

ГЕОСФЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ МЕТЕОЦУНАМИ

© 2019 г. С. Г. Долгих*, Г. И. Долгих

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

**E-mail: sdolgikh@poi.dvo.ru*

Поступила в редакцию 02.08.2018 г.

Принята в печать 25.03.2019 г.

Обсуждаются результаты, полученные при обработке синхронных записей двух лазерных деформографов, широкополосного сейсмографа, лазерного нанобарографа и лазерного измерителя вариаций давления гидросферы. Установлено, что резкое изменение атмосферного давления, зарегистрированное лазерным нанобарографом, привело к созданию в гидросфере уединенных волн, зарегистрированных лазерным измерителем вариаций давления гидросферы, сопровождающихся мощными деформационными возмущениями с периодами порядка 2–2.5 мин, зарегистрированными лазерными деформографами и широкополосным сейсмографом. Отнесение данного явления к метеоцунами подтверждается дальнейшим приходом в зону расположения приборных комплексов мощных полуторочасовых колебаний, зарегистрированных лазерным нанобарографом и лазерным деформографом.

Ключевые слова: метеоцунами, лазерный деформограф, широкополосный сейсмограф, лазерный нанобарограф, лазерный измеритель вариаций давления гидросферы.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002-333720195104-109>

ВВЕДЕНИЕ

Цунами относятся к наиболее опасным гидрологическим явлениям природного происхождения, возникающим в результате воздействия литосферных и атмосферных возмущений на водную массу. Наиболее распространенными причинами возникновения цунами, являются подводные землетрясения, оползни, извержения вулканов. Но также существует небольшая часть цунами, причина происхождения которых до недавнего времени была неизвестна. В последствии было установлено, что причиной их возникновения являются нелинейные атмосферные процессы. Длинные океанические волны, вызванные не землетрясениями или оползнями, а атмосферными процессами впоследствии были названы метеоцунами [Rabinovich, 1998].

Как показывают наблюдения, периоды и пространственные масштабы метеоцунами схожи с обычными цунами. Волны метеоцунами регистрировались в различных частях мира: в июне 2014 г., при отсутствии землетрясений, в Хорватии уровень воды в бухте начал подниматься, затопляя прилегающие к порту улицы и дороги; на берегах Желтого моря неоднократно

наблюдались разрушительные метеоцунами; чаще всего они были зафиксированы на побережьях Японии, Европы и Северной Америки [Рабинович, 2016; Pattiaratchi, 2015].

Экспериментальные исследования, проводимые учеными института морской геологии и геофизики ДВО РАН на побережьях южной части о. Сахалин и Курильских островах, выявили наличие аномальных колебаний уровня моря, которые обычно наблюдаются при цунами. Ввиду того, что по данным сейсмологического каталога в эти дни не наблюдалось сильных землетрясений, то колебания были отнесены к явлению метеоцунами [Ковалев, 2017].

На морской экспериментальной станции Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН «м. Шульца» (МЭС ТОИ ДВО РАН «м. Шульца») в непрерывном режиме работает сейсмоакустико-гидрофизический комплекс [Долгих, 2002], в состав которого входят: лазерные деформографы с длинами измерительных плеч 52.5 (ориентацией север–юг) и 17.5 м (ориентацией запад–восток), предназначенные для регистрации вариаций смещений участков земной коры с точностью 0.1 нм [Долгих, 1998], лазерный нанобарограф – для

регистрации вариаций атмосферного давления с точностью 50 мкПа [Долгих, 2004], лазерный измеритель вариаций давления гидросферы для регистрации вариаций гидросферного давления с точностью 1 мПа [Долгих, 2005]. Все эти установки созданы на основе современных лазерно-интерференционных методов с применением в качестве источника света частотно-стабилизированных гелий-неоновых лазеров. Измерения основных параметров колебаний и волн во всех геосферах производятся одновременно, что при их последующей обработке позволяет более точно определять первоисточник в системе «атмосфера—гидросфера—литосфера».

В мае 2015 г. на МЭС ТОИ ДВО РАН «м. Шульца» зарегистрировано атмосферное возмущение, по своим характеристикам относящееся к метеоцунами, которое привело к образованию деформационных волн с полуторачасовым периодом и возбуждению аномальных уединенных гидросферных волн. В связи с этим событием была поставлена задача по исследованию данного явления с вероятной оценкой его проявления в соседних геосферах (атмосфера, гидросфера, земная кора) и с определением первоисточника.

