

УДК 550.394.2

## **Аномальные колебания уровня моря, зарегистрированные в порту Холмск по данным наблюдений телеметрической сети Службы предупреждения цунами**

*Е. В. Веремьева<sup>1</sup>, Г.В.Шевченко<sup>2</sup>, Т. Н. Ивельская<sup>1</sup>  
Южно-Сахалинск*

В период с 2008 по 2012 год благодаря телеметрическим регистраторам цунами, установленным в рамках федеральной целевой программы «Снижение рисков...», было получено несколько записей аномальных колебаний уровня моря в диапазоне периодов цунами, образовавшихся по метеорологическим причинам, в разных пунктах Сахалинской области.

**Ключевые слова:** цунами, штормовые нагоны, опасные морские явления.

**Anomalous sea-level fluctuations in the port of Kholmsk from the observational data telemetry network of TWS.** *Eugeniya V. Veremeva, Tatiana N. Ivel'skaya, Federal Service of Russia for Hydrometeorology and Environmental Monitoring; Georgy V. Shevchenko, Institute of Marine Geology and Geophysics.*

In the period from 2008 to 2012 telemetry tsunami recorders of Russian tsunami warning system have recorded some meteotsunami's events. The article discusses the records of anomalous sea-level fluctuations obtained at the Kholmsk port in 2012.

**Keywords:** tsunami, storm surge, dangerous sea phenomenas.

### ***Введение***

Атмосферные процессы иногда могут быть причиной формирования аномальных колебаний уровня моря, которые по своим характеристикам напоминают цунами. Согласно исторической базе данных цунами в Тихом океане [1], около 3% аномальных колебаний уровня в диапазоне периодов от нескольких минут до 1 часа образовалось по метеорологическим причинам. Такие волновые процессы, аналогичные цунами, но образующиеся под воздействием атмосферных возмущений (чаще всего гроз, шквалов), называются метеоцунами. Данное явление сравнительно слабо изучено, однако в Тихом океане фиксируется достаточное их количество. В Сахалинской области, согласно данным, поступающим с телеметрических регистраторов Службы предупреждения цунами (СПЦ), метеоцунами происходят несколько раз в год.

---

<sup>1</sup> *Веремьева Евгения Владимировна, Ивельская Татьяна Николаевна. Сахалинское Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Центр цунами.*

<sup>2</sup> *Шевченко Георгий Владимирович. Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, лаборатория цунами.*



Метеоцунами представляют собой волновые движения, имеющие те же периоды и горизонтальные размеры, что и обычные волны цунами сейсмического происхождения. Метеоцунами не представляют столь же значительной угрозы, но локально также могут воздействовать на побережье разрушительным образом [10]. Причинами таких аномальных колебаний моря могут быть как скачки атмосферного давления, так и тайфуны, ураганы, шторма, холодные фронты и т.п. Метеоцунами, зарегистрированные на территории Сахалинской области в период с 2008 по 2012 г, образовались во время прохождения глубоких циклонов над районами исследований. При прохождении атмосферных фронтов было зафиксировано резкое падение атмосферного давления над уровнем моря, как правило, совпадающее с регистрацией аномальных колебаний в диапазоне периодов цунами.

В настоящее время в Центр цунами (ЦЦ) круглосуточно поступает информация от автоматизированных постов наблюдений за уровнем моря (АП) Сахалинской области, Приморского и Камчатского краёв, что позволяет оперативно реагировать на аномальные изменения уровня моря. Одной из важных задач при этом становится идентификация сигнала (цунами) на фоне естественных длинноволновых колебаний, связанных с воздействием на поверхность океана переменного атмосферного давления, скорости ветра при прохождении циклонов. Изучение аномальных колебаний в диапазоне периодов цунами имеет особое значение для решения данной задачи.

