта).

По сравнению с летней картой (см. рис. 3) произошли большие изменения в величине амплитуд прилива  $M_2$  в сторону сильного уменьшения на входе в губу (почти в 2 раза) и все более растущего уменьшения по мере продвижения волны на юг. Схема изолиний имеет поступательный вид. По сравнению с летней схемой происходит увеличение (запаздывание) фаз примерно от  $50^\circ$  на входе до  $120^\circ$  в районе м. Виткова. К югу от этого мыса прилив практически исчезает (амплитуда  $M_2$  меньше 1 см).

По всей длине Обской губы, как и в летний период, в апреле укладываются две приливных волны. В один и тот же момент времени при полной воде на входе (по изолинии  $300^\circ$ ) вторая полная вода будет наблюдаться к югу от м. Харсё и третья полная вода — примерно где-то к югу от м. Виткова.



В Тазовской губе происходит еще большее гашение прилива. На среднем участке этой губы за м. Поворотный прилив  $M_2$  резко уменьшается до 2 см и практически пропадает далее к югу (амплитуда меньше 1 см).

В табл. 6 даны реальное время движения и скорость распространения волны  $M_2$  на разных участках Обской губы для зимнего периода (апрель). Для сопоставимости с табл. 5 по длине участков к начальному отсчету фазы добавлена постоянная поправка в  $30^\circ$  (разность между начальной летней и зимней изолиниями). Эта же поправка в единицах времени (1,035 ч) добавлена к значениям времени движения.

Таблица 6

**Время и скорость распространения волны  $M_2$  на разных участках Обской губы в зимний период (апрель)**

Участок (пункт)	Расстояние от начала, км ( $S$ )	Изменение фазы от начала, град	Время движения, до пункта, ч ( $t$ )	Скорость волны между пунктами, км/ч ( $\Delta S/\Delta t$ )
Изолиния $300^\circ$	0	0(30)*	0(1,0)	—
м. Тамбей	176	154 (184)	5,3+1=6,3	33,1
Сеяха	330	345 (375)	11,9+1=12,9	23,4
м. Яптик-Сале	420	402 (432)	13,9+1=14,9	45,7
м. Каменный	530	464 (494)	16,0+1=17,0	51,4
Новый Порт	660	625 (655)	21,6+1=22,6	23,4
б. Находка	695	671 (701)	23,1+1=24,1	22,0

Примечание. \*— $30^\circ$  разность фаз на начальном створе между августом и апрелем. В единицах времени около 1 ч.

По данным табл. 6 была определена для Обской губы до Находки средняя взвешенная скорость движения волны  $M_2$  для апреля месяца, которая равна 33,1 км/ч, или 9,2 м/с. Поскольку в зимний период приливная волна движется под ледяным покровом, то глубину следует брать подо льдом. В отсутствие полной информации о средней толщине льда в апреле для Обской губы в целом будем опираться на экспертную оценку. По нашей оценке, средняя толщина льда в апреле (конец месяца) достигает 154 см (средняя величина из средних многолетних значений для 5-ти п/ст). При учете плавучести льда примем толщину плавающего льда в 139 см. Тогда средняя глубина моря подо льдом составит 8,4 м. Скорость прогрессивной волны в Обской губе по теории при средней глубине 8,4 м при  $g = 9,826$  м/с составит 9,1 м/с. Отсюда следует, что в зимний период (в апреле) приливная волна волны  $M_2$  распространяется в целом как поступательная волна. Получается, что в зимний период скорость волны ближе к теоретической скорости, чем в летний период. Это, по-видимому, может быть приписано эффекту отражения от кромки припайного льда на входе в Обскую губу и отражению при движении волны от припая, жестко связанного с берегом (подошвы припая).

По сравнению с летним периодом скорость движения волны в среднем уменьшилась всего на 0,4 м/с или на 4,2 %. Это снижение скорости произошло в основном за счет действия трения под льдом. Но часть общей диссипации приливной энергии в зимний период, которую трудно оценить и которую в арктических морях не учитывают современные численные модели, уходит на формирование приливных трещин и процессы торошения льда в них.

При сравнении времени движения приливной волны на чистой воде и подо льдом по данным табл. 5 и 6 видно, что зимой на северном участке губы в районе Тамбея волна приходит позже, чем летом на 2,2 ч, и сдвиг времени (запаздывание) достигает 4,6 ч в районе Нового порта.

