



[https://doi.org/10.59887/2073-6673.2025.18\(3\)-4](https://doi.org/10.59887/2073-6673.2025.18(3)-4)

EDN OGYUUI

УДК 551.466.7

© И. П. Медведев*, 2025

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36

*patamates@gmail.com

Резонансное усиление суточных приливов в Финском заливе

Статья поступила в редакцию 03.04.2025, после доработки 04.08.2025, принята в печать 29.08.2025

Аннотация

На основе анализа уровенных данных на семи береговых мареографах исследован резонансный механизм формирования суточного прилива в Финском заливе. Ключевую роль в формировании приливного режима в Балтийском море играет собственный прилив — реакция водной толщи бассейна на прямое воздействие приливообразующей силы. Важной особенностью прилива в Балтийском море является преобладание суточных приливов над полусуточными. Выявлено, что чем ближе частота приливной гармоника к собственной частоте бассейна, тем будет статический отклик этой гармоника. Это резонансное усиление приливных суточных гармоник происходит из-за влияния собственных колебаний Финского залива и всего Балтийского моря, которые имеют период около 27 ч. Именно из-за резонансного усиления суточных приливных колебаний в Финском заливе максимальная величина прилива в этой части моря может достигать 19 см.

Ключевые слова: приливной резонанс, суточные приливы, Финский залив, Балтийское море, сейши

© I. P. Medvedev*, 2025

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, 36 Nakhimovsky Prosp., Moscow 117997, Russia

*patamates@gmail.com

Resonant Amplification of Diurnal Tides in the Gulf of Finland

Received 03.04.2025, Revised 04.08.2025, Accepted 29.08.2025

Abstract

Based on the analysis of sea level data from seven coastal tide gauges, the resonance mechanism of diurnal tide formation in the Gulf of Finland was investigated. The main role in the formation of the tidal regime in the Baltic Sea is played by the independent tide, the response of the water column of the basin to the direct impact of the tide-generating forces. An important feature of the tide in the Baltic Sea is the predominance of diurnal tides over semidiurnal ones. It was found that the closer the frequency of the tidal harmonic to the natural frequency of the basin, the stronger the equilibrium response of this tidal harmonic. Such resonance increase in the tidal diurnal components is caused by tidal resonance, the influence of natural oscillations of the Gulf of Finland and the entire Baltic Sea with a period of about 27 hours. It is the presence of resonant amplification of diurnal tidal oscillations in the Gulf of Finland that leads to the fact that the maximum tidal range in this part of the sea reaches 19 cm.

Keywords: tidal resonance, diurnal tides, Gulf of Finland, Baltic Sea, seiche

1. Введение

Балтийское море представляет собой почти полностью замкнутый шельфовый бассейн. С открытым океаном его соединяют узкие и мелководные Датские проливы. Эти топографические особенности формируют внутри моря особый режим изменений уровня, который значительно отличается от колебаний уровня

Ссылка для цитирования: Медведев И.П. Резонансное усиление суточных приливов в Финском заливе // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2025. Т. 18, № 3. С. 53–59. EDN OGYUUI.

[https://doi.org/10.59887/2073-6673.2025.18\(3\)-4](https://doi.org/10.59887/2073-6673.2025.18(3)-4)

For citation: Medvedev I.P. Resonant Amplification of Diurnal Tides in the Gulf of Finland. *Fundamental and Applied Hydrophysics*. 2025;18(3):53–59. [https://doi.org/10.59887/2073-6673.2025.18\(3\)-4](https://doi.org/10.59887/2073-6673.2025.18(3)-4)

в открытом океане [1]. В отличие от открытого океана, где приливы играют важную роль в изменении уровня моря, их вклад в Балтийском море почти незаметен из-за узких Датских проливов [2]. Таким образом, мезомасштабные колебания уровня Балтийского моря преимущественно определяются процессами, которые образуются внутри бассейна моря [3, 4]. Эти колебания уровня моря, которые в вершинах заливов Балтики достигают нескольких метров, связаны главным образом с штормовыми нагонами, вызванными перемещением циклонов над акваторией моря, и сейшми — затухающими собственными колебаниями бассейна после прекращения действия вынуждающей силы (например, ветра).