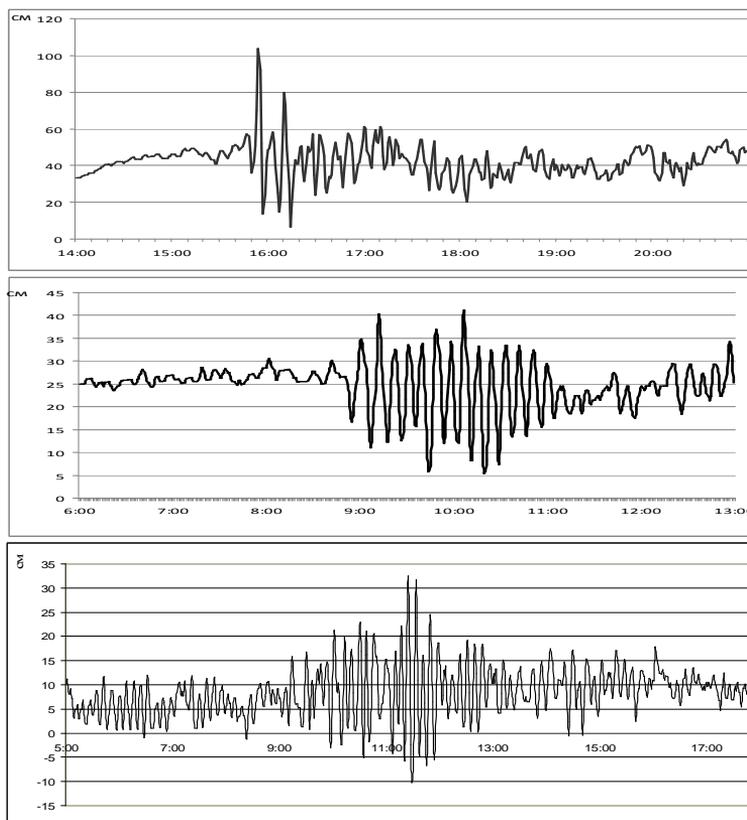
За период 2008 – 2012 гг был собран значительный материал наблюдений, содержащий аномальные колебания уровня моря, зарегистрированными датчиками цунами на территории области. В настоящей работе приведен краткий обзор всех событий метеоцунами в Сахалинской области с 2008 по 2012 гг. Более подробно рассматривается событие 20 февраля 2012 г в порту г. Холмск, для которого помимо записи уровня моря имеются данные о малых вариациях приземного атмосферного давления, зафиксированных чувствительным микробарографом.

### *Метеоцунами в портах Сахалинской области*

В период с 2008 по 2012 гг подобные аномальные колебания уровня моря, образовавшиеся по метеорологическим причинам, были зарегистрированы в Холмске, Северо-Курильске, Малокурильском. На рисунке 1 показаны некоторые наиболее яркие записи метеоцунами из полученных за весь период наблюдений. При событии 21 марта 2010 г в порту Северо-Курильск размах колебаний достигал 80 см, что уже может представлять серьезную опасность для находящихся вблизи берега судов. В остальных случаях колебания были менее значительные, однако на всех записях видно сходство с записями цунами сейсмического происхождения.

Большинство таких записей относятся к порту Холмск. Там при прохождении глубоких циклонов регулярно фиксируются аномальные колебания в диапазоне периодов цунами, это связано со сложной конфигурацией

бухты и ее резонансными особенностями. Порт Холмск является крупнейшим в Сахалинской области и имеет важнейшее значение в осуществлении посредством паромной переправы транспортных связей островной области с другими регионами России. Именно поэтому изучение волновых процессов в Холмске имеет большое прикладное значение. Так как для порта характерна круглогодичная навигация, то метеоцунами, вызванные прохождением циклонов в зимний период, также имеют место.



**Рис.1.** Записи аномальных колебаний уровня моря (сверху вниз):  
21.03.10 Северо-Курильск, 25.05.11 Холмск, 4.10.10 Холмск (время – ВСВ)

Для всех записей была проанализирована изменчивость спектральных характеристик длинноволновых процессов в обычную погоду и связанная с повышением энергии при прохождении циклона над районом установки регистратора. Результаты спектрального анализа уровенных данных показали, что во всех случаях существует сложная система колебаний с несколькими выделенными периодами, обусловленная особенностями топографии дна и береговой черты в исследуемом районе. При прохождении глубокого циклона энергия длинноволновых колебаний в диапазоне цунами возростала примерно на порядок и даже два на резонансных частотах.