ПРИРОДНАЯ АНОМАЛИЯ НА ЮГЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

В ходе решения поставленных задач выполнялась обработка и анализ синхронных экспериментальных данных, полученных при регистрации вариаций атмосферного давления лазерным нанобарографом, вариаций гидросферного давления лазерным измерителем вариаций давления гидросферы и изменений деформаций верхнего слоя земной коры лазерными деформографами. Как и в случаях возникновения метеоцунами, описанных в вышеуказанных работах, причиной

возникновения длинных морских волн (метеоцунами) явилось резкое изменение атмосферного давления, в нашем случае зарегистрированное лазерным нанобарографом. На рис. 1 приведена запись лазерного нанобарографа, на которой зарегистрировано резкое изменение атмосферного давления порядка 13.5 гПа, по своим характеристикам относящееся к метеоцунами. Резкое изменение атмосферного давления, совпадение скорости распространения атмосферного возмущения со скоростью распространения длинных океанических волн и направление распространения атмосферного возмущения аналогичны возмущениям, возникающим при метеоцунами. Это также подтверждается данными измерения вариаций гидросферного давления лазерным измерителем вариаций гидросферного давления, который был установлен в это время на шельфе Японского моря на удалении 300 м от берега и 400 м от лазерного нанобарографа на глубине моря 33 м. На записях прибора наблюдались большие скачки гидростатического давления как во время резкого изменения атмосферного давления, так и после прохождения фронта. Так, если за начало резкого изменения атмосферного давления принять 15 ч 20 мин 25 мая, то возмущение, зафиксированное лазерным измерителем вариаций гидросферного давления, было зарегистрировано в 16 ч 44 мин 25 мая (рис. 2). А второе возмущение было зарегистрировано в 04 ч 20 мин 26 мая, причем по своему характеру изменения оно отличается от первого. В первом случае пришла уединенная волна почти солитоподобной формы (рис. 3, верхний), которая вызвала резкое увеличение гидростатического давления. Причем высота этой волны в четыре раза больше амплитуды суточного прилива в данном регионе в данное время, а время прохождения волны через точку установки прибора составило примерно 14.5 мин.

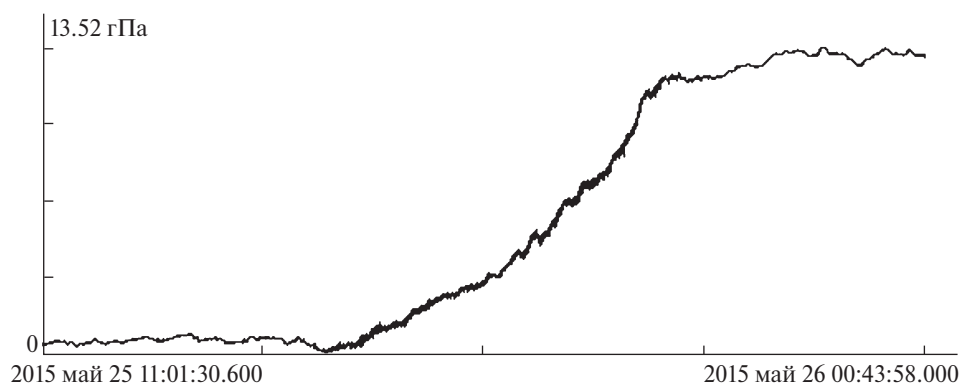


Рис. 1. Фрагмент записи лазерного нанобарографа.

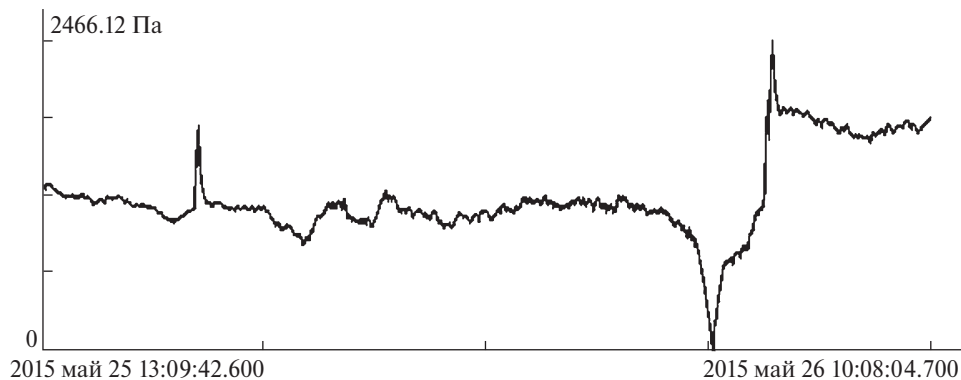


Рис. 2. Фрагмент записи лазерного измерителя вариаций давления гидросферы.