Изменения уровня Балтийского моря подвержены влиянию двух типов приливов: индуцированного и собственного. Приливные волны, приходящие из смежного Северного моря через проливы Скагеррак и Каттегат, — это индуцированный прилив. В исследовании [5] было установлено, что внешние колебания уровня воды из пролива Каттегат проникают в Балтийское море в значительно ослабленном виде: при периоде колебаний 10 суток амплитуда колебаний становится в 10 раз меньше. Чем выше частота колебаний, тем существеннее они ослабевают при прохождении через проливы. Вследствие этого влияние индуцированного прилива очень слабое и проявляется лишь в увеличении амплитуд полусуточных приливных гармоник в части акватории Балтийского моря вблизи Датских проливов [6].

Как и в других изолированных внутриматериковых морях, таких как Черное [7] и Каспийское [8, 9], преобладающую роль в формировании приливного режима в Балтийском море играет собственный прилив [10, 11]. Этот прилив представляет — реакция водной толщи бассейна на прямое воздействие приливообразующей силы [6, 10, 12].

В [11] на основе анализа данных длительных рядов ежечасных наблюдений на 35 мареографах были исследованы приливные колебания уровня Балтийского моря и показано, что приливы в море носят в основном суточный или неправильный суточный характер, достигая максимальной величины в восточной части Финского залива — до 17–19 см. Авторы предположили [11], что преобладание суточных гармоник над полусуточными связано с резонансными особенностями акватории Балтийского моря. В настоящем исследовании на основе анализа уровенных данных на нескольких береговых мареографах был исследован вопрос резонансного механизма формирования суточного прилива в Финском заливе.

2. Данные и методы

В настоящем исследовании для анализа приливов в Финском заливе были использованы данные наблюдений на семи береговых мареографах из работы [11]: на эстонских станциях Нарва и Таллинн, финских Фегло и Ханко, а также российских — Выборг, Ломоносов и Кронштадт (рис. 1). Эти станции, расположенные на побережье Финского залива, обеспечили равномерное покрытие территории, что позволило провести детальное исследование резонансного усиления приливов в заливе. На российских станциях записи имели период наблюдений с 1992 по 2006 гг., на финских — с 1992 по 2008 гг., в Таллинне — с 1978 по 1995, а в Нарве — с 1978 по 2009 гг. Все ряды наблюдений были приведены к одному временному поясу (UTC0). Дискретность наблюдений на всех станциях составляла 1 ч.

3. Результаты

На станциях Выборг и Кронштадт с помощью быстрого преобразования Фурье с использованием окна Кайзера–Бесселя с половинным перекрытием (длина 16382 ч) были рассчитаны спектры колебаний уровня моря $S_x(f)$, где f — частота (рис. 2, а–б). На этих спектрах хорошо видны аномалии спектральной плотности колебаний уровня моря, связанные с двумя различными составляющими: сейшми и приливами. Частотно-избирательные свойства (геометрия) бассейна определяют периоды сейш. Основные моды собственных колебаний моря в спектре имеют форму широких горбов-ступенек — локальных широких максимумов непрерывного спектра относительно функции спадающей спектральной плотности f^2 , характерной для длинноволновых процессов в Мировом океане. В Финском заливе можно выделить широкие горбы основной моды собственных колебаний уровня Балтийского моря с периодом 26–29 ч и локальной моды с периодом около 8 ч (рис. 2, а–б). Ширина этих спектральных пиков определяется нестационарностью и стохастичностью вынуждающих факторов, а также влиянием трения. Приливные колебания имеют дискретный спектр в виде узких пиков на частотах основных приливных гармоник (K_1 , O_1 , M_2 , S_2 на рис. 2, а–б). Для уточнения периода основной сейшевой моды Балтийского моря были рассчитаны спектры, нормированные на закон спадающей f^2 . Для Выборга и Кронштадта центральный период основной моды собственных колебаний моря близок к 27 ч (рис. 2, в–г).