### **Распространение приливной волны $K_1$ в летний (август) и зимний (апрель) периоды**

*Летний период (август).* Результаты гармонического анализа показали, что для полной характеристики распространения и формирования приливов в Обской губе необходимо знать поведение основных суточных волн  $K_1$  и  $O_1$ . В особенности это относится к приливу  $K_1$ , амплитуда которого более чем в 2 раза превышает таковую у прилива  $O_1$ . Карты этих приливов ранее [Коптева, 1953] не были получены, вследствие большого количества ошибок в обработке и недостатка в наблюдениях.

По данным карты изоамплитуд и изофаз прилива  $K_1$  (рис. 6) видно, что приливная волна не имеет особых точек и распространяется как поступательная. На акватории Обской губы укладывается одна приливная волна. В момент времени, когда на входе у м. Дровяной наблюдается полная вода этого прилива, в этот же момент времени вторая полная вода будет отмечаться у м. Ям-Сале. При этом заметно сильное увеличение амплитуды на западном берегу, что, как и для прилива  $M_2$ , связано с влиянием силы Кориолиса. Наиболее выражен этот эффект на северном участке Обской губы, где амплитуда прилива волны  $K_1$  на западном берегу достигает 8 см. При продвижении волны  $K_1$  на юг различие амплитуд на западном и восточном берегах становится мало заметным. Но и величина амплитуды прилива к югу плавно уменьшается до 1 см за м. Ям-Сале.

В Тазовской губе в районе слияния с Обской губой амплитуда волны  $K_1$  равна 3 см и падает до значений менее 1 см к югу от м. Поворотный.

Произведем оценку скорости движения волны  $K_1$ . При этом, как и ранее, будем опираться на данные наблюдений на западном берегу, наиболее обеспеченному наблюдениями.

В табл. 7 даны реальное время движения и скорость распространения волны  $K_1$  на разных участках Обской губы для летнего периода (август). Начало участка на изолинии  $240^\circ$  волны  $K_1$  расходится на 10 км с изолинией  $270^\circ$  для волны  $M_2$  (см. табл. 5). При расчете времени движения задавался период волны  $K_1$ , равный 23,9345 ч. Поэтому 1 град изменения фазы соответствует изменению времени 3,9891 мин.

По данным табл. 7 была определена для Обской губы по всей длине средняя взвешенная скорость движения волны  $K_1$  для августа месяца, которая равна

