

УДК 551.466

© Г. В. Шевченко^{1,2}, К. В. Кириллов¹¹Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск²Сахалинский НИИ рыбного хозяйства и океанографии, г. Южно-СахалинскРЕГИСТРАЦИЯ ИНФРАГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН В РАЙОНЕ ОЗ. ИЗМЕНЧИВОЕ
(ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ САХАЛИН)

Статья поступила в редакцию 13.04.2018, после доработки 20.09.2018.

Проанализированы материалы инструментальных записей ветрового волнения, полученные в результате проведения натурного эксперимента в районе косы оз. Изменчивое (юго-восточное побережье о. Сахалин), включавшего постановку трех измерителей волнения и уровня АРВ-К10 в июне—октябре 2007 г. В этот период было зарегистрировано несколько штормов, один из которых, имевший место 25—26 сентября, относился к числу экстремальных (значимая высота волны превысила 3.5 м, максимальная высота достигала 6 м). На различных стадиях его развития выявлены диапазоны периодов, на которых сдвиг фаз между расположенными по нормали к берегу станциями S3 и S8 равнялся нулю, что отвечает распространяющимся вдоль берега краевым захваченным волнам. Этим диапазонам (137—186 с и 68—82 с) отвечали участки с линейным изменением фазы между расположенными параллельно линии берега станциями S18 и S8, что позволило оценить скорость распространения длинных волн (1.8 и 1.1 м/с). Соответствующие длины волн составили около 300 и 80 м, что согласуется с характерными квазиритмическими формами берегового рельефа в изучаемом районе. Расстояния между крупными формами (мегафестонами) составляло около 1.2 км, что существенно больше характерных длин краевых волн. В период максимального развития шторма, средняя за 4-часовой интервал амплитуда краевых волн в указанных диапазонах периодов составляла 5.8 и 4.7 см на ближней и 2.5 и 2.1 см на дальней станциях. Оценки скорости частиц для станции S3 составили около 30 и 40 см/с соответственно. Высокие скорости течений, имеющих противоположные направления на расстояниях около 150 и 40 м, являются причиной формирования чередующихся зон размыва и аккумуляции наносов.

Ключевые слова: волнение, шторм, инфрагравитационные волны, краевые волны, спектр, фаза, фестоны, размыв, аккумуляция.

G. V. Shevchenko^{1,2}, K. V. Kirillov¹¹Institute of Marine Geology and Geophysics, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia²Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk, RussiaINFRAGRAVITY WAVES RECORDING IN THE AREA OF IZMECHIVOE LAKE
(SOUTH-EASTERN SAKHALIN)

Received 13.04.2018, in final form 20.09.2018.

The materials of wind-wave instrumental records obtained as a result of a field experiment in the area of the Izmenchivoe Lake spit (South-Eastern coast of Sakhalin Island) are analyzed. This experiment included setting up of three wind-wave and level gauges ARW-K10 in June—October 2007. During this period, several storms were recorded. One of them, occurred at September 25—26, related to extreme storms (the significant wave height exceeded 3.5 m, the maximum height reached 6 m). At different stages of its development, the ranges of periods were identified, at which the phase shift between the stations S3 and S8 located along the normal to the coast equaled zero, that corresponds to the edge-trapped waves propagating along the shore. These ranges (137—186 s and 68—82 s) corresponded to intervals with a linear phase change between stations S18 and S8 located parallel to the shoreline, which allowed us to estimate the velocity of long wave propagation equal to 1.8 and 1.1 m/s. The corresponding wavelengths were about 300 and 80 m, that is

Ссылка для цитирования: Шевченко Г. В., Кириллов К. В. Регистрация инфрагравитационных волн в районе оз. Изменчивое (юго-восточный Сахалин) // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2018. Т. 11, № 4. С. 81—89.