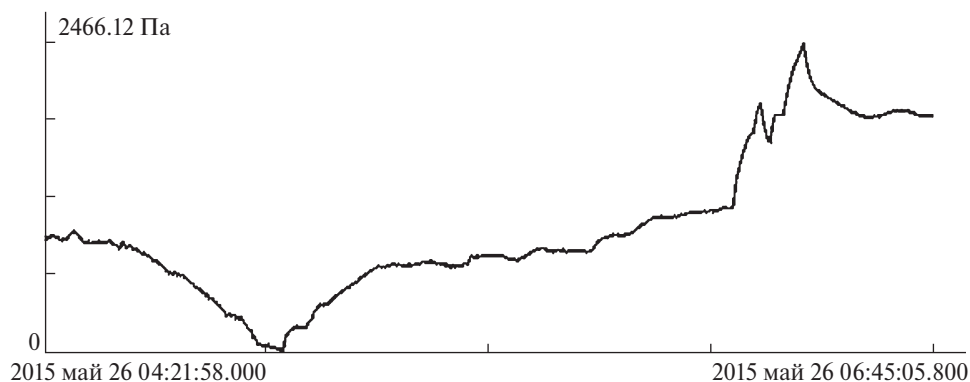
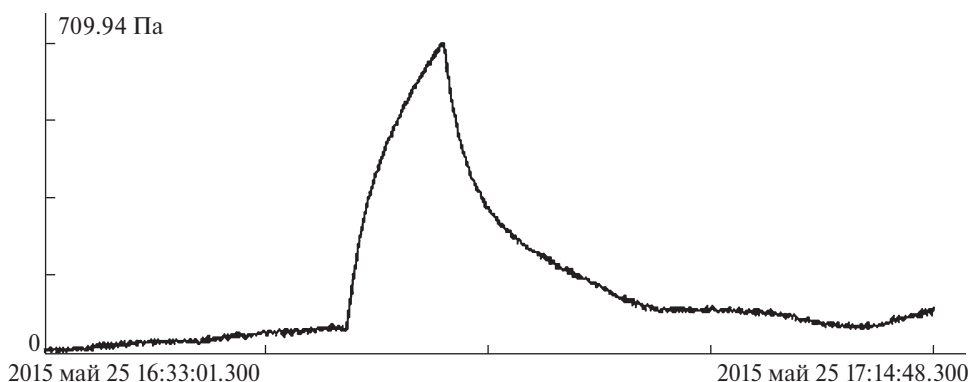


Рис. 3. Увеличенные фрагменты записей лазерного измерителя вариаций давления гидросферы первой волны (верхний) и второй волны (нижний).

Во втором случае наблюдался отток водных масс (уменьшение гидростатического давления) на величину, равную примерно пяти амплитудам суточного прилива длительностью 25.5 мин, а затем возвращение уровня моря в прежнее положение в течение 16 мин. Третья волна была зарегистрирована лазерным измерителем вариаций давления гидросферы через час. При этом, как и в первом случае, было резкое увеличение уровня моря. Высота пришедшей волны оказалась в два раза больше высоты первой волны, а время прохода ее через место установки

прибора составило 23 мин. Но если в первом случае уровень моря восстановился сразу после прохождения волны, то во втором случае уровень моря восстанавливался очень медленно в течение нескольких дней.

МЕТЕОЦУНАМИ ПО ДАННЫМ ЛАЗЕРНЫХ ДЕФОРМОГРАФОВ И СЕЙСМОГРАФА

При рассмотрении данных лазерных деформографов и широкополосного сейсмографа Guralp CMG-3 ESPB с рабочим диапазоном

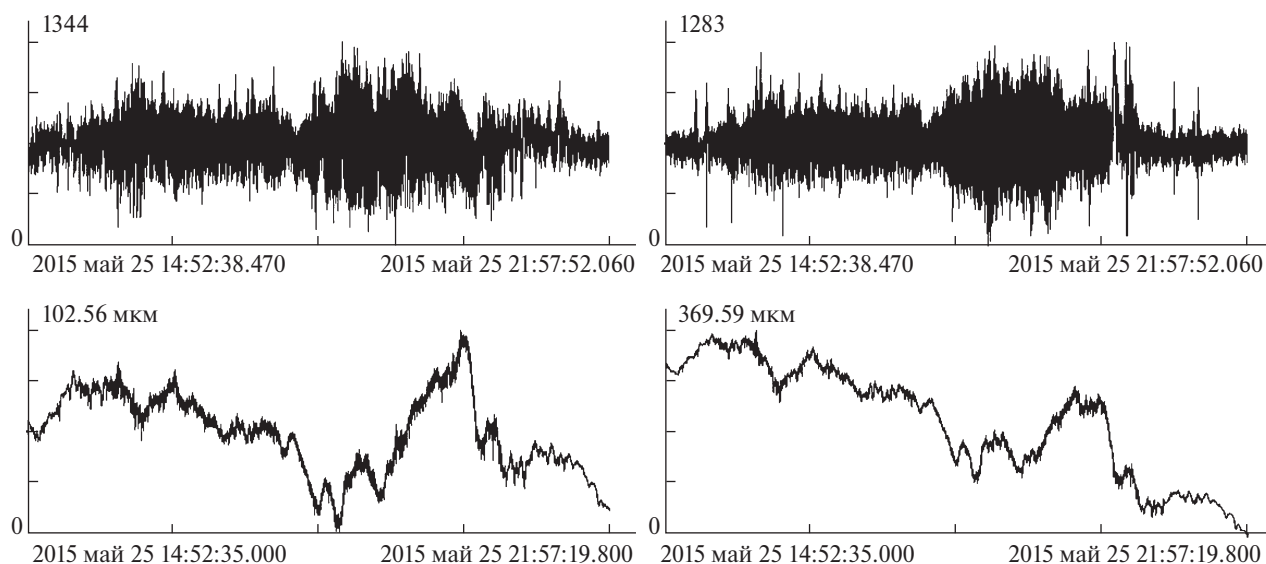


Рис. 4. Фрагменты записей широкополосного сейсмографа (верхние) и лазерных деформографов (нижние).

частот каждого датчика 0.003–50 Гц, входящих в состав сейсмоакустико-гидрофизического комплекса [Долгих, 2002], не было выявлено сильных землетрясений в исследуемый промежуток времени. По данным Геофизической службы РАН цунамигенных землетрясений не было зарегистрировано.

На экспериментальных данных лазерных деформографов ориентации север–юг и запад–восток и широкополосного сейсмографа в период резкого изменения атмосферного давления наблюдаются колебания земной коры с периодами от 2 до 2.5 мин. На рис. 4 представлены фрагменты записей широкополосного сейсмографа, плеча север–юг (левый) и плеча восток–запад (правый). На нижних рисунках фрагменты записей лазерных деформографов ориентацией север–юг (левый) и запад–восток (правый). Из записей широкополосного сейсмографа и лазерных деформографов видно, что во время резкого изменения атмосферного давления увеличивается амплитуда колебаний с периодами от 2 до 2.5 мин. А при стабилизации атмосферного давления амплитуда этих колебаний падает до уровня фона.

Еще одним фактом, подтверждающим метеоцунами, является присутствие колебаний с периодами от 30 мин до 2 ч [Рабинович, 2016]. Так спустя несколько часов после прохождения второй волны на записях лазерно-интерференционных приборов наблюдались колебания с периодом 1 ч 37 мин (рис. 5).

И если на записях лазерного измерителя вариаций давления гидросферы данные колебания не ярко выражены, то на записях лазерного нанобарографа и лазерных деформографов они более заметны. Так при обработке записей 52.5-метрового и 17.5-метрового лазерных деформографов, полученных в мае 2015 г., были обнаружены колебания с периодом около полутора часов. На рис. 5 (верхний) и рис. 5 (средний) приведены записи 52.5-метрового и 17.5-метрового лазерных деформографов, содержащих колебания с данными периодами. При обработке записей лазерного нанобарографа (рис. 5, нижний), установленного в непосредственной близости от лазерных деформографов, были обнаружены колебания с подобными периодами.