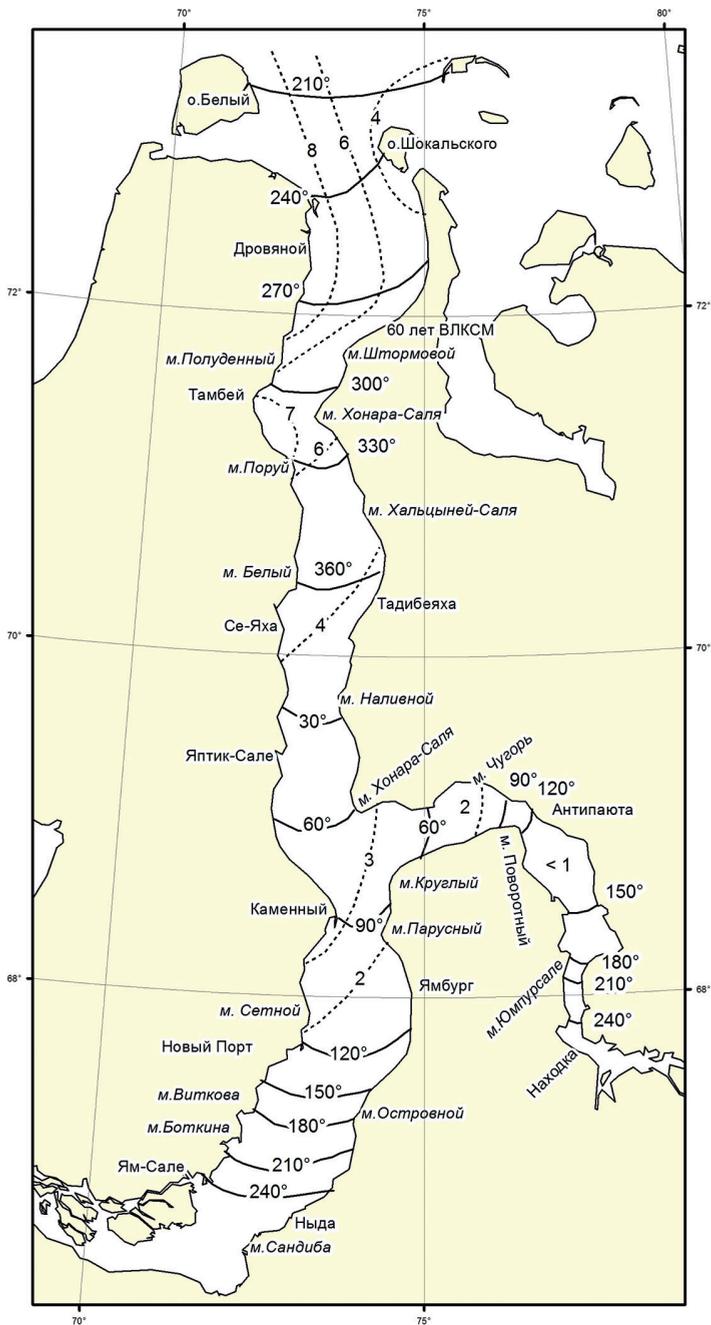


Рис. 6. Изоамплитуды (в см, пунктирная линия) и изофазы (в град, сплошная линия) волны  $K_1$  для августа (летний период)

35,6 км/ч, или 9,9 м/с. Выше скорость прогрессивной волны в Обской губе на чистой воде, по теории, была определена значением 9,8 м/с. Близость (в пределах ошибки расчета) реальной и теоретической скоростей показывает, что в летний период (в августе) приливная волна волны  $K_1$  распространяется в целом практически как поступательная волна. Диссипация энергии волны  $K_1$  за счет донного трения пренебрежимо мала.

**Зимний период (апрель).** Распространение и формирование прилива волны  $K_1$  в зимний период представлено на схеме изолиний амплитуд и фаз (рис. 7). Вследствие малости значений амплитуд этого прилива на большей части акватории и малой надежности оценок при их величине менее 1 см, не удалось построить схему ниже места слияния Обской и Тазовской губ.

Таблица 7

**Время и скорость распространения волны  $K_1$  на разных участках Обской губы в летний период (август)**

Участок (пункт)	Расстояние от начала, км ( $S$ )	Изменение фазы от начала, град	Время движения, до пункта, ч ( $t$ )	Скорость волны между пунктами, км/ч ( $\Delta S/\Delta t$ )
Изолиния $240^\circ$	0	0	—	—
Р. Песчанка	70	24	1,6	43,8
м. Тамбей	166	68	4,5	33,8
Сеяха	320	126	8,4	39,9
м. Яптик-Сале	410	158*	10,5	42,3
м. Каменный	520	204	13,6	35,9
Новый Порт	650	256	17,0	37,6
м. Ям-Сале	724	363	24,1	10,4

*Примечание.* \*—Значение исправлено по карте, фаза по наблюдениям в Яптик-Сале завышена.

В северной части губы уменьшение амплитуды прилива  $K_1$  по сравнению с летним периодом не так заметно. На западном берегу залива у м. Дровяной амплитуда составляет около 7 см. Наблюдается сдвиг фазы (запаздывание) относительно летнего периода на  $30^\circ$ , но при этом запаздывание фазы практически отсутствует в районе м. Тамбей. По-видимому, это объясняется влиянием сужения сечения залива и изменением условий отражения волны. На среднем участке Обской губы до м. Каменный амплитуда прилива постепенно падает до 1 см.

Оценим время движения и скорость распространения волны  $K_1$  в зимний период на северном и среднем участках залива. За начало возьмем изолинию  $264^\circ$  (см. рис. 6) для сопоставимости с расчетами табл. 7. Также к изменению фазы добавлена поправка за изменение фазы на начало отсчета между августом и апрелем, равная  $24^\circ$ , или 1,6 ч. Эта поправка времени вводится ко всем участкам табл. 8.