For citation: Shevchenko G. V., Kirillov K. V. Infragravity waves recording in the area of Izmenchivoe Lake (South-Eastern Sakhalin). *Fundamentalnaya i Prikladnaya Gidrofizika*. 2018, 11, 4, 81—89.

doi: 10.7868/S207366731804010X

consistent with the typical quasirhythmic forms of the coastal relief in the studied area. The distance between the large forms (megafestones) was about 1.2 km, that is much larger than the typical lengths of the edge waves. During the storm peak, the average for the 4-hour interval amplitude of the edge waves in the indicated period ranges was 5.8 and 4.7 cm for the nearshore and 2.5 and 2.1 cm at the remote stations. The particle velocity estimates for station S3 were about 30 and 40 cm/s, respectively. High velocities of currents having opposite directions at distances of about 150 and 40 m are the cause of the formation of alternating zones of erosion and sediment accumulation.

Key words: wind waves, storm, infragravity waves, edge waves, spectrum, phase, festons, erosion, accumulation.

В настоящее время важная роль инфрагравитационных волн в прибрежной гидродинамике и формировании берегового рельефа является принятой точкой зрения [1, 2], однако конкретные их характеристики (периоды и длины волн), условия генерации и характер влияния на образование зон размыва и аккумуляции наносов в отдельных акваториях обычно требуют специального исследования. Весьма актуальной является эта задача для юго-восточного побережья о. Сахалин, на многих участках которого под воздействием штормового волнения наблюдаются разрушения берегозащитных сооружений, размывы полотна автомобильной и железной дорог, повреждения объектов различного назначения, что приводит к серьезному материальному ущербу [3—5]. Еще одной интересной проблемой является связь инфрагравитационных волн с нарастанием дистальных концов песчаных кос, отделяющих многочисленные лагуны восточного побережья острова от моря, и перекрытием соединяющих их с морем протоков.

В 2007 г. Сахалинский НИИ рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО) совместно с Институтом морской геологии и геофизики ДВО РАН (ИМГиГ) проводили комплексные исследования по изучению факторов, способствующих блокировке протоки озера Изменчивое на юго-восточном побережье о. Сахалин (это событие произошло осенью 2006 г.) и оценке возможных его последствий для населяющей лагуну биоты [6—8] (рис. 1, а). В результате экспериментальных исследований, которые частично описаны ниже, проведения донной батиметрической съемки (дважды) и отбора проб донного грунта, в работах [6, 7] в качестве одного из возможных факторов, влияющих на аккумуляцию прибрежно-морских наносов в районе протоки (нарастание дистального окончания косы и ее блокировки), указывалось влияние краевых захваченных волн. Однако в этих публикациях детальный анализ особенностей ветрового волнения и образования инфрагравитационных волн приведен не был, хотя натурный эксперимент с постановкой трех измерителей волнения позволял это сделать. В данной работе принята попытка восполнить этот пробел и детально исследовать условия генерации длинных волн (прежде всего захваченных краевых) в районе косы оз. Изменчивое в зависимости от интенсивности ветрового волнения.

Организация измерений. 27 июня с борта рыболовецкой шхуны вблизи косы оз. Изменчивое были установлены 4 автономных регистратора волнения и уровня АРВ-К10 (основанного на измерении придонного гидростатического давления). Дискретность измерений задавалась равной 1 с, погрешность одного отсчета составляла 0.06 %. Полученные значения пересчитывались в высоты ветровых волн по методике [9] при помощи программы, любезно предоставленной автором И. М. Кабатченко (ГОИН им. Н. Н. Зубова).

Два прибора (S3 и S6) были установлены на удалении около 600 м от берега, вблизи первого свала глубин (около 4 и 5 м), два других (S8 и S18) — примерно на 900 м дальше, на глубинах 11–12 м, на сравнительно ровном плато (рис. 1, б). Расстояния между станциями вдоль берега составляло около 400 м. Станция S6 была замята песком, и поднять ее не удалось. Три другие станции были подняты 5 октября, и с них были получены качественные материалы наблюдений продолжительностью около 100 сут. Измерения тремя станциями в течение как спокойного летнего, так и штормового осеннего сезона, предоставляли сравнительно редкую в отечественной практике возможность изучения прибрежной волновой динамики и особенностей формирования инфрагравитационных волн.