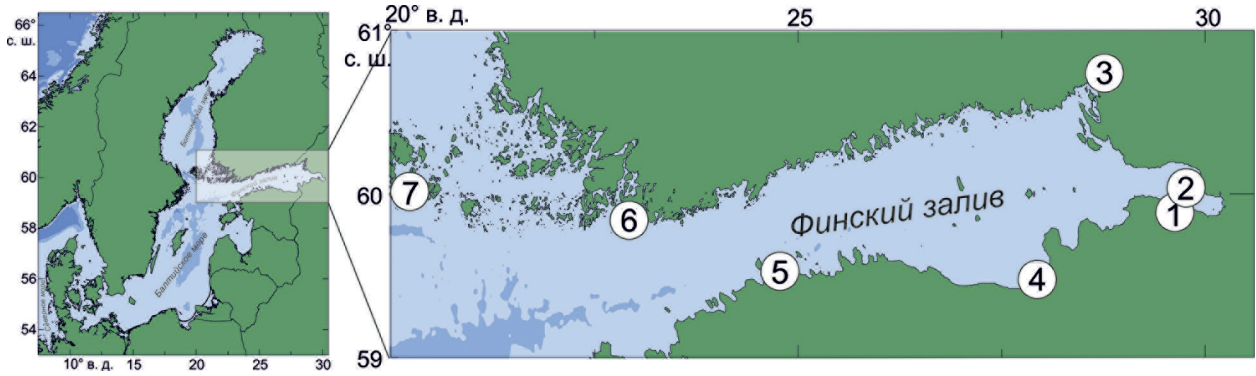


Рис. 1. Карта расположения станций: Ломоносов (1), Кронштадт (2), Выборг (3), Нарва (4), Таллинн (5), Ханко (6) и Фёгло (7)

Fig. 1. Location of stations: Lomonosov (1), Kronstadt (2), Vyborg (3), Narva (4), Tallinn (5), Hanko (6) and Föglö (7)