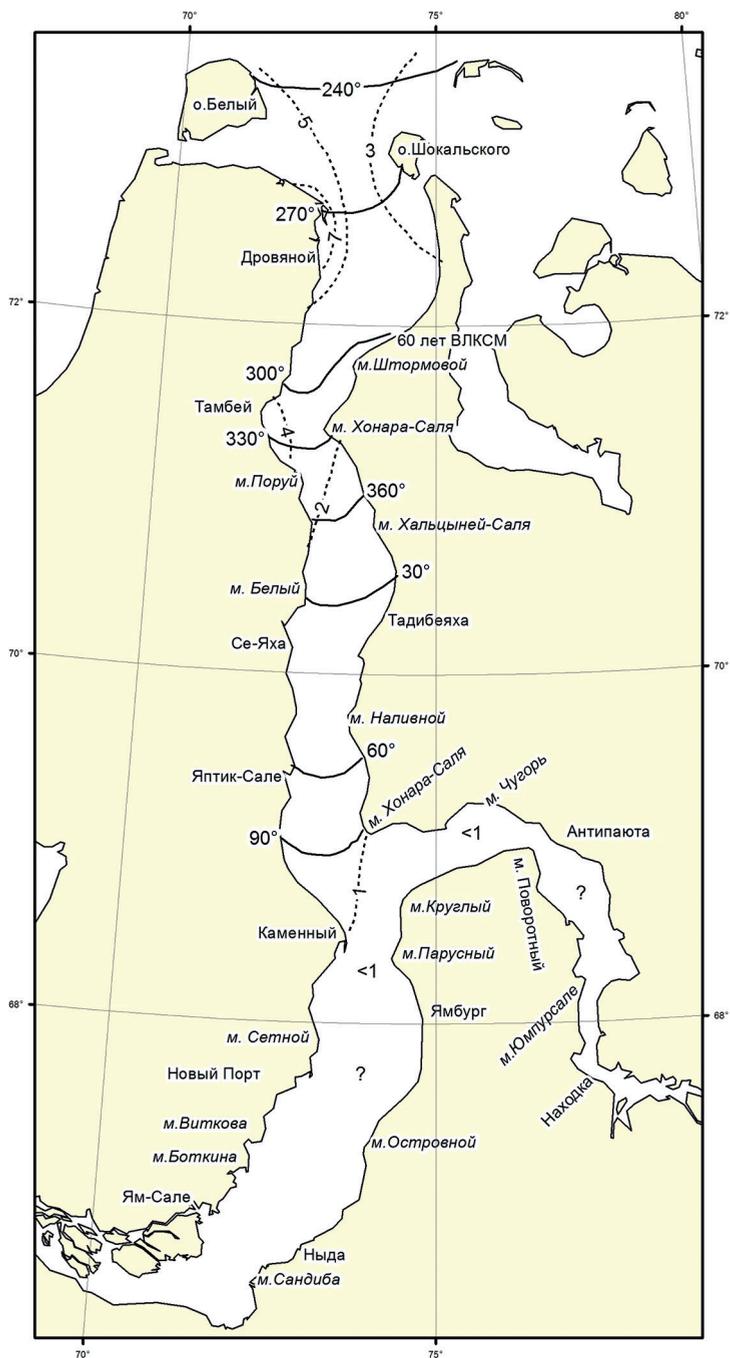


Рис. 7. Изоамплитуды (в см, пунктирная линия) и изофазы (в град, сплошная линия) волны  $K_1$  для апреля (зимний период)

По данным табл. 8 для Обской губы была определена средняя взвешенная скорость движения волны  $K_1$  для апреля месяца, которая равна 29,3 км/ч, или 8,1 м/с. Выше скорость прогрессивной волны в Обской губе в апреле, по теории, была определена значением 9,1 м/с. Скорость волны  $K_1$  уменьшается зимой на 11 %, в то время как у волны  $M_2$  составила только 4,2 %. По-видимому, различие связано с тем, что скорость движения волны  $K_1$  зимой определена на северном и среднем участках Обской губы и не является полной оценкой для всего залива. Южный участок губы ниже м. Каменного не вошел в расчет вследствие недостатка надежных данных. К тому же сами расчеты менее надежны, чем для волны  $M_2$ .

Таблица 8

**Время и скорость распространения волны  $K_1$  на разных участках Обской губы в зимний период (апрель)**

Участок (пункт)	Расстояние от начала, км ( $S$ )	Изменение фазы от начала, град	Время движения, до пункта, ч ( $t$ )	Скорость волны между пунктами, км/ч ( $\Delta S/\Delta t$ )
Изолиния 264°	0	0(24*)	(1,6*)	—
м. Тамбей	166	47 (71)	3,1 + 1,6 = 4,7	30,7
Сеяха	320	130 (154)	8,6 + 1,6 = 10,2	27,9
м. Яптик-Сале	410	161 (185)	10,7 + 1,6 = 12,3	43,7
м. Каменный	520	206 (230)	13,7 + 1,6 = 15,3	36,7

Примечание. \*—24° разность фаз на начальном створе между августом и апрелем. В единицах времени составляет около 1,6 ч.

В целом подтверждаются теоретические выводы Ю.М. Крылова [14] и гипотеза И.В. Максимова [15] о связи периода волны со скоростью ее распространения при движении волны под ледяным покровом. Волны с большим периодом гасятся в меньшей степени, чем волны с меньшим периодом.

Следствием этого является изменение характера прилива и других параметров прилива, которые будут рассмотрены ниже.

Из данных табл. 7 и 8 видно, что запаздывание прилива  $K_1$  в апреле происходит намного в меньшей степени, чем для прилива волны  $M_2$ . В районе м. Каменный суточный прилив  $K_1$  в апреле приходит позже на 1,7 ч по сравнению с августом. Полусуточный прилив  $M_2$  в апреле здесь наступает со сдвигом в 3,2 ч (см. табл. 5 и 6).

**Общая характеристика приливов.**

**Средняя сизигийная величина прилива в летний период (в августе)**

Значения этой характеристики были определены по известным формулам Гарриса, а схема изолиний дана на рис. 8. В определенной степени характер изменения сизигийных амплитуд на акватории Обской и Тазовской губ подобен таковому у прилива волны  $M_2$ . Также максимальные величины наблюдаются на западном берегу северного участка Обской губы и в районе р. Песчанки достигают 151 см. На среднем и южном участках величина прилива постепенно уменьшается, соответственно, от 60–80 см до 10–15 см в вершине Обской губы в районе р. Шуга.



В Тазовской губе значения сизигийной величины прилива составляют около 40 см в месте слияния и постепенно уменьшаются к вершине губы, где не превышают 5 см у м. Нарсо-Мя-Сале.

В целом в качественном отношении наша карта близка к соответствующей карте А.В. Коптевой [12]. Но в количественном отношении имеются существенные различия, в особенности на северном участке, который представлен на новой карте более детально на основании новых данных (табл. 3).

Значительные расхождения видны в районе о. Шокальский, где у Коптевой нет заметного уменьшения значений прилива. Можно констатировать, что во многих акваториях Обской губы у Коптевой приведены завышенные значения величин прилива. Это произошло вследствие недостатка информации и использования в расчете прилива данных о приливных течениях, полученных из суточных и полусуточных циклов измерений.

### **Средняя сизигийная величина прилива в зимний период (в апреле)**

Схема изолиний величины прилива в сизигию дана на рис. 9. На северном участке Обской губы наибольшие значения этой величины достигают 100 см в районе м. Дровяного. На среднем участке происходит резкое уменьшение величины прилива до 10–20 см. На южном участке сразу за мысом Каменный наблюдается дальнейшее уменьшение этой величины до 5 см. По-видимому, в районе мыса Ям-Сале в зимний период прилив полностью пропадает даже в сизигию.

По сравнению с аналогичной характеристикой для летнего периода, как и следовало ожидать из предыдущих оценок карт приливов волн  $M_2$  и  $K_1$ , видно сильное уменьшение значений, резко возрастающее в направлении распространения приливной волны. Если на северном участке уменьшение составляет около 1,4 раза, то в средней части губы — уже в 3,8 раза, а в южной части в районе Нового порта — почти в 6 раз.

В Тазовской губе величина прилива в сизигию в зимний период в месте слияния с Обской губой составляет 5–10 см. К югу от мыса поворотный прилив уже не превышает 5 см и где-то выше р. Хорлянки даже в сизигию полностью исчезает.

### **Выводы**

Получены новые оценки гармонических постоянных волн приливов по всем постоянным и временным постам наблюдений за уровнем моря. Для постоянных пунктов в Обской и Тазовской губах (Нгарка, Тамбей, Тадибеяха, Сеяха, Каменный, Новый Порт, Ямбург, Антипаюта) с многолетними регулярными наблюдениями рассчитаны оценки сезонной и межгодовой изменчивости констант основных волн приливов, также получены оценки долгопериодных приливов. Применялась новая версия гармонического анализа приливов с описанием сезонной изменчивости основных и мелководных волн. Проведена ревизия по новой методологии всех доступных исторических материалов наблюдений за уровнем моря. При этом была выполнена оценка качества материалов наблюдений и произведена их коррекция, и временные ряды в базах данных уровня приведены к однородным рядам. Без этой процедуры производство гармонического анализа приливов может дать совершенно нереальные результаты.

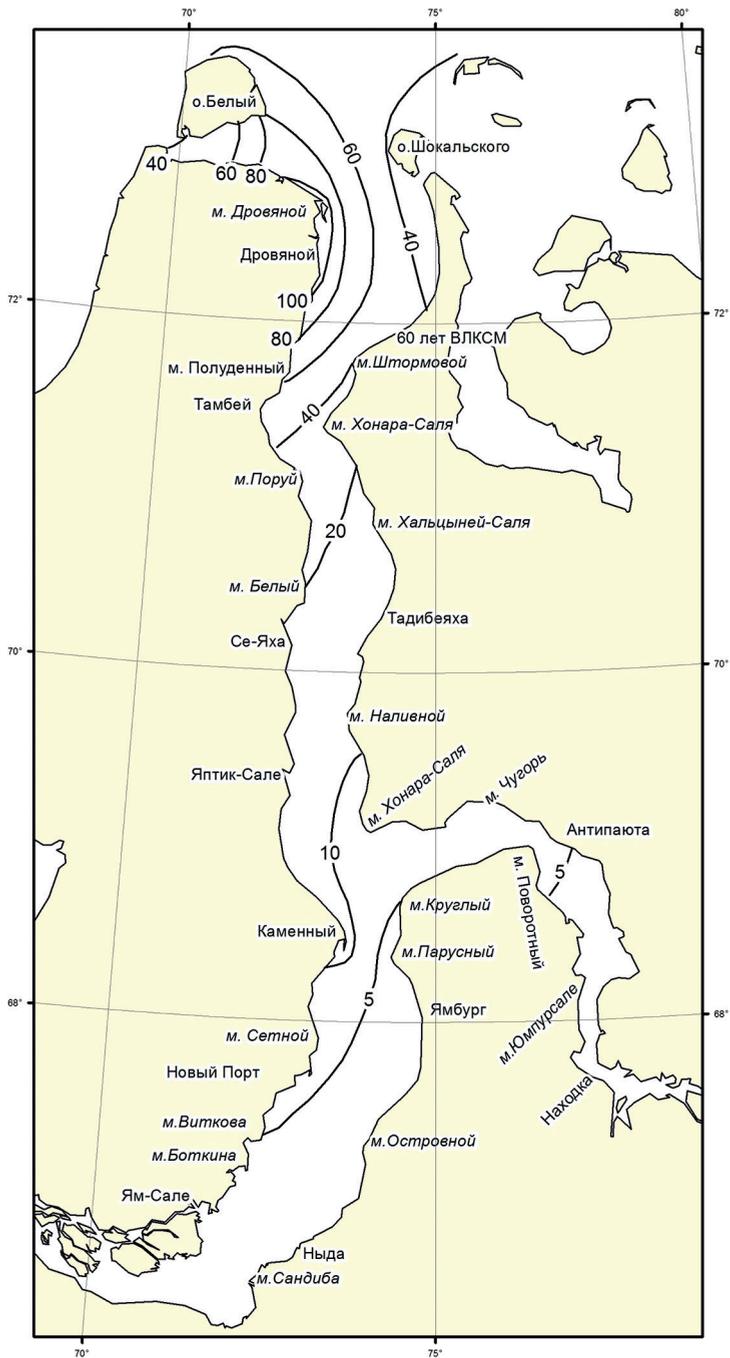


Рис. 9. Сизигийная величина прилива для зимнего периода (апрель), в см

Построены новые приливные карты изоамплитуд и изофаз волн  $M_2$  и  $K_1$  и новые карты величин среднего сизигийного прилива для летнего (август) и зимнего (апрель) периодов в Обской и Тазовской губах.

### Литература

1. *Войнов Г.Н.* Приливные явления в Карском море. — СПб.: Изд-во Русского геогр. общ-ва, 1999. — 109 с.
2. *Войнов Г.Н.* Приливные явления и методология их исследований в шельфовой зоне арктических морей (на примере Карского и северо-восточной части Баренцева морей): автореф. дис. ... д-ра. геогр. наук. — СПб.: РГГМУ, 2003. — 45 с.
3. *Войнов Г.Н.* О сезонной изменчивости гармонических постоянных 1/4-суточных и 1/6-суточных волн приливов в Баренцевом и Белом морях // *Метеорология и гидрология*. 2007. № 4. — С. 55–68.
4. *Войнов Г.Н.* Методика контроля и редакции многолетних временных рядов уровня моря // *Пробл. Арктики и Антарктики*. 2011. № 4. — С. 51–61.
5. *Войнов Г.Н.* Способ приведения ежечасных наблюдений за уровнем моря к однородным рядам с помощью калибровки приливов // *Пробл. Арктики и Антарктики*. 2015. № 2(104). — С. 68–80.
6. *Войнов Г.Н., Пискун А.А.* Оценка приливов в Новом Порту (Обская губа) по наблюдениям за уровнем за период 1977–2012 гг. // *Пробл. Арктики и Антарктики*. 2015. № 3(105). — С. 51–65.
7. *Дженкинс Г., Ваттс Д.* Спектральный анализ и его приложения. — М.: Мир, 1971. Вып. 1. — 316 с.; Вып. 2. 1972. — 288 с.
8. *Диесперова Р.А.* Приливы Северного Ледовитого океана // *Труды ГОИН*. 1954. Вып. 19. — 74 с.
9. *Колобакин Б.В.* Данные о приливах в Обской губе и у о-ва Белого // *Зап. по гидрографии*. 1933. № 1. — С. 34–42.
10. *Комчатов В.Ф., Лучков В.П.* Вековая морская гидрометеорологическая сеть-основа изучения гидрологического режима шельфовой зоны морей РФ и обеспечения гидрометеорологической безопасности // *Тр. ГОИН*. 2011. Вып. 213. — С. 5–14.
11. *Коптева А.В., Бутенко А.К., Иванова З.К.* Материалы по изучению приливов арктических морей СССР // *Тр. Арктич. ин-та*. 1952. Т. 42. Вып. VII. Карское море. — 536 с.
12. *Коптева А.В.* Уровень и течения Обской губы // *Тр. Арктич. ин-та*. 1953. Т. 59. — С. 84–148.
13. *Корт В.Г.* К вопросу о колебаниях уровенной поверхности Обской губы // *Тр. ААНИИ*. 1949. Т. 13. — С. 100–118.
14. *Крылов Ю.М.* Распространение длинных волн под ледяным пологом // *Тр. ГОИН*. 1948. Вып. 8(20). — С. 107–111.
15. *Максимов И.В.* О зависимости элементов прилива от ледяного покрова моря // *Учен. зап. Высш. аркт. морского уч. им. С.О. Макарова*. 1953. Вып. IV. — С. 115–129.
16. *Носков А.П.* Приливы в Обь-Енисейском районе и шхерах Минина // *Приливы в морях Советской Арктики. Мат-лы по гидрогр. морей и рек Сов. Арктики*. Вып. III. — Л.: Изд-во Главсевморпути, 1938. — 63 с.
17. *Пискун А.А.* Состояние высотной основы и качество данных по уровням воды в Обско-Тазовской устьевой области // *Пробл. Арктики и Антарктики*. 2010. № 3(86). — С. 97–113.
18. *Стахович В.С.* Данные о приливах в устьях рек Енисея и Оби // *Зап. по гидрографии*. 1926. Т. 51. — С. 95–102.
19. *Таблицы приливов*. Т. II. Гармонические постоянные для предвычисления приливов. — Л.: Изд-во Гидрогр. упр. ВМФ СССР, 1941. — 295 с.
20. *Pugh D.T.* Tides, surges and mean sea-level. A handbook for engineers and scientists. — New York, J. Wiley, 1987. — 472 p.