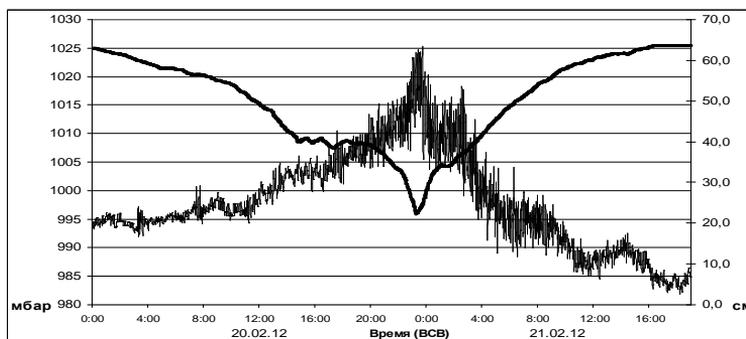


Для всех событий имеются синоптические карты, на которых отчётливо видно движение циклонов над исследуемым районом, что позволяет изучить метеорологические причины данных колебаний. Для некоторых случаев помимо карт имеются данные измерений атмосферного давления на уровне моря и скорости ветра на ближайших метеостанциях. Для событий 2012 года есть записи давления с высокоточного микробарографа, которые являются наиболее ценными с точки зрения изучения условий формирования метеоцунами в гавани порта Холмск.

### *Метеоцунами в порту г.Холмск 20 февраля 2012 года*

Как говорилось выше, аномальные колебания уровня моря в порту Холмск фиксируются достаточно часто. При прохождении глубоких циклонов амплитуда колебаний достигает значительной величины, что может представлять угрозу для находящихся в порту судов и препятствовать проведению погрузо-разгрузочных работ. Особенно это относится к осенне-зимнему периоду года, когда атмосферные процессы наиболее интенсивны (данный порт работает круглогодично).

Информация об уровне моря в Холмске в режиме реального времени поступает в ЦЦ Сахалинской СПЦ от автоматизированного поста наблюдений за уровнем моря, на котором установлен телеметрический датчик цунами Aanderaa. На период с февраля по апрель 2012 г. у колодца мареографного поста в бухте устанавливался высокоточный измеритель атмосферного давления Paroscientific. Он дал возможность получить высокоточные измерения колебаний атмосферного давления. Благодаря этому можно анализировать синхронные записи колебания атмосферы и уровня моря, что наглядно показано на рис. 2.



**Рис.2.** Запись уровня моря (тонкая линия) в Холмске 20-21 февраля 2012 и атмосферного давления (толстая линия).

На рис. 2 отчётливо видно резкое падение приземного атмосферного давления (с 1025 до 996 миллибар), которому отвечает формирование повышения уровня моря – штормового нагона высотой около полуметра, что

является значимой величиной для данного пункта [Като и др., 2001]. На фоне этого нагона отмечено резкое усиление сравнительно короткопериодных колебаний, которые можно рассматривать как метеоцунами. Максимальные по высоте колебания уровня моря совпадают по времени с минимальным значением давления. Это указывает на прямую зависимость изменения уровня моря и атмосферного давления при прохождении циклона.

20–21 февраля циклон проходил над исследуемым районом, максимальные порывы ветра в Холмске достигали 20 м/с, 21 февраля – 26 м/с. Циклон, вызвавший такие колебания уровня моря и давления, возник на волне Арктического фронта на севере Японского моря и стремительно начал углубляться, давление при этом быстро падало; 20 февраля с 20:00 (ВСВ) началось особенно резкое падение. Минимум был достигнут в 23:18 (ВСВ) и составил 996 мбар. Глубже этого циклона в 2012 году был циклон 3–5 апреля, глубина составила 950 мбар. Колебания уровня моря в апреле были также значительными. Поэтому это событие в дальнейшем будет проанализировано.