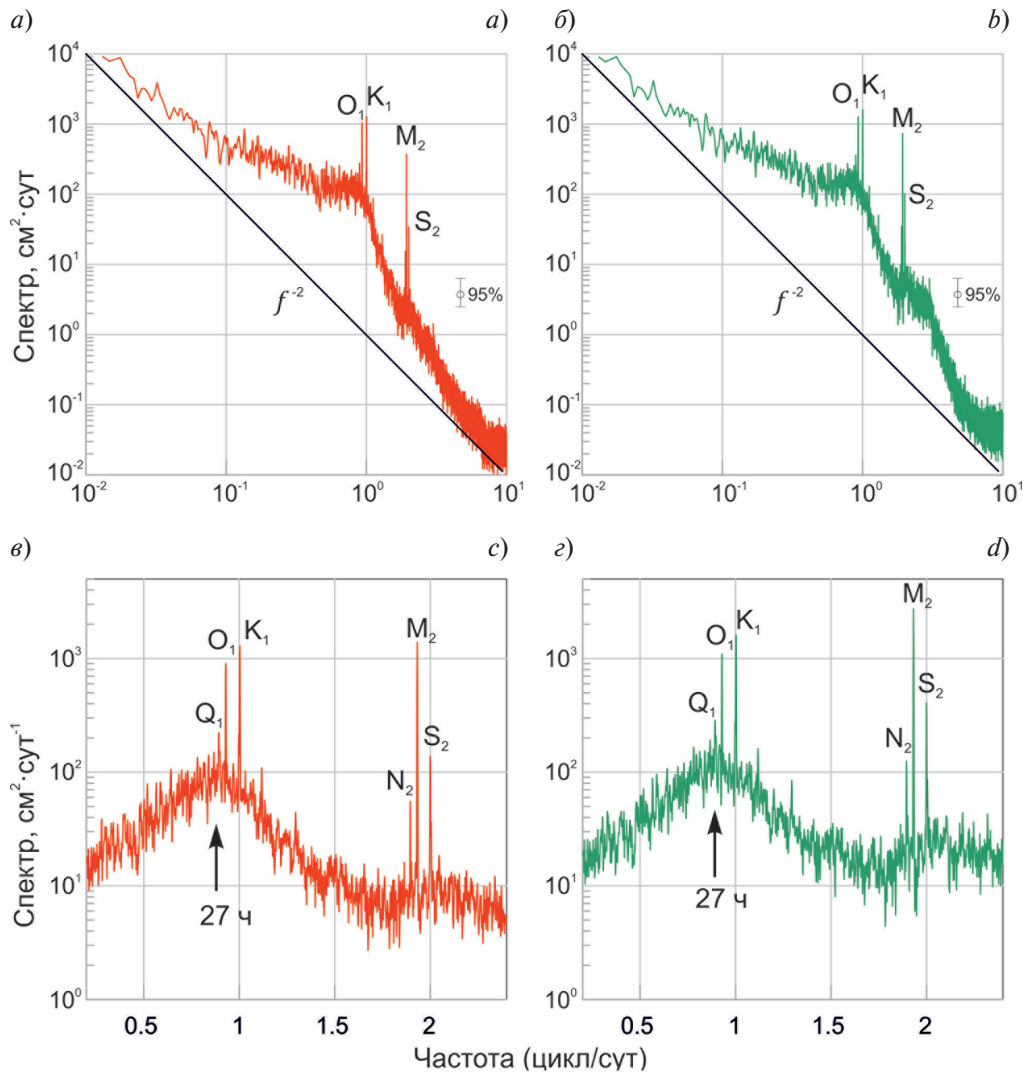


Рис. 2. Спектры колебаний уровня Финского залива на станциях (а) Выборг и (б) Кронштадт и (в–г) нормированные спектры $S_x(f) \cdot f^2$ на этих станциях для диапазона частот от 0,2 до 2,4 цикл/сут

Fig. 2. Spectra of sea level oscillations in the Gulf of Finland at stations (a) Vyborg and (b) Kronstadt and (c–d) normalized spectra $S_x(f) \cdot f^2$ at these stations for the frequency band from 0.2 to 2.4 cpd

Ограниченная пропускная способность Датских проливов приводит к тому, что на масштабах периодов, соответствующих суточным и полусуточным приливам, Балтийское море становится почти замкнутым морем. Океанские приливные волны, имеющие в Северном море преимущественно полусуточный характер, очень слабо проникают через Датские проливы в Балтику. Вследствие чего в Балтийском море наиболее выражен собственный прилив, который возникает в результате реакции воды на гравитационные силы Луны и Солнца. Если в Северном море, которое через систему проливов связано с Балтийским морем, амплитуды полусуточных гармоник превышают амплитуды суточных в 20–30 раз [10], то в Балтийском море преобладают уже суточные приливы [11]. Вероятной причиной усиления суточных приливов в Балтийском море является приливной резонанс: частота приливных колебаний f_D близка или совпадает с одной из собственных частот бассейна f_n . В этой ситуации фазовые соотношения между приливным воздействием на бассейн и его реакцией обеспечивают максимальное развитие приливных колебаний [12]. Отношение f_D/f_n определяет характер усиления колебания. В случае резонанса ($f_D = f_n$) в бассейне максимально выражена синфазность между внешним воздействием и собственными колебаниями уровня воды в нем, что приводит к накоплению энергии и увеличению амплитуды колебаний. В реальном бассейне резонансное увеличение энергии компенсируется её диссипацией из-за трения о дно на мелководье. В результате устанавливается стационарный режим колебания на предельном, чисто резонансном уровне насыщения [12].

Доминирующий период собственных колебаний уровня Балтийского моря и Финского залива находится в диапазоне от 26 до 29 ч [13, 14]. Если принять за центральный период основной моды собственных колебаний 27 ч ($f_1 = 0,8727$ цикл/сут), то отношение f_D/f_n для $K_1 = 1,13$ ($f_{K_1} = 1,0029$ цикл/сут), для $O_1 = 1,05$ ($f_{O_1} = 0,9295$ цикл/сут), а для $Q_1 = 1,00$ ($f_{Q_1} = 0,8932$ цикл/сут). Это означает, что при уменьшении частоты колебательный режим приближается к резонансному уровню насыщения. Данный вывод подтверждается отношением амплитуд основных гармоник, рассчитанных в [11]: в Балтийском море амплитуда гармоники O_1 в среднем превышает амплитуду гармоники K_1 , хотя в приливном потенциале амплитуда гармоники O_1 примерно на 30 % меньше, чем K_1 [15, 16].

Оценка статического (равновесного) отклика («equilibrium response») отдельных гармоник позволила определить особенности формирования приливов в Балтийском море. Был рассчитан статический отклик $R_j = H_j^{obs} / H_j^{eq}$, где H_j^{obs} — амплитуда j -й приливной гармоники по данным наблюдений, а H_j^{eq} — теоретическая амплитуда из разложения приливного потенциала [15, 16]. Для расчета R_j были использованы амплитуды основных суточных (Q_1, O_1, P_1, K_1) и полусуточных (N_2, M_2, S_2, K_2) гармоник, рассчитанные в [11] по отдельным годовым сериям наблюдений с последующим векторным усреднением. Отметим, что очень близкие значения гармонических постоянных для этих станций были получены в [17] при использовании иного подхода к анализу — прямому расчёту приливов по длительному ряду наблюдений за 20 лет.

В центральной части Балтийского моря (станция Фёгло на рис. 3) отношение амплитуд для всех четырех суточных гармоник к их теоретическому значению близко к 1. При приближении к вершине Финского залива статический отклик R_j растёт. Передаточная функция R_j приобретает наклон: чем меньше частота гармоники, тем больше значение R_j . При приближении к вершине залива угол наклона передаточной функции увеличивается. Так, в вершине Финского залива (станции Кронштадт и Ломоносов на рис. 3) для гармоники K_1 значение R_j близко к 6, а для суточной гармоники с наименьшей частотой (Q_1) более 9,5. Это усиление суточных приливных колебаний происходит из-за собственных колебаний Финского залива и всего Балтийского моря с периодом около 27 ч. Чем ближе частота приливной гармоники f_D к собственной частоте бассейна f_1 , тем сильнее отклик R_j .

В полусуточном диапазоне частот значения статического отклика R_j в центральной части Балтики для всех четырех гармоник близки к единице. При движении к вершине Финского залива эти значения увеличиваются всего лишь в два раза. Соотношение между значениями R_j для различных гармоник остается постоянным, и нет явного наклона передаточных кривых.

4. Обсуждение и заключение

Во многих частях Мирового океана аномально высокие приливы связаны с резонансным усилением. Например, ярко выраженный приливной резонанс является одной из основных причин формирования одного из самых высоких приливов на планете в заливе Фанди [18, 19]. В заливе Унгава, расположенном в Гудзоновом проливе, максимальная высота прилива может конкурировать с заливом Фанди. В этом заливе также наблюдается приливной резонанс для полусуточных приливов [20]. Резонансный характер аномально высоких суточных приливов отмечается в проливах Хуан-де-Фука и Джорджия на тихоокеанском

по побережье Северной Америки [21]. В Адриатическом море и суточные и полусуточные приливы резонансно усиливаются из-за близости своих периодов к периодам фундаментальной (21,5 ч) и первой (10,9 ч) собственных мод собственных колебаний моря [22].

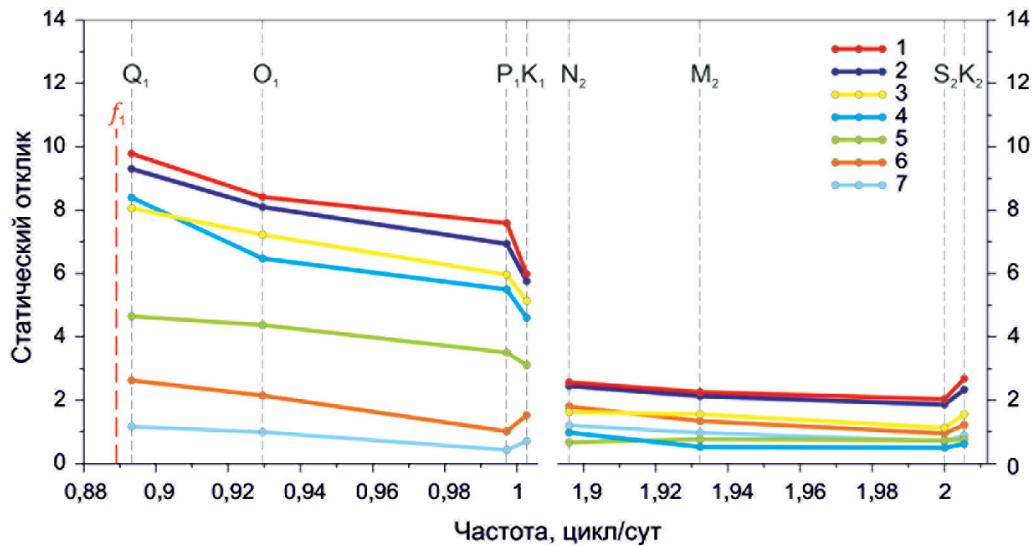


Рис. 3. Отношение наблюдаемых амплитуд основных суточных и полусуточных гармоник к теоретическим (разложению приливного потенциала) на станциях Ломоносов (1), Кронштадт (2), Выборг (3), Нарва (4), Таллинн (5), Ханко (6) и Фёгло (7). Красной штриховой вертикальной линией показана частота основной моды собственных колебаний Финского залива (f_1) с периодом 27 ч.

Fig. 3. Ratio of the observed amplitudes of the main diurnal and semidiurnal harmonics to the theoretical ones (decomposition of the tidal potential) at stations Lomonosov (1), Kronstadt (2), Vyborg (3), Narva (4), Tallinn (5), Hanko (6) and Föglö (7). The red dashed vertical line shows the frequency of the main mode of the natural oscillations of the Gulf of Finland (f_1) with a period of 27 hours

Резонансные усиления приливов можно выделить не только в отдельных морях и заливах, но и в океанах в целом. Так, в Атлантическом океане проявляется локальный резонанс на полусуточных частотах и антирезонанс на суточных [12]. В Тихом океане наблюдается обратная ситуация, но суточный резонанс в Тихом океане не настолько выраженный, как полусуточный в Атлантике.

В Балтийском море резонансный характер усиления приливов наблюдается только для суточного диапазона периодов. Пространственная структура основной моды собственных колебаний с периодом 26–29 ч имеет схожий характер с котидальными картами основных суточных приливных составляющих [11, 23]. В [14] была рассчитана спектральная частотная характеристика по синхронным рядам колебаний уровня моря для пары станций Ханко–Горный. Для моды с центральным периодом 27 ч значение частотной характеристики достигало 3,3, что близко к коэффициенту усиления 3,55 рассчитанного для гармоники Q_1 для пары станций Ханко–Кронштадт (рис. 3). На периодах близких к полусуточным приливам в Балтийском море и, в частности, в Финском заливе, не выявлено устойчивых сейшевых мод [14, 24]. Именно из-за резонансного усиления суточных приливных колебаний в Финском заливе максимальная величина прилива в этой части моря может достигать 19 см.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках Госзадания ИО РАН FMWE-2024-0018.

Funding

The research was carried out within the framework of the state project FMWE-2024-0018 of the Shirshov Institute of Oceanology RAS.

Литература

1. Lisitzin E. Sea Level Changes. Amsterdam: Elsevier, 1974. 286 p.
2. Wunsch C. Bermuda sea-level in relation to tides, weather and baroclinic fluctuations // *Reviews of Geophysics and Space Physics*. 1972. Vol. 10, N 1. P. 1–49. <https://doi.org/10.1029/RG010i001p00001>
3. Медведев И.П. О формировании спектра колебаний уровня Балтийского моря // Доклады Академии Наук. 2015. Т. 463, № 3. С. 347–352. EDN TZMFEJ. <https://doi.org/10.7868/S0869565215210185>
4. Медведев И.П. Пространственные и временные особенности синоптических и мезомасштабных колебаний уровня Балтийского моря // *Метеорология и гидрология*. 2018. № 12. С. 31–47.
5. Kulikov E.A., Medvedev I.P., Koltermann K.P. Baltic Sea Level Low-Frequency Variability // *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*. 2015. Vol. 67. 25642. EDN UGFDDH. <https://doi.org/10.3402/tellusa.v67.25642>
6. Medvedev I.P., Rabinovich A.B., Kulikov E.A. Tides in three enclosed basins: the Baltic, Black and Caspian seas // *Frontiers in Marine Science*. 2016. Vol. 3, N46. EDN YUWDGT. <https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00046>
7. Medvedev I.P. Tides in the Black Sea: observations and numerical modelling // *Pure and Applied Geophysics*. 2018. Vol. 175, № 6. P. 1951–1969. EDN YBXALB. <https://doi.org/10.1007/s00024-018-1878-x>
8. Медведев И.П., Куликов Е.А., Рабинович А.Б. Приливы в Каспийском море // *Океанология*. 2017. Т. 57, № 3. С. 400–416. EDN YTLWML. <https://doi.org/10.7868/S0030157417020137>
9. Medvedev I., Kulikov E., Fine I. Numerical modelling of the Caspian Sea tides // *Ocean Science*. 2020. Vol. 16, N 1. P. 209–219. EDN ZGIIXR. <https://doi.org/10.5194/os-16-209-2020>
10. Defant A. *Physical Oceanography*. Vol. 2. New York: Pergamon Press, 1961. 590 p.
11. Медведев И.П., Рабинович А.Б., Куликов Е.А. Приливные колебания в Балтийском море // *Океанология*. 2013. Т. 53, № 5. С. 596–611. EDN RCGMBV. <https://doi.org/10.7868/S0030157413050134>
12. Некрасов А.В. Энергия океанских приливов. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 288 с.
13. Wubber C., Krauss W. The two-dimensional seiches of the Baltic Sea // *Oceanologica Acta*. 1979. Vol. 2, N 4. P. 435–446.
14. Куликов Е.А., Медведев И.П. Изменчивость уровня Балтийского моря и наводнения в Финском заливе // *Океанология*. 2013. Т. 53, № 2. С. 167–174. EDN PXLGIL. <https://doi.org/10.7868/S003015741302010X>
15. Cartwright D.E., Tayler R.J. New computations of the tide-generating potential // *Geophysical Journal International*. 1971. Vol. 23, N1. P. 45–73. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1971.tb01803.x>
16. Pugh D., Woodworth P. *Sea-level science: understanding tides, surges, tsunamis and mean sea-level changes*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. 395 p.
17. Войнов Г.Н. Новые сведения о приливах в Финском заливе Балтийского моря // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2018. № 53. С. 83–96. EDN YWMPIT
18. Garrett C. Tidal resonance in Bay of Fundy and Gulf of Maine // *Nature*. 1972. Vol. 238. P. 441–443. <https://doi.org/10.1038/238441a0>
19. Godin G. On tidal resonance // *Continental Shelf Research*. 1993. Vol. 13. P. 89–107. [https://doi.org/10.1016/0278-4343\(93\)90037-X](https://doi.org/10.1016/0278-4343(93)90037-X)
20. Arbic B.K., St-Laurent P., Sutherland G. et al. On the resonance and influence of the tides in Ungava Bay and Hudson Strait // *Geophysical Research Letters*. 2007. Vol. 34, L17606. <https://doi.org/10.1029/2007GL030845>
21. Sutherland G., Garrett C., Foreman M. Tidal resonance in Juan de Fuca Strait and the Strait of Georgia // *Journal of Physical Oceanography*. 2005. Vol. 35. P. 1279–1286. <https://doi.org/10.1175/JPO2738.1>
22. Medvedev I.P., Vilibić I., Rabinovich A.B. Tidal resonance in the Adriatic Sea: Observational evidence // *Journal of Geophysical Research — Oceans*. 2020. Vol. 125, N8. e2020JC016168. EDN YFVYSG. <https://doi.org/10.1029/2020JC016168>
23. Войнов Г.Н. Общая характеристика приливов на основе новых значений гармонических постоянных в Финском заливе // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2019. № 56. С. 81–97. EDN VSIUIH. <https://doi.org/10.33933/2074-2762-2019-56-81-97>
24. Медведев И.П., Куликов Е.А. Экстремальные штормовые нагоны в Финском заливе: частотно-спектральные свойства и влияние низкочастотных колебаний уровня моря // *Океанология*. 2021. Т. 61, № 4. С. 528–538. EDN BEWSSG. <https://doi.org/10.31857/S0030157421040110>

References

1. Lisitzin E. Sea Level Changes. Amsterdam: Elsevier; 1974. 286 p.
2. Wunsch C. Bermuda sea-level in relation to tides, weather and baroclinic fluctuations. *Reviews of Geophysics and Space Physics*. 1972;10(1):1–49. <https://doi.org/10.1029/RG010i001p00001>

3. Medvedev IP. Formation of the Baltic Sea level spectrum. *Doklady Earth Sciences*. 2015;463(1):760–764. <https://doi.org/10.1134/S1028334X1507020X>
4. Medvedev IP. Spatial and Temporal Features of Synoptic and Mesoscale Variability of the Baltic Sea Level. *Russian Meteorology and Hydrology*. 2018;43(12):815–826. <https://doi.org/10.3103/S1068373918120026>
5. Kulikov EA, Medvedev IP, Koltermann KP. Baltic Sea Level Low-Frequency Variability. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*. 2015;67:25642. <https://doi.org/10.3402/tellusa.v67.25642>
6. Medvedev IP, Rabinovich AB, Kulikov EA. Tides in three enclosed basins: the Baltic, Black and Caspian seas. *Frontiers in Marine Science*. 2016;3:46. <https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00046>
7. Medvedev IP. Tides in the Black Sea: observations and numerical modelling. *Pure and Applied Geophysics*. 2018;175(6):1951–1969. <https://doi.org/10.1007/s00024-018-1878-x>
8. Medvedev IP, Kulikov EA, Rabinovich AB. Tidal oscillations in the Caspian Sea. *Oceanology*. 2017;57(3):360–375. <https://doi.org/10.1134/S0001437017020138>
9. Medvedev I, Kulikov E, Fine I. Numerical modelling of the Caspian Sea tides. *Ocean Science*. 2020;16(1):209–219. <https://doi.org/10.5194/os-16-209-2020>
10. Defant A. *Physical Oceanography*. Vol. 2. New York: Pergamon Press; 1961. 590 p.
11. Medvedev IP, Rabinovich AB, Kulikov EA. Tidal oscillations in the Baltic Sea. *Oceanology*. 2013;53(5):526–538. <https://doi.org/10.1134/S0001437013050123>
12. Nekrasov AV. *Energy of Oceanic Tides*. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1990. 288 p.
13. Wübbler C, Krauss W. The two-dimensional seiches of the Baltic Sea. *Oceanologica Acta*. 1979;2(4):435–446.
14. Kulikov EA, Medvedev IP. Variability of the Baltic Sea level and floods in the Gulf of Finland. *Oceanology*. 2013;53:145–151. <https://doi.org/10.1134/S0001437013020094>
15. Cartwright DE, Tayler RJ. New computations of the tide-generating potential. *Geophysical Journal International*. 1971;23(1):45–73. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1971.tb01803.x>
16. Pugh D, Woodworth P. *Sea-level science: understanding tides, surges, tsunamis and mean sea-level changes*. Cambridge: Cambridge University Press; 2014. 395 p.
17. Voinov GN. The new data of tides in the Gulf of Finland in the Baltic Sea. *Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University*. 2018;(53):83–96. (in Russian)
18. Garrett C. Tidal resonance in Bay of Fundy and Gulf of Maine. *Nature*. 1972;238:441–443. <https://doi.org/10.1038/238441a0>
19. Godin G. On tidal resonance. *Continental Shelf Research*. 1993;13:89–107. [https://doi.org/10.1016/0278-4343\(93\)90037-X](https://doi.org/10.1016/0278-4343(93)90037-X)
20. Arbic BK, St-Laurent P, Sutherland G, et al. On the resonance and influence of the tides in Ungava Bay and Hudson Strait. *Geophysical Research Letters*. 2007;34: L17606. <https://doi.org/10.1029/2007GL030845>
21. Sutherland G, Garrett C, Foreman M. Tidal resonance in Juan de Fuca Strait and the Strait of Georgia. *Journal of Physical Oceanography*. 2005;35:1279–1286. <https://doi.org/10.1175/JPO2738.1>
22. Medvedev IP, Vilibić I, Rabinovich AB. Tidal resonance in the Adriatic Sea: Observational evidence. *Journal of Geophysical Research — Oceans*. 2020;125(8): e2020JC016168. <https://doi.org/10.1029/2020JC016168>
23. Voinov GN. General characteristics of tides as the base new values of harmonic constants in the Gulf of Finland. *Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University*. 2019;(56):81–97. <https://doi.org/10.33933/2074-2762-2019-56-81-97> (in Russian)
24. Medvedev IP, Kulikov EA. Extreme Storm Surges in the Gulf of Finland: Frequency-Spectral Properties and the Influence of Low-Frequency Sea Level Oscillations. *Oceanology*. 2021;61(4):459–468. <https://doi.org/10.1134/S0001437021040111>

Об авторе

МЕДВЕДЕВ Игорь Павлович, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией цунами им. академика С.Л. Соловьева ИО РАН, кандидат физико-математических наук, SPIN-код (РИНЦ): 1867-8876, Scopus AuthorID: 55656381400, WoS ResearcherID: L-6118–2013, ORCID: 0000-0003-0748-0062, e-mail: patamates@gmail.com