

Беломорская биологическая станция МГУ  
Институт океанологии РАН

Комплексные исследования  
Бабьего моря,  
полуизолированной  
беломорской лагуны:  
геология, гидрология, биота —  
изменения на фоне  
трансгрессии берегов

(Труды Беломорской биостанции МГУ т. 12)

*Под общей редакцией  
В.О. Мокиевского, А.И. Исаченко,  
П.Ю. Дгебуадзе, А.Б. Цетлина*

Товарищество научных изданий КМК  
Москва ❖ 2016

# Приливы в Ругозерской губе и сопредельных акваториях (Белое море, Кандалакшский залив)

*А.Д. Наумов<sup>1</sup>, В.О. Мокиевский<sup>2</sup>, В.А. Чава<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Беломорская биостанция Зоологического института РАН,

<sup>2</sup> Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва,

<sup>3</sup> Беломорская биологическая станция им. Н.А. Перцова МГУ. E-mail: andrewnmv@gmail.com

## Tides in the Ruzozerskaya Inlet and adjacent water-basins (White Sea, Kandalaksha Bay)

*A.D. Naumov, V.O. Mokievskiy, V.A. Chava*

С помощью автоматических мареографов исследованы приливы в трех точках Ругозерской губы и в двух точках Бабьего моря. Показано, что в Ругозерской губе на всем ее протяжении наблюдаются характерные для Кандалакшского залива приливно-отливные изменения уровня. Приливы Бабьего моря имеют меньшую регулярность, и их высота составляет приблизительно одну четвертую от таковой Ругозерской губы.

Tidal movements at three sites in the Ruzozerskaya Inlet and two sites in the Babye More Lagoon were studied by mean of using of automatic tide-gauges. The typical for the Kandalaksha Bay tides were found in the Ruzozerskaya Inlet. In the Babye More Lagoon, tidal movements are less regular and their rise is of about a quarter less.

### Введение

Любое гидробиологическое исследование на литорали и в верхней сублиторали до глубины приблизительно 10 м должно опираться на надежные данные о характере приливной волны в месте проведения работ. Опорные пункты, по которым приводятся сведения в «Таблицах приливов» (далее: Таблицы..., 1990), расположены достаточно разреженно и относятся в основном к местам, важным в навигационном отношении, поэтому изучение приливов в точках, где ведутся биологические наблюдения, является весьма актуальной задачей. С прекращением в 2012 г. издания упомянутых Таблиц такие исследования становятся особенно востребованными.

Для внутренней акватории Белого моря в основном характерны регулярные полусуточные мелководные приливы с высотой порядка 1,5 м (Кравец и др., 1991). На Беломорской биологической станции МГУ в течение многих лет использовались предвычисления сроков наступления полных и малых вод, а также уровня стояния воды в эти моменты, публиковавшиеся в «Таблицах приливов» (далее: Таблицы..., 1990) для опорного пункта *Лобаниха* (по известным поправкам относительно основного пункта *Кемь-Порт*). Сходные с данными Таблиц высоты полных и малых вод, а также времена их наступления предвычисляются свободно распространяемой про-

граммой WXTide32. Незначительные различия между этими источниками объясняются тем, что программа использует 8 основных волн, а Таблицы... (1990) — 25. Прямые наблюдения над приливами на акватории Ругозерской губы в конце 2000-х гг. проводили А.Т. Кондрин и А.Н. Пантюлин (2010). В 2008 г. они создали водомерный пост, и по данным установленных мареографов с помощью спектрального анализа были рассчитаны параметры приливов у пирса Биостанции и создан, таким образом, новый основной пункт (доступно на сайте: «Беломорская биологическая станция им. Н.А. Перцова Биофака МГУ. Приливы и отливы»). Далее: «Беломорская...»).

Приливы Бабьего моря изучены крайне недостаточно. Есть всего одна работа (Соколова, 1934).

## Материал и методы

Для изучения приливно-отливных движений использовались датчики давления Solinst Levelogger 3001, которые были установлены на границе Великой салмы и Ругозерской губе у Киндо мыса, в Ругозерской губе возле пирса Биостанции Московского университета (далее: Пирс) и около о-ва Высокого, а в пределах бабьеморской акватории вблизи северной границы Городецкого порога (далее: Городецкий порог) и западной границы Купчинного порога (далее: Купчинный порог) (рис. 1). Координаты и глубины установки датчиков, а также сроки их работы и временной интервал между отдельными измерениями приведены в табл. 1.

**Таблица 1.** Параметры работы датчиков

Название точки	Координаты установки		Сроки работы		Глубина установки, м	Интервал, мин
	φ	λ	Начало	Конец		
Киндо мыс	66°32,8' N	33°11,5' E	23.06.2014	03.09.2014	7,78	5
Пирс	66°34,2' N	33°06,4' E	26.06.2014 17.07.2014	15.07.2014 17.08.2014	3,97 2,79	10
О. Высокий	66°34,8' N	32°50,0' E	23.06.2014	18.07.2014	7,64	10
Городецкий порог	66°35,1' N	33°05,9' E	22.06.2014	23.09.2014	6,02	5
Купчинный порог	66°37,3' N	33°14,4' E	23.07.2014	25.09.2014	2,59	10

**Примечание:** на Купчинном пороге 24.08.2014 датчик был остановлен на несколько часов с пропуском одной полной воды и увеличением глубины установки на 0,3 м.

Все датчики работали с точностью до 1 мм. В дальнейшем все данные приводятся в метрах при точности в 1 см (за исключением случаев, когда значимые значения наблюдаются только при точности в 1 мм).

Имеющиеся в нашем распоряжении материалы составляют слишком короткие временные ряды для стандартной обработки спектральным анализом, поэтому были использованы методы обычной линейной статистики и сингулярного спектрального анализа\* (SSA) способом компонентной фильтрации (Colbroock, 1974; Ibanez, Douvin, 1988), позволяющие надежно интерпретировать полученные данные. Способы расчетов по алгоритму Дж. Колбрука, усовершенствованному В.В. Федяковым и А.Д. Наумовым, и достоинства метода для гидробиологических и гидродинамических данных по сравнению с общепринятым вариантом анализа подробно описаны А.Д. Наумовым (2006).

\* Подробности см. Н.Э. Голяндина (2004).