2

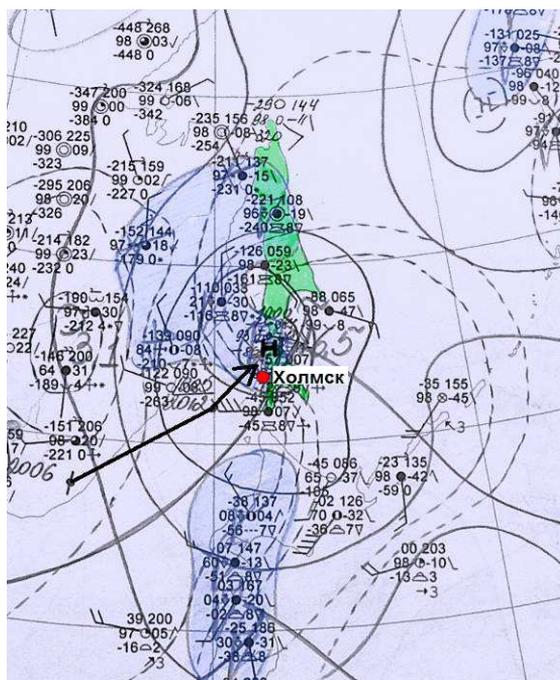


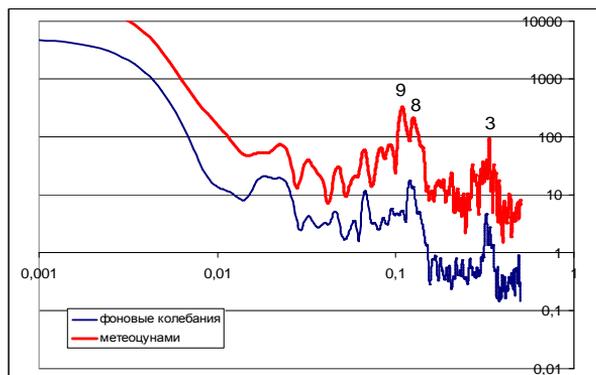
Рис. 3. Синоптическая карта за 18:00 ВСВ 20 февраля 2012 г

Для анализа особенностей проявления метеоцунами применялся спектральный анализ полученных записей. Спектральные характеристики рассчитывались по отрезку суточной продолжительности, содержащему метеоцунами. Для характеристики естественного длинноволнового фона такой же расчет производился по отрезку записи, характерной для спокойной по-



Аномальные колебания уровня моря, зарегистрированные в порту Холмск по данным наблюдений телеметрической сети Службы предупреждения цунами

годы. Сравнение графиков спектральной плотности позволяет оценить, в каком диапазоне периодов произошло наиболее существенное возрастание энергии колебаний. Спектры колебаний представлены на рисунке 4.



**Рис. 4.** Спектры колебаний уровня моря в порту г.Холмск, рассчитанные по отрезкам записи длительностью 1 сутки, при прохождении циклона 20 февраля 2012 г, а также в спокойную погоду

Холмская бухта имеет достаточно сложную форму, но при любых синоптических условиях длинноволновые процессы в порту Холмск имеют общие черты, связанные с выраженными пиками в спектре колебаний уровня моря на периодах около 3 и 8 минут. Однако спектр при прохождении циклона выше по энергии на порядок и более. Также можно отметить расщепление второго пика (появляется второй с периодом 9 минут), что обычно наблюдается при формировании групповой (пакетной) структуры колебаний, отвечающей основной резонансной моде бухты (хорошо видны на рис. 4). Пики в спектре колебаний на периодах 3 и 8 минут характерны для всех случаев метеоцунами, записанных в Холмске.

### **Заклучение**

В истории есть множество случаев, когда метеоцунами наносили значительный ущерб прибрежным районам: затопляли улицы, порты, разрушали дамбы, опрокидывали суда. Высота волн в таких случаях достигала порой 6 метров. Таким образом, метеоцунами могут быть опасны не меньше, чем цунами сейсмического происхождения. В настоящее время у российской СПЦ есть возможность изучать цунами как сейсмической, так и метеорологической природы. По состоянию на октябрь 2012 года комплексы телеметрических регистраторов цунами в Сахалинской области имеются в 11 пунктах области: Северо-Курильске, Южно-Курильске, Малокурильском, Курильске, Корсакове, Холмске, Невельске, Углегорске, Поронайске, Стародубском и мысе Крильон. Так как в ЦЦ поступает информация от АП не только Сахалинской области, но Приморского и Камчатского краёв, то в



дальнейшем планируется также анализ записей уровня моря с приморских и камчатских датчиков для выявления случаев цунамиподобных колебаний в результате воздействия атмосферных процессов.

Для СПЦ представляет интерес изучение характеристик колебаний, возбуждаемых атмосферными процессами, которые могут представлять опасность и учитывать связанную с ними возможность возрастания энергии в диапазоне периодов цунами, что может приводить к трудностям в выделении сигнала цунами.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (Грант 12-05-00757-а).

### Литература

1. Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирское отделение РАН, лаборатория цунами: <http://tsun.sccc.ru/htdбpac/>
2. *Ефимов В. В., Куликов Е. А., Рабинович А. Б., Файн И. В.* Волны в пограничных областях океана. Л.: Гидрометеиздат, 1985, 280 с.
3. *Ковалев П. Д., Шевченко Г. В.* Экспериментальные исследования длинноволновых процессов на северо-западном шельфе Тихого океана // Владивосток: Дальнаука, 2008. – 215 с.
4. *Ковалев П. Д., Шевченко Г. В., Ковалев Д. П., Чернов А. Г., Золотухин Д. Е.* Регистрация Симуширского и Невельского цунами в порту г. Холмска // Тихоокеанская геология. – 2009. – Т. 28, № 5. – С. 36–43.
5. *Левин Б. В., Чернов А. Г., Шевченко Г. В., Ковалев П. Д., Ковалев Д. П., Куркин А. А., Лихачева О. Н., Шишкин А. А.* Первые результаты регистрации длинных волн в диапазоне периодов цунами в районе Курильской гряды на разнесенной сети станций // Доклады Академии наук. 2009. – Т. 427, № 2. – С. 239–244.
6. *Макаренко Е. В., Ивельская Т. Н.* Метеоцунами в портах Сахалинской области по данным наблюдений телеметрической сети Службы предупреждения цунами. Избранные доклады. Третья Сахалинская региональная научно-техническая конференция «Мореходство и морские науки - 2011». Южно-Сахалинск, 2011. – С. 205–210.
7. *Рабинович А. Б.* Длинные гравитационные волны в океане: захват, резонанс, излучение. СПб.: Гидрометеиздат, 1993, 325 с.
8. *Шевченко Г. В., Ковалев П. Д., Богданов Г. С., Шишкин А. А., Лоскутов А. А., Чернов А. Г.* Регистрация цунами у берегов Сахалина и Курильских островов // Вестник ДВО- 2008. № 6. С. 23-33.
9. *Шевченко Г. В., Ивельская Т. Н., Ковалев П. Д., Ковалев Д. П., Куркин А. А., Левин Б. В., Лихачева О. Н., Чернов А. Г., Шишкин А. А.* Новые данные о проявлениях цунами на тихоокеанском побережье России по инструментальным измерениям 2009-2010 гг // Доклады Академии наук. 2011. – Т.438, №6. С. 1–6.
10. *Rabinovich A. B.* Spectral analysis of tsunami waves: Separation of source and topography effects, J. Geophys. Res., 1997, 102 (C6), 12,663–12,676.
11. *S. Monserrat, I. Vilibi'c, and A. B. Rabinovich.* Meteotsunamis: atmospherically induced destructive ocean waves in the tsunami frequency band. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 6, 1–17, 2006.