Анализ волновых процессов по данным инструментальных измерений. На рис. 2 представлен график вариаций значимой высоты волны на удаленной станции S8 в июле—октябре 2007 г. На остальных станциях вариации носили идентичный характер, поэтому соответствующие рисунки не приведены. В среднем, значения этого параметра составляют около 0.5 м, его существенное возрастание

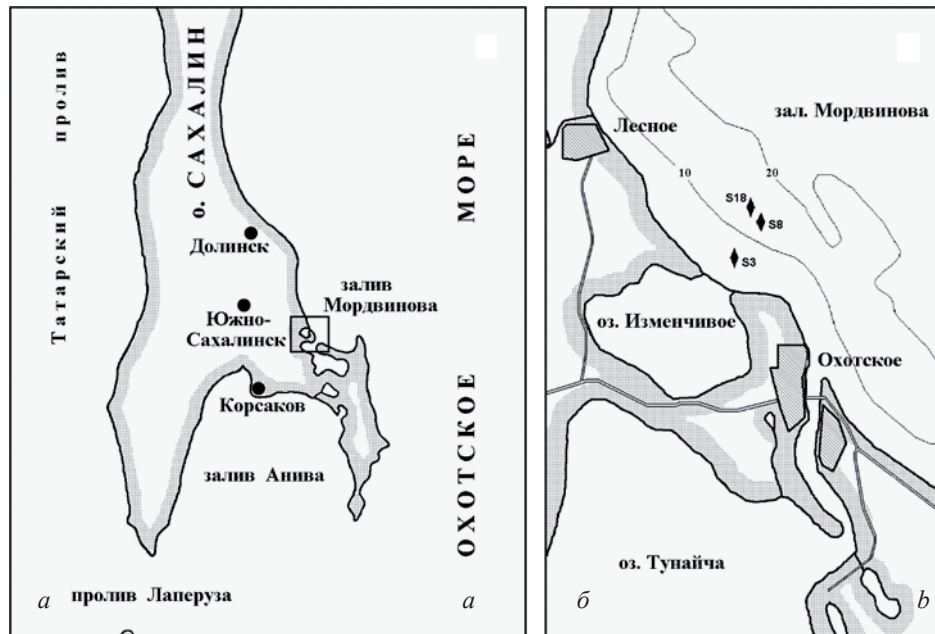


Рис. 1. Схема района проведения эксперимента (а) и положение автономных регистраторов волнения АРВ в районе косы оз. Изменчивое (б).

Fig. 1. The scheme of the area of the experiment (a) and the position of the autonomous wind-wave recorders ARV in the area of the Izmenchivoe Lake spit (b).

связано с ухудшением метеорологических условий и возрастанием интенсивности ветрового волнения. Всего можно отметить 7 штормовых ситуаций, когда значимая высота волны превышала 1 м. Особо выделим 3 сильных шторма (25 июля, 10 и 26 сентября), когда она превышала отметку 2 м. Наибольшее внимание в данной работе уделено экстремальному шторму 25—26 сентября 2007 г., когда значимая высоты волны превысила 3.5 м, а максимальная высота достигала 6 м, что является очень высоким значением для юго-восточного побережья о. Сахалин.

На рис. 3 (см. вклейку) приведена диаграмма текущего спектра волнения на станции S8 в диапазоне периодов от 2—600 с. Расчет производился по последовательным отрезкам длительностью 15 мин, полученные значения спектральной плотности заносились в таблицу, на основе которой и строилась диаграмма. По ее вертикальной оси откладывались значения частоты, по горизонтальной — время. Данный рисунок представляет изменение спектральных характеристик на различных частотах во времени.