Присутствие колебаний с периодом около полутора часов во всех трех геосферах, говорит об их общем происхождении, связанном с одной из геосфер. А применение комплексных методов исследования на основе использования установок сейсмоакустико-гидрофизического комплекса позволяет определить первоисточник этих колебаний. Исходя из того, что возмущение в виде перепада атмосферного давления, описанное выше, было зарегистрировано самым первым, и отношение амплитуды колебаний с периодом около полутора часов к фоновым колебаниям на показаниях лазерного нанобарографа больше, чем на остальных лазерных приборах, мы считаем, что первоисточником этих возмущений является атмосфера.

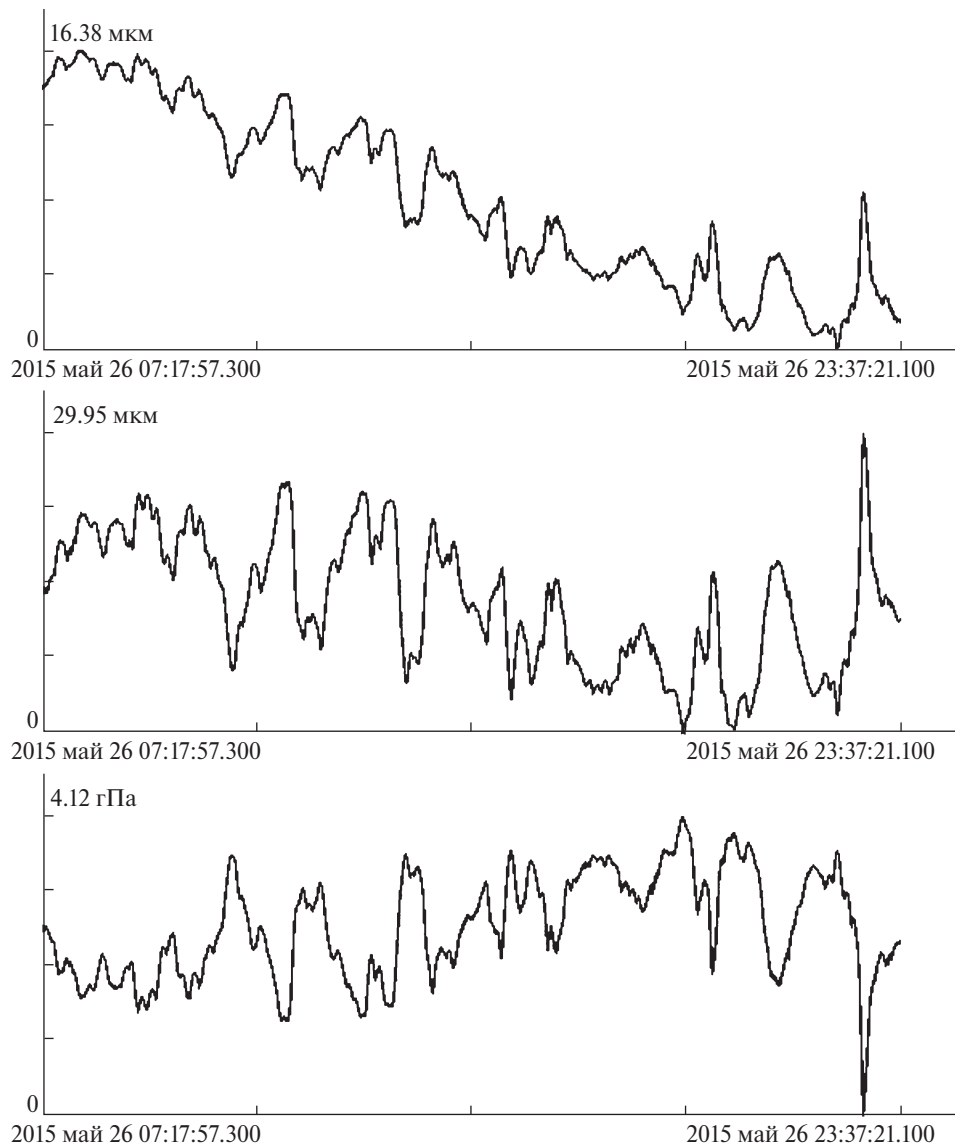


Рис. 5. Записи 52.5-метрового лазерного деформографа (верхний), 17.5-метрового лазерного деформографа (средний), лазерного нанобарографа (нижний).

ВЫВОДЫ

При анализе экспериментальных данных, полученных с применением комплексных методов исследования, была описана природная аномалия, в виде уединенной волны почти солитоноподобной формы, по своим характеристикам схожая с метеоцунами. Резкое изменение атмосферного давления стало причиной появления в гидросфере уединенных волн, высота которых в несколько раз превысила амплитуду суточного прилива. На лазерном измерителе вариаций давления гидросферы было зарегистрировано две волны с интервалом в 13 ч. Причем высота первой волны меньше,

а форма более ровная, чем второй. Это связано с тем, что первая волна сформировалась ближе к месту установки прибора.

Резкое изменение атмосферного давления сопровождалось усилением колебаний земной коры с периодами от 2 до 2.5 мин, которые были зарегистрированы широкополосным сейсмографом и лазерными деформографами. А через несколько часов после прихода второй волны были зарегистрированы колебания с периодом около полутора часов лазерными деформографами и лазерным нанобарографом.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ (18-05-80011, опасные явления).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Долгих Г.И., Долгих С.Г., Батюшин Г.Н., Валентин Д.И., Ковалев С.Н., Корень И.А., Овчаренко В.В., Яковенко С.В. Сейсмоакустико-гидрофизический комплекс для мониторинга системы «атмосфера – гидросфера – литосфера» // Приборы и техника эксперимента. 2002. № 3. С. 120–122.

Долгих Г.И., Долгих С.Г., Ковалев С.Н., Корень И.А., Новикова О.В., Овчаренко В.В., Окунцева О.П., Швеиц В.А., Чупин В.А., Яковенко С.В. Лазерный нанобарограф и его применение при его изучении баро – деформационного взаимодействия // Физика Земли. 2004. № 8. С. 82–90.

Долгих Г.И., Долгих С.Г., Ковалев С.Н., Швеиц В.А., Чупин В.А., Яковенко С.В. Лазерный измеритель вариаций давления гидросферы // Приборы и техника эксперимента. 2005. № 6. С. 56–57.

Долгих Г.И., Ковалев С.Н., Корень И.А., Овчаренко В.В. Двухкоординатный лазерный деформограф // Физика Земли. 1998. № 11. С. 76–81.

Ковалев П.Д., Шевченко Г.В., Ковалев Д.П., Шишкин А.А. Метеоцунами на Сахалине и Южных Курильских островах // Вестник ДВО РАН. 2017. № 1. С. 79–87.

Рабинович А.Б., Шенич Я. Метеорологическое цунами: что это такое // Природа. 2016. № 1. С. 12–26.

Charitha V. Pattiaratchi E.M.S. Wijeratne Are meteotsunamis an underrated hazard // Philosophical Transactions of the Royal Society A. 2015. V. 373. DOI: 10.1098/rsta.2014.0377

Rabinovich A.B., Monserrant S. Generation of meteorological tsunamis (large amplitude seiches) near the Balearic and Kuril Islands // Natural Hazards. 1998. № 18. P. 27–55.

Meteotsunami Manifestations in Geospheres

S. G. Dolgikh^{a,*} and G. I. Dolgikh^a

^aV.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, 690041 Russia

*e-mail: sdolgikh@poi.dvo.ru

Received August 29, 2018

The results of processing synchronous records from two laser strainmeters, a broadband seismograph, a laser nanobarograph, and a laser meter of hydrospheric pressure variations are discussed. It is established that a sharp change in the atmospheric pressure which was recorded by the laser nanobarograph resulted in the generation of solitary waves in the hydrosphere detected by the laser meter of hydrosphere pressure variations. These waves were accompanied by intense deformational perturbations with periods of about 2–2.5 min observed by the laser strainmeters and broadband seismograph. The identification of this phenomenon as a meteotsunami is supported by the subsequent arrival of powerful 1.5-h oscillations in the zone of the location of instrumental complexes, which were recorded by the laser nanobarograph and laser strainmeter.

Keywords: meteotsunami, laser strainmeter, broadband seismograph, laser nanobarograph, laser meter of hydrospheric pressure variations