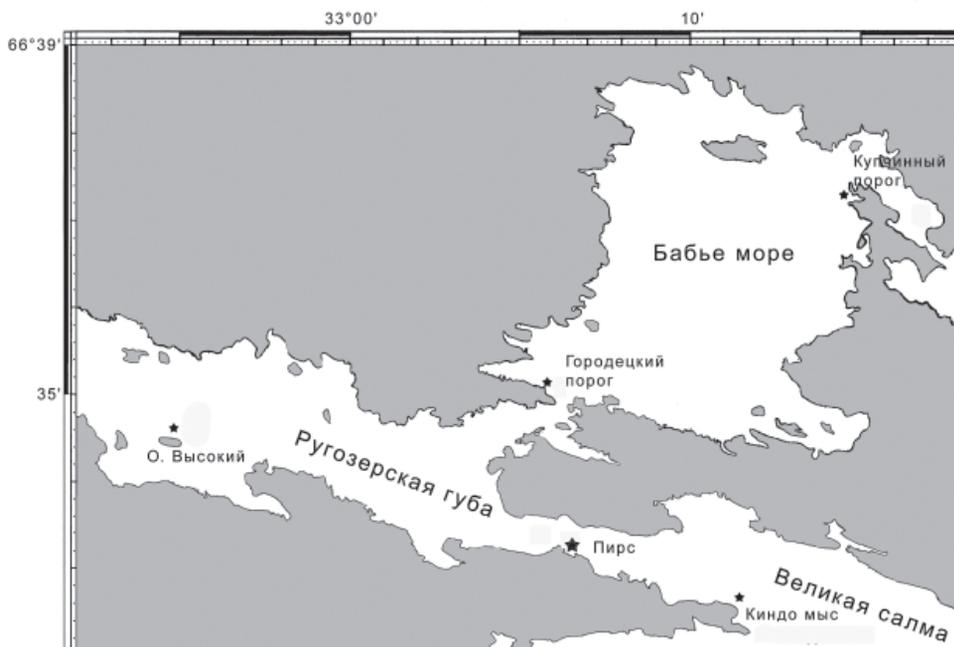


Рис. 1. Места установки датчиков (обозначены звездочками).

Компонентная фильтрация применялась с целью удаления белого шума, в данном случае представленного влиянием атмосферных явлений, значительно искажающих данные. Такие возмущения особенно заметны вблизи экстремумов приливных изменений уровня стояний вод, когда они сопоставимы с ветровым волнением. Для приливов возле Киндо мыса, Пирса и о-ва Высокого отфильтрованные данные были приведены к гидрографическому нулю глубин с помощью следующего приема. Исчисленный по исходному материалу средний уровень стояния воды вычитался из каждого измерения датчиков и к полученной величине прибавлялось значение  $z_0^*$  основного пункта *Кемь-Порт*, равное 1,17 м. Все последующие расчеты проводились на полученных таким способом рядах. Выбор именно этого основного пункта обусловлен тем, что по Таблицам (1990) к гидрографическому нулю данной точки приведены стояния полных и малых вод для опорного пункта *Лобаниха*, ближайшего к месту проведения наблюдений. Натурные измерения в губе Лобанихе не проводились, поскольку малое расстояние до нее вполне обеспечивает необходимую точность данных, что было проверено с помощью программы WXTide32 (см. ниже). Разность между средним уровнем по данным датчиков и  $z_0$  основного пункта *Кемь-Порт* представляет собой глубину установки приборов по отношению к поверхности геоида.

Средний уровень стояния воды на обоих порогах Бабьего моря не отвечает поверхности геоида, так как высота прилива там существенно ниже, чем в Ругозерской губе. При этом на полной воде уровни в этих водоемах уравниваются, что хо-

\* Средний уровень стояния воды над гидрографическим нулем глубин в данном месте. Для широко открытых в океан морских водоемов совпадает с поверхностью геоида, то есть геодезическим нулем высот, и в отечественной практике отвечает Балтийской системе.

рошо прослеживается по отсутствию в этот момент течений в проливах. Это значит, что во время малых вод уровень в Ругозерской губе и открытой части Кандалакшского залива у северного побережья о-ва Великого оказывается заметно ниже, чем в Бабьем море. Для приведения среднего уровня стояния воды на этой акватории к геодезическому нулю высот мы исходили из предположения, что по закону сообщающихся сосудов средние уровни полных вод во всех названных местах одинаковы, что и позволило вычислить соответствующую поправку для установления истинного уровня  $z_0$  приливной волны в Бабьем море.

Сгонно-нагонные изменения уровня стояния воды, вызванные ветрами, заметно искажают регулярность приливной волны, возникающей по астрономическим причинам и модифицированной особенностями местного рельефа, а также конфигурацией береговой линии. Для устранения возмущений, обусловленных атмосферными явлениями, ряды полных и малых вод представлялись в половинах их разностей с приведением полученных значений к гидрографическому нулю, что позволило удалить нерегулярный криволинейный тренд колебаний среднего уровня. С помощью этого приема анализировались суточные, полумесячные и месячные (параллактические) неравенства.

Скорость изменения уровня воды анализировалась путем представления соответствующих рядов данных в конечных разностях.

## Результаты и обсуждение

Приливная волна входит в Ругозерскую губу из Великой салмы через узкость на траверзе Киндо мыса, поэтому все приливно-отливные движения, как в самой губе, так и в Бабьем море генерируются волной, входящей в губу по этой линии, следовательно, рассмотрение приливных явлений в указанных акваториях логично начать с именно с Киндо мыса.

Во всех точках, где были установлены датчики, наблюдаются мелководные полусуточные приливы с хорошо выраженными суточными, полумесячными и месячными неравенствами. Время возвышения приливной волны в среднем на 2 часа меньше времени падения.

Как было сказано выше, до создания основного пункта Пирс на ББС МГУ использовалось предвычисление приливов при помощи Таблиц... (1990) с поправками по основному пункту Кемь-порт для опорного пункта губа Лобаниха ( $66^{\circ}34' N$ ,  $33^{\circ}15' E$ ), расположенной в трех морских милях к востоку от биостанции и почти напротив Киндо мыса в полутора милях к северу. Таким образом, мы имеем возможность сравнить полученные эмпирические данные с предвычисленными двумя разными способами (табл. 2).

Для этой цели были использованы предвычисления приливов за период, в течение которого работали установленные датчики. Установлено, что результаты расчетов средней высоты приливной волны обоими способом хорошо согласуются как между собой, так и с данными измерений.

Заметное отличие заключается в небольшой, но статистически достоверной разнице между полученными уровнями  $z_0$ , вычисляемого по методу А.Т. Кондрина и А.Н. Пантюлина и обоими другими способами. Причина этого, скорее всего, в том, что были использованы разные приемы приведения данных к гидрографическому нулю. Этим же обстоятельством, по-видимому, объясняется и более высокий уровень как полных, так и малых вод, предвычисленный по способу А.Т. Кондрина и А.Н. Пантюлина.

**Таблица 2.** Сравнение некоторых параметров приливной волны у Пирса, полученных натурными измерениями, с предвычисленными по данным А.Т. Кондрина и А.Н. Пантюлина (Беломорская...) и опорного пункта губа Лобаниха. Используются поправки по основному пункту Кемь-порт (Таблицы..., 1990) в программе WXTide32

Источник	$z_0$ , м		Средняя высота приливной волны, м	Уровень воды, м		Предвычисленные данные			
						отстают от измеренных, ч:мин		опережают измеренные, ч:мин	
				в прилив	в отлив	в прилив	в отлив	в прилив	в отлив
Беломорская...	Минимум		1,10	1,70	0,10	0:01	0:01	0:02	0:01
	Среднее	$1,19 \pm 0,05$	$1,53 \pm 0,02$	$1,96 \pm 0,01$	$0,43 \pm 0,01$	$0:13 \pm 0:01$	$0:06 \pm 0:01$	$0:10 \pm 0:01$	$0:08 \pm 0:01$
	Максимум		2,00	2,20	0,70	0:21	0:25	0:24	0:21
Наши данные (Пирс)	Минимум		1,11	1,50	0,06	Приливы не предвычислялись			
	Среднее	$1,02 \pm 0,05$	$1,51 \pm 0,02$	$1,77 \pm 0,02$	$0,29 \pm 0,01$				
	Максимум		2,07	2,17	0,69				
WXTide32 (г. Лобаниха)	Минимум		0,90	1,60	0,00	Нет отставания	1:06	1:05	
	Среднее	$1,06 \pm 0,04$	$1,47 \pm 0,01$	$1,79 \pm 0,01$	$0,33 \pm 0,01$		1:30 ± 0:01	1:31 ± 0:01	
	Максимум		2,10	2,10	0,70		2:12	2:30	

**Примечание:** по данным «Таблиц» в губе Лобанихе  $z_0$  составляет 1,08 м.

Отставание и опережение сроков, предвычисленных методом А.Т. Кондрина и А.Н. Пантюлина, по сравнению с прямыми измерениями распределены поровну, следовательно, нет оснований считать их систематической ошибкой. Эти отклонения, по-видимому, отражают дисперсию по времени, вызванную случайными причинами, возмущающими сроки наступления полных и малых вод в реальном водоеме. Иная картина наблюдается у приливов, рассчитанных для губы Лобанихи, где сроки наступления всех полных и малых вод всегда опережают таковые в районе Пирса на полтора часа. Наши данные говорят о том, что у Киндо мыса эти сроки опережают приливы у Пирса всего на 20 мин (см. ниже). Трудно представить, что на разных берегах Великой салмы, разделенных всего полуторамильным расстоянием, наблюдается более чем часовая разница во времени наступления прилива. Ошибка эта — систематическая, и причина ее неясна. Впрочем, не исключена опечатка в таблице поправок (Таблицы..., 1990). С другой стороны, по данным, А.Т. Кондрина и А.Н. Пантюлина (2010) полученным в 2008 г., приливы у Киндо мыса опережают таковые у Пирса на целый час, что расходится с нашими наблюдениями на 40 мин. Для выяснения причин названных различий требуются дополнительные исследования.

Параллактические неравенства, хорошо выраженные на эмпирическом материале (см. ниже) и на предвычисленном для губы Лобанихи, не прослеживаются, на данных, получаемых по методу А.Т. Кондрина и А.Н. Пантюлина, что, видимо, может объясняться недостаточной длиной ряда, использованного ими для спектрального анализа. Суточные и полумесячные неравенства одинаково хорошо предвычисляются обоими способами.

В качестве вычислительной основы для расчетов высот и сроков наступления полных и малых вод А.Т. Кондрин и А.Н. Пантюлин использовали свободно распространяемую программу WXTide32. Она же была использована и нами для сравнения наших данных с приливами в губе Лобанихе. Полученные хорошие, в целом, соответствия позволяют в случае необходимости использовать этот ресурс для сравнения эмпирических данных с приливами в точках, где датчики установлены не были.

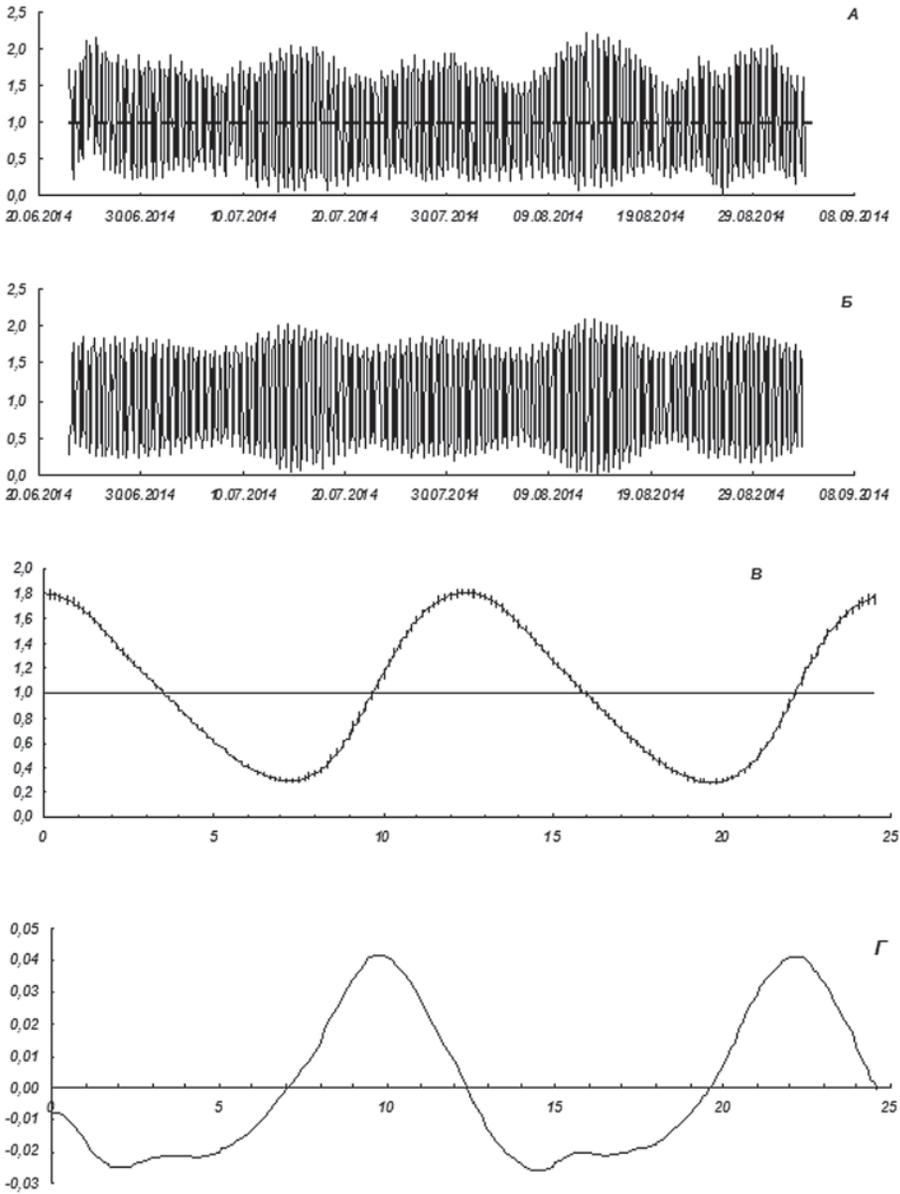
Приливы у Киндо мыса, Пирса и о-ва Высокого вполне регулярны (рис. 2–4; табл. 3–5). Эта регулярность заметно нарушается в Бабьем море в районе Городецкого порога (табл. 6; рис. 5). Возле Купчинного порога нерегулярность приливно-отливных движений несколько сглаживается (табл. 7; рис. 6).

**Таблица 3.** Основные характеристики приливной волны у Киндо мыса

Характеристика	Среднее ± ошибка
$z_{02}$ м	0,99
Средняя высота приливной волны в сизигию, м	
Полнолуние	1,93 ± 0,02
Новолуние	1,61 ± 0,01
Средняя высота приливной волны в квадратуру, м	1,28 ± 0,02
Суточные неравенства, м	
Малые воды	0,058 ± 0,003
Полные воды	0,060 ± 0,003
Полумесячные неравенства, м	
Полнолуние	0,64 ± 0,03
Новолуние	0,32 ± 0,02
Месячные неравенства сизигийных вод, м	0,32 ± 0,02
Среднее время возвышения прилива, ч:мин	5:02 ± 0:02
Среднее время падения прилива, ч:мин	7:21 ± 0:02
Средняя фазовая асимметрия, ч:мин	2:19 ± 0:04

**Таблица 4.** Основные характеристики приливной волны у Пирса московской ББС

Характеристика	Среднее ± ошибка
$z_{02}$ м	1,02
Средняя высота приливной волны в сизигию, м	
Полнолуние	1,87 ± 0,03
Новолуние	1,53 ± 0,02
Средняя высота приливной волны в квадратуру, м	1,26 ± 0,02
Суточные неравенства, м	
Малые воды	0,084 ± 0,006
Полные воды	0,105 ± 0,018
Полумесячные неравенства, м	
Полнолуние	0,60 ± 0,03
Новолуние	0,26 ± 0,03
Месячные неравенства сизигийных вод, м	0,34 ± 0,04
Среднее время возвышения прилива, ч:мин	5:13 ± 0:01
Среднее время падения прилива, ч:мин	7:05 ± 0:01
Средняя фазовая асимметрия, ч:мин	1:51 ± 0:02



**Рис. 2.** Приливы у Киндо мыса. *A* — исходные данные; *Б* — данные после удаления криволинейного тренда, вызванного атмосферными явлениями. *B* — средняя приливная волна (вертикальными штрихами обозначен доверительный интервал  $P_1 = 0,05$ ). *Г* — приращение уровня средней приливной волны по времени, выраженное в конечных разностях за 10-минутный промежуток времени.

Жирная штриховая горизонтальная линия —  $z_0$ ; сплошная — средний уровень прилива в конкретной точке. Если они совпадают, показан только уровень  $z_0$ .

По осям абсцисс — время, дни (*A*, *Б*), время, часы (*B*, *Г*); по осям ординат — уровень воды, м (*A*, *Б*, *B*), конечные разности, м/10 мин (*Г*).

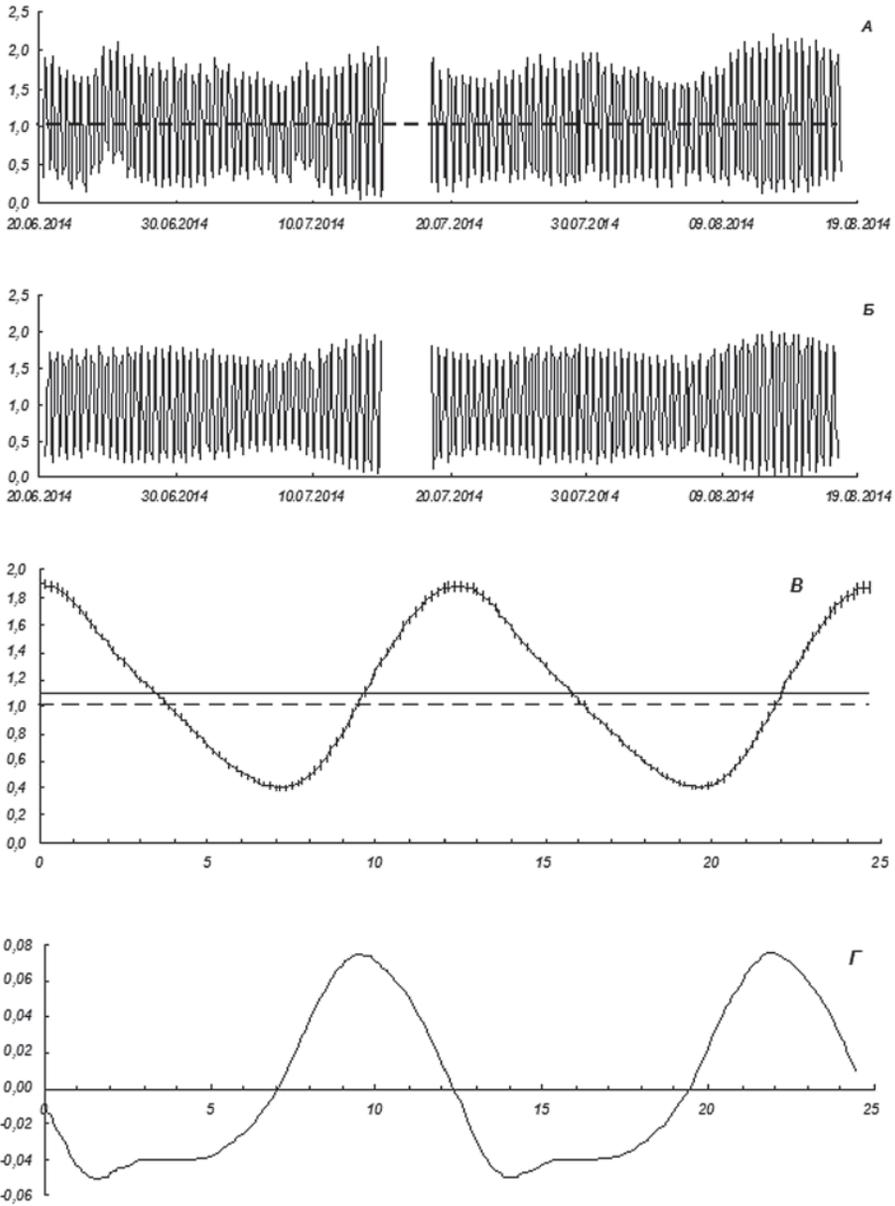


Рис. 3. Приливы у Пирса. Обозначения как на рис. 2.

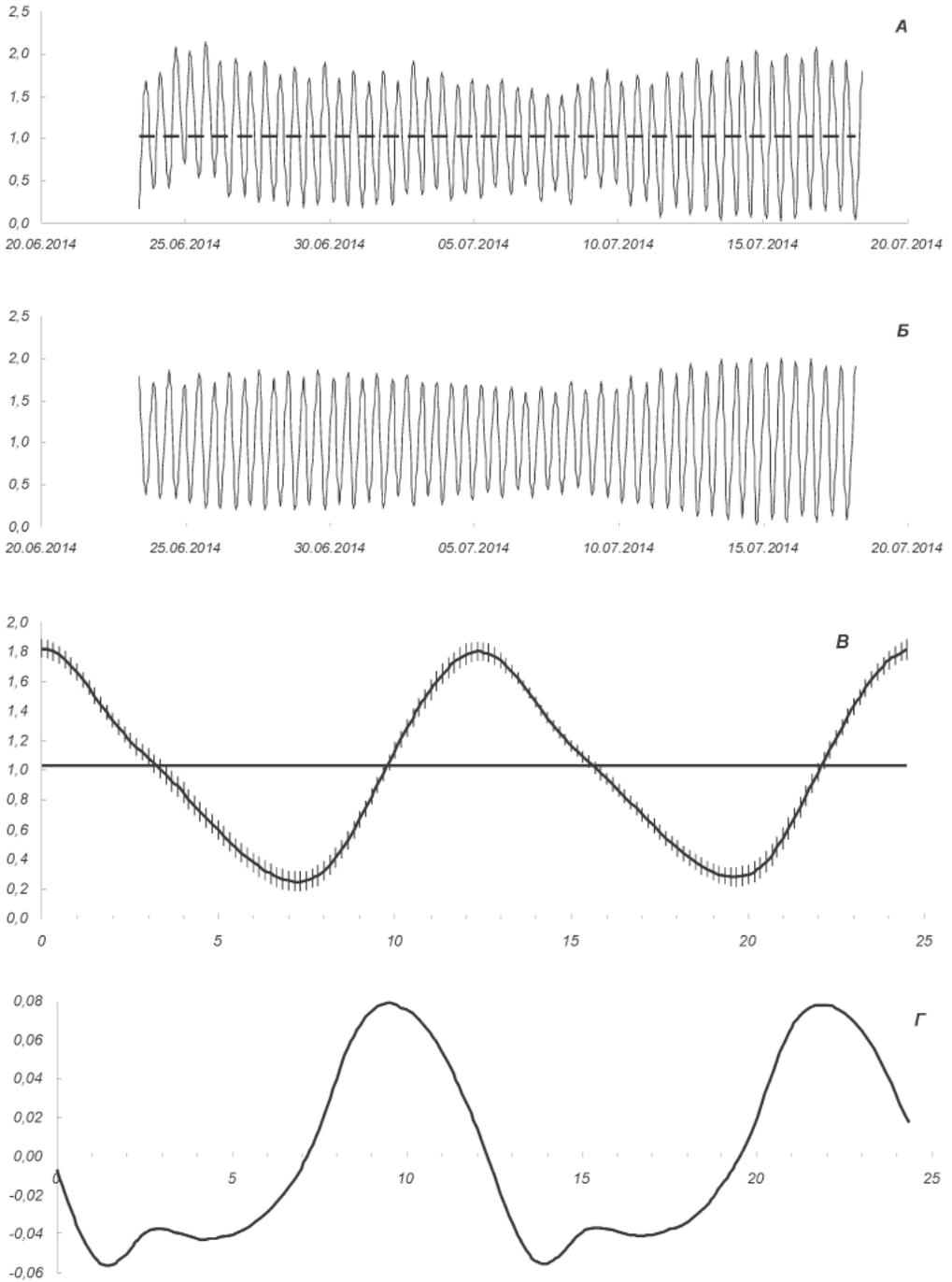


Рис. 4. Приливы у о-ва Высокого. Обозначения как на рис. 2.

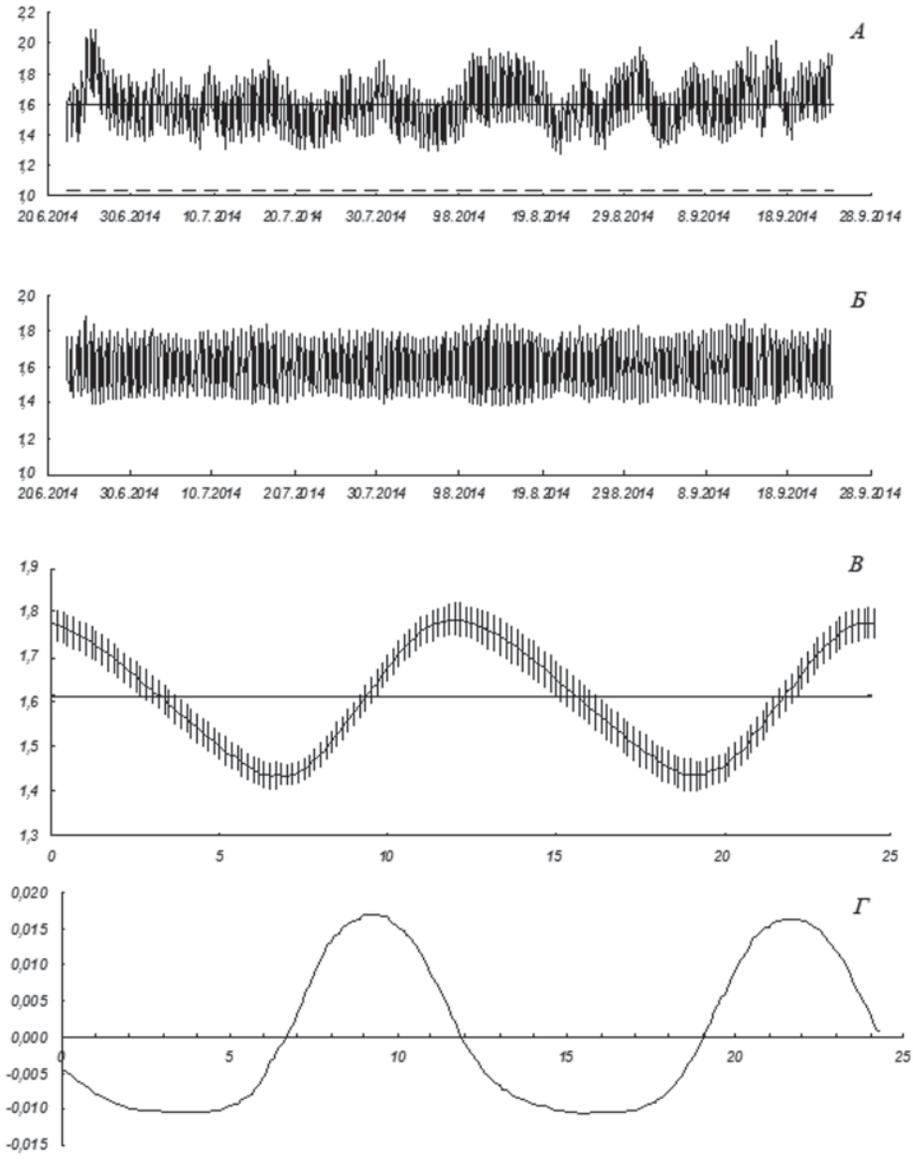


Рис. 5. Приливы на Городецком пороге. Обозначения как на рис. 2.

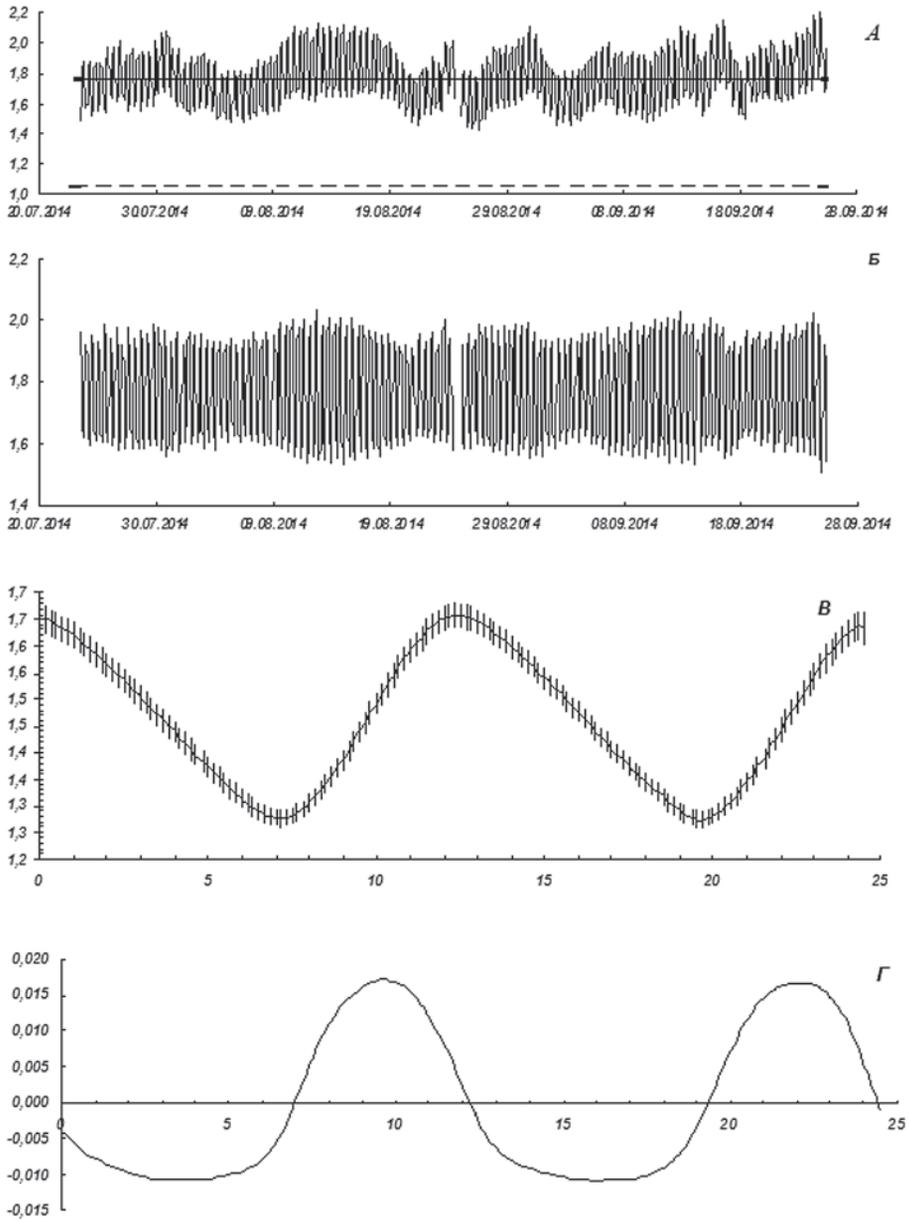


Рис. 6. Приливы на Купчинном пороге. Обозначения как на рис. 2.

Таблица 5. Основные характеристики приливной волны у о-ва Высокого

Характеристика	Среднее $\pm$ ошибка
$z_{02}$ , м	1,04
Средняя высота приливной волны в сизигию, м	
Полнолуние	$1,89 \pm 0,04$
Новолуние	$1,55 \pm 0,03$
Средняя высота приливной волны в квадратуру, м	$1,28 \pm 0,04$
Суточные неравенства, м	
Малые воды	$0,088 \pm 0,011$
Полные воды	$0,112 \pm 0,009$
Полумесячные неравенства, м	
Полнолуние	$0,62 \pm 0,06$
Новолуние	$0,30 \pm 0,05$
Месячные неравенства сизигийных вод, м	$0,34 \pm 0,05$
Среднее время возвышения прилива, ч:мин	$5:08 \pm 0:02$
Среднее время падения прилива, ч:мин	$7:09 \pm 0:01$
Средняя фазовая асимметрия, ч:мин	$2:01 \pm 0:03$

Прилив у Пирса запаздывает на 20 мин относительно Киндо мыса, а у Высокого — на 30 мин (рис. 7), несмотря на то, что первое расстояние вдвое меньше второго. Можно предполагать, что меньшая задержка на большем расстоянии во втором случае объясняется мелководностью Еремеевского порога, препятствующего свободному проходу приливной волны. Знание указанных задержек позволяет сделать соответствующие поправки для предвычисления времени наступления полных и малых вод у Киндо мыса и о-ва Высокого. Поправками на высоту стояния воды можно пренебречь, так как они крайне незначительны (табл. 3–5).

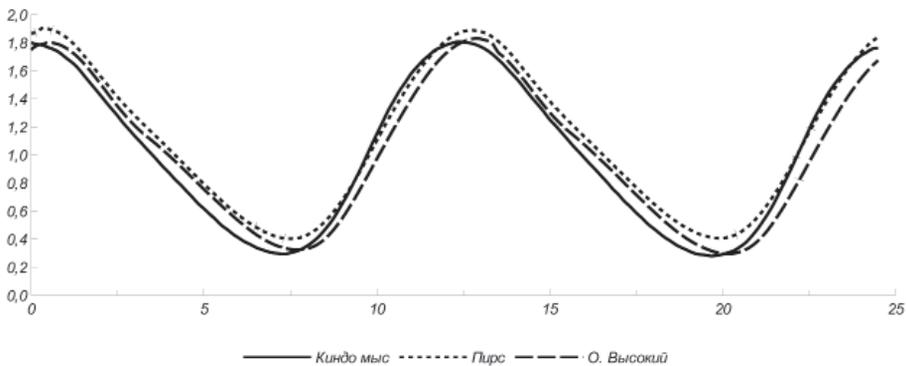
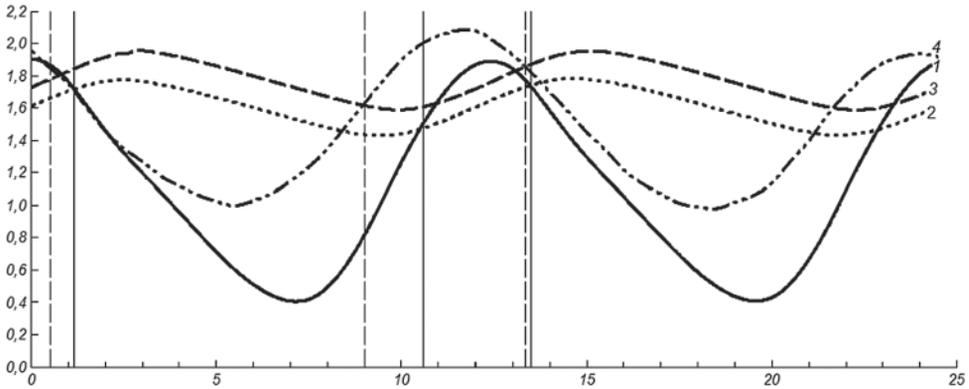


Рис. 7. Усредненные приливные волны у мыса Киндо мыса (сплошная линия; за начало отсчета времени принят момент наступления полной воды в этой точке), Пирса БС МГУ (пунктирная линия) и о-ва Высокого (штриховая линия). По оси абсцисс — время, приливные часы; по оси ординат — уровень стояния воды, м.



**Рис. 8.** Усредненные приливные волны у Пирса (сплошная линия, 1; за начало отсчета времени принят момент наступления полной воды в этой точке), на Городецком пороге (пунктирная линия, 2) и на Купчинном пороге (штриховая линия, 3) и в Станцевой губе (штрихпунктирная линия, 4). По оси абсцисс — время, приливные часы; по оси ординат — уровень стояния воды, м. Вертикальными сплошными линиями отмечены сроки совпадения уровня прилива у Пирса и на Городецком пороге, а штриховыми — в Станцевой губе и на Купчинном пороге.

Использованы оригинальные данные (Пирс, Городецкий и Купчинный пороги), а также значения, предвычисленные с помощью программы WXTide32 (Станцевая губа).

Во всех трех местах приблизительно через 2 часа после наступления полных вод наблюдается слабая и статистически недостоверная, но все же заметная тенденция к замедлению падения уровня, все более явная по мере приближения к куту губы (рис. 2Г–4Г). Такое явление известно для беломорских отливов в ряде мест, и иногда приводит к более или менее продолжительному стоянию воды или даже развитию четвертьсуточных приливов (Люция Белого моря, 1983; Таблицы..., 1990; Кравец и др., 1991). В таких случаях его называют местным термином *маниха*. Чаще всего она объясняется особенностями донного рельефа и сложной конфигураций береговой линии. Настоящей манихи в Ругозерской губе, конечно, нет, но наличие обильных мелей и узкостей, несомненно, способствует искажению приливной волны.

В общем, если не считать смещения по времени, приливы в Ругозерской губе весьма сходны на всем ее протяжении. Иная картина наблюдается в Бабьем море, приливы которого резко отличаются от таковых в губе. Моменты наступления полных и малых вод на Городецком пороге задерживаются относительно Пирса на 2 ч 40 мин, а на Купчинном на — на 2 ч 50 мин (рис. 8). Кроме того, регулярность приливной волны в Бабьем море, особенно на Городецком пороге выражена значительно слабее, чем в Ругозерской губе, следовательно, предвычисление приливов этого водоема не может быть точным.

Прилив в Бабьем море имеет специфические черты, выражающиеся, прежде всего в том, что полумесячные неравенства не имеют обычного для Белого моря характера, и их зависимость от сизигийных приливов в Ругозерской губе выражена в первую очередь в колебаниях среднего уровня, на фоне которого увеличение высоты волны практически незаметно на исходных данных. Ветровые нагоны, поднима-

ющие уровень воды в губе, приводят к такому же эффекту. Таким образом, выявление полумесячных и месячных неравенств возможно только на трансформированных рядах (табл. 6, 7; рис. 5А, Б; 6А, Б).

Усредненные приливные волны в Бабьем море отличаются от таковых в Ругозерской губе. Высота их вчетверо меньше, а скорость падения уровня приблизительно одинакова в течение всего отлива, и не отмечено ее снижения во время 2–4-го приливного часа, как это наблюдается в губе (рис. 5Г, 6Г).

Уровень стояния полных и малых вод определяет границы литоральной зоны, что весьма актуально для гидробиологических исследований, поэтому этот вопрос необходимо рассмотреть применительно к исследованной акватории.

**Таблица 6.** Основные характеристики приливной волны на Городецком пороге

Характеристика	Среднее ± ошибка
$z_0$ , м	1,61
Средняя высота приливной волны в сизигию, м	
Полнолуние	0,42 ± 0,01
Новолуние	0,39 ± 0,01
Средняя высота приливной волны в квадратуру, м	0,33 ± 0,01
Суточные неравенства, м	
Малые воды	0,035 ± 0,002
Полные воды	0,055 ± 0,003
Полумесячные неравенства, м	
Полнолуние	0,09 ± 0,01
Новолуние	0,06 ± 0,01
Месячные неравенства сизигийных вод, м	0,03 ± 0,01
Среднее время возвышения прилива, ч:мин	5:12 ± 0:02
Среднее время падения прилива, ч:мин	7:30 ± 0:02
Средняя фазовая асимметрия, ч:мин	2:07 ± 0:03

**Таблица 7.** Основные характеристики приливной волны на Купчинном пороге

Характеристика	Среднее ± ошибка
$z_0$ , м	1,76
Средняя высота приливной волны в сизигию, м	
Полнолуние	0,44 ± 0,01
Новолуние	0,39 ± 0,01
Средняя высота приливной волны в квадратуру, м	0,35 ± 0,01
Суточные неравенства, м	
Малые воды	0,034 ± 0,002
Полные воды	0,050 ± 0,005
Полумесячные неравенства, м	
Полнолуние	0,09 ± 0,01
Новолуние	0,04 ± 0,01
Месячные неравенства сизигийных вод, м	0,05 ± 0,01
Среднее время возвышения прилива, ч:мин	5:12 ± 0:03 5:09
Среднее время падения прилива, ч:мин	7:04 ± 0:03 6:58
Средняя фазовая асимметрия, ч:мин	1:52 ± 0:04 1:49

В пределах Ругозерской губы, где наблюдаются характерные для Кандалакшского залива приливы, границы литорали не отличаются от обычных. Иное дело — Бабье море. Собственно, полоса, подверженная регулярному ежедневному осушению, то есть литораль в обычном понимании этого термина, из-за значительных колебаний среднего уровня прилива в результате повышения высот полных вод Ругозерской губе в сизигии и во время ветровых нагонов, заключена здесь в среднем между уровнями около 0,94 и 0,99 м и составляет, следовательно, не более 5 см по вертикали. Между тем, область возможного осушения достигает 50 см, а разница высот стояния воды в каждый конкретный приливной цикл оказывается равной приблизительно 40 см (табл. 8). Таким образом, осушенная полоса Бабьего моря не имеет четких границ из-за значительных колебаний уровня полных и малых вод, вызванных повышениям уровня прилива в Ругозерской губе по названным выше причинам. Таким образом, можно считать, что литорали в этом водоеме нет вообще, или если угодно, она лишена среднего горизонта и представлена только нижним и верхним, которые чередуются каждые две недели.

**Таблица 8.** Уровни стояния в полные и малые воды на Городецком и Купчинном порогах над нулем глубин у Пирса

Порог	Полные воды			Малые воды		
	Средний уровень, м	Минимум, м	Максимум, м	Средний уровень, м	Минимум, м	Максимум, м
Городецкий	1,79 ± 0,01	1,57	2,10	1,42 ± 0,01	1,28	1,72
Купчинный	1,95 ± 0,01	1,51	2,13	1,58 ± 0,01	1,45	1,68

Е.В. Соколова (1934) отмечает, что уровень Бабьего моря выше, чем в прилегающих акваториях. Во время отлива этой действительно так, об этом же говорят и значения  $z_0$ . Во время полных вод уровни, естественно, уравниваются (рис. 8). Аналогичное превышение среднего уровня отмечено и для Белого моря по сравнению Баренцевым. Разница в отдельных местах составляет 1–6 см\*. Это объясняют нелинейными искажениями приливной волны  $M_2$  (Кравец, 1991).

Е.В. Соколова (1934) указывает, что высота прилива на Городецком пороге достигает 1 м, на Купчинном — 1,5 м. Судя по этим данным, она устанавливала футштоки с мористых сторон обоих порогов. В нашем распоряжении нет натуральных измерений в открытой части Кандалакшского залива вблизи входа в Купчинный порог, однако можно воспользоваться предвычисленными значениями высот полных и малых вод, которые дает программа WXTide32 для Станцевой губы (были использованы данные за то время, когда работали наши датчики). Она расположена в шести милях на восток-юго-восток от интересующего нас места (координаты 66°34' N, 33°24' E). По этому источнику основные параметры приливов таковы:  $z_0 = 1,50 \pm 0,05$  (Таблицы..., 1990 дают значение 1,21), максимальное возвышение на полных водах 2,60 м, среднее значение  $2,27 \pm 0,01$  м, минимальный уровень малых вод 0,40 м, среднее значение  $0,74 \pm 0,01$  м.

Таким образом, наши материалы диаметрально расходятся со сведениями, приводимыми Е.В. Соколовой: высота прилива в Ругозерской губе оказывается ниже, а выше на полметра по сравнению с открытой частью Кандалакшского зали-

\* Точных данных для Кандалакшского залива в литературе нет.

ва (рис. 8). В этом нет ничего удивительного: входя в узкость Великой салмы, волна и должна повышаться.

Моменты наступления малых вод в Станцевой губе опережают таковое у Пирса на 1 ч 35 мин. Это смещение, скорее всего, объясняется задержкой приливной волны в Великой салме и Ругозерской губе, вызванной вхождением прилива в узкость и наличием в ней обильных мелей.

Нет никаких сомнений в том, что приливная волна, проходя шестимильное расстояние между Станцевой губой и входом в Купчинный порог, достигает на последнем своих нижних и верхних экстремумов несколько позже, однако в нашем распоряжении нет никаких данных, которые позволяли бы вычислить эту задержку. Следовательно, полученные результаты следует считать предварительными. В любом случае это опоздание вряд ли превышает полчаса. Е.В. Соколова (1934) отмечает, что разница эта составляет 1 ч 20 мин, что хорошо согласуется с нашими предположениями, отличаясь от них всего 15 мин. Вызывает удивление, что по ее данным прилив Бабьего моря опаздывает по сравнению с мористой стороной Купчинного порога тоже на 1 ч 20 мин, в то время как наши измерения дают разницу в три с половиной часа. Возможны два объяснения. Первое заключается в том, что она ошиблась, второе, — что в пределах бабьеморской акватории прилив асинхронен, и сроки наступления полных и малых вод вблизи порогов заметно отличаются от таковых в средней части водоема. Ответ на этот вопрос могут дать только дальнейшие наблюдения. В любом случае можно определенно утверждать, что по нашим данным воды Купчинного порога с его внутренней стороны запаздывают по сравнению водами Городецкого всего на полчаса, как это недвусмысленно следует из наших данных (рис. 8).

То, что средний уровень прилива на Купчинном пороге несколько выше, чем на Городецком (табл. 6, 7; рис. 7), может объясняться постоянным подпором со стороны достаточно мощного приливного течения, входящего со стороны Ругозерской губы или асинхронностью наступления полных вод в этой губе и в открытой части Кандалакшского залива у северного побережья о-ва Великого. Если второе предположение верно, то роль Купчинного порога в формировании приливов Бабьего моря не столь уж незначительна, как это может показаться с первого взгляда, и через этот порог, несмотря на его узость и мелководность, проходит достаточно большой объем воды.

В своей статье 1934 г. Е.В. Соколова указывает, что для простоты расчетов она использовала 12-часовой приливный цикл, а не истинный, равный 12 ч 42 мин. Между тем, описывая течения на порогах (см. таблицу в названной работе), она отмечает, что они синхронны и по продолжительности равны 5 ч в обоих направлениях. Таким образом, из этой таблицы следует, что она использовала 10-часовой приливный цикл. Наши данные заметно отличаются (рис. 8). Так, на Городецком пороге приблизительно через час после наступления полной воды у Пирса уровни в Ругозерской губе и Бабьем море и уравниваются, и, следовательно, вода начинает из него вытекать. Через 9 с половиной часов после этого уровни вновь уравниваются, и течение на пороге должно менять свое направление на 3 ч. Аналогично, на Купчинном пороге питающее течение должно начинаться за 3 ч до полной воды у Пирса и продолжаться около 4 ч, а стоковое длиться 8 с половиной часов. Таким образом, судя по полученным данным, течения на порогах асинхронны и имеют разную продолжительность. Эти соображения требуют проверки натурными наблюдениями.

## Литература

- Голяндина Н.Э. 2004. Метод «Гусеница» – SSA: анализ временных рядов: Уч. пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ. 76 с.
- Кондрин А.Т., Пантюлин А.Н. 2010. Приливные колебания уровня в эстуарной системе Великая Салма–Ругозерская губа Белого моря // Вестн. МГУ. Сер.5. География. № 6. С.67–72.
- Кравец А.Г. 1991. Многолетние колебания уровня моря // Б.Х. Глуховский (ред.). Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.2. Белое море. Вып.1. Часть 2. Гидрометеорологические условия. Гидрологический режим. Л.: Гидрометеоиздат. С.100–103.
- Кравец А.Г., Сгибнева Л.А., Цвезинский А.С. 1991. Приливы и приливные течения // Б.Х. Глуховский (ред.). Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.2. Белое море. Вып.1. Часть 2. Гидрометеорологические условия. Гидрологический режим. Л.: Гидрометеоиздат. С.146–193.
- Наумов А.Д. 2006. Двустворчатые моллюски Белого моря. Опыт эколого-фаунистического анализа. // Исслед. фауны морей. СПб. Т.59 (67). 367 с.
- Лоция Белого моря. 1983. Главное управление навигации и океанографии. 344 с.
- Соколова Е.В. 1934. Материалы к гидрологии Бабьего моря // Исслед. морей СССР. Т.20. Работы Беломорской методологической станции ГГИ. № 2. С.33–42.
- Таблицы приливов.1990. Т. 1. Воды европейской части СССР. Л. 248 с.
- Colebrook J.M. 1978. Continuous plankton records: zooplankton and environment, North-East Atlantic and North Sea 1948–1975. // *Oceanologia acta*. No.1. P.9–23.
- Ibanez F., Dauvin J.-C. 1988. Long-term changes (1977–1987) in a muddy fine sand *Abra alba* – *Melinna palmata* community from Western English Channel: multivariate time-series analysis. // *Mar. ecol. Prog. Ser.* Vol.49. P.65–81.

Интернет-ресурсы

WXTide32 (<http://www.wxtide32.com/>)

Беломорская биологическая станция им. Н.А. Перцова Биофака МГУ. Приливы и отливы (<http://wsbs-msu.ru/doc/index.php?ID=53>)