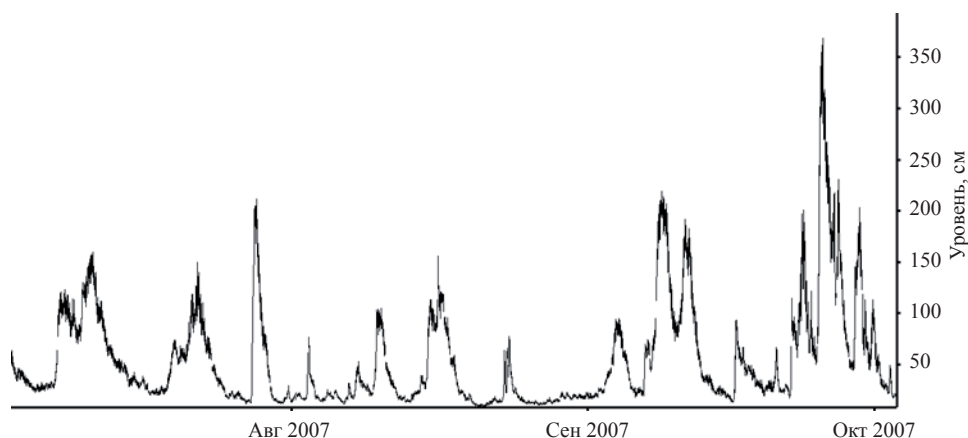


Рис. 2. Вариации значимой высоты ветровых волн по измерениям на станции S8.

Fig. 2. Variations in the significant height of wind waves from measurements at station S8.

Основная энергия волнения сосредоточена в диапазоне волн зыби, на периодах 7—10 с, эти волны присутствовали в записях практически постоянно. Более высокочастотные ветровые волны с периодами около 4—5 с проявлялись существенно реже, как правило, при штормовых ситуациях. Интересны наклонные полосы на диаграммах, указывающие на линейное изменение частоты спектрального максимума со временем. Они обычно предшествовали штормовым ситуациям, которые начинались с прихода низкочастотной зыби с периодом около 20 с (в одном случае даже около 30 с). Это специфическая особенность, присущая волновому режиму акватории, прилегающей к юго-восточному берегу о. Сахалин, что подтверждается многочисленными инструментальными измерениями [10—12].

С точки зрения настоящего исследования, основной интерес представляли случаи повышения энергии в диапазоне инфрагравитационных волн (30—300 с [1]). Они наблюдаются при штормовых ситуациях, и на диаграммах текущего спектра представляют собой вертикальные линии со слабо выраженной линейной структурой. Такой вид текущего спектра характерен для волновых процессов, в которых существенную роль играют составляющие с дискретным спектром — в данном случае, захваченные краевые волны. С этим видом волновых движений, образующихся в результате трансформации ветрового волнения в прибрежной зоне, связано формирование квазиритмических форм рельефа — цепочек фестонов и мегафестонов [2], практически повсеместно наблюдающихся на юго-восточном побережье о. Сахалин. Наиболее выражена и устойчива такая структура берегового рельефа в районе с. Взморье [4, 5], но и в районе оз. Изменчивое также были отмечены цепочки небольших фестонов и два мегафестона (у основания косы и несколько дальше ее дистального конца, за протокой). Эти образования имели продолжение на прилегающем участке взморья, выявленные по результатам батиметрической съемки (характерные изгибы изобат видны на рис. 1 из работы [7]).

Поскольку наиболее значительное возрастание энергии в диапазоне инфрагравитационных волн наблюдалось при экстремальном шторме 25—26 сентября, именно этой ситуации было уделено основное внимание при анализе полученных материалов инструментальных измерений. Суточные отрезки записи в начале шторма, в момент его максимального развития, и когда шторм стал стихать, были разделены на сегменты продолжительностью 4 ч. По каждому такому отрезку рассчитывались значения спектральной плотности и взаимоспектральные характеристики в диапазоне периодов 2—1000 с. Аналогичные расчеты были выполнены также для нескольких отрезков спокойной погоды и второго сильного шторма, имевшего место 10 сентября.

На рис. 4 представлены графики спектральной плотности на расположенных по нормали к берегу станциях S3 и S8 и сдвига фаз между ними для одного из сегментов в начальной фазе шторма. Известно, что вблизи берега длинноволновые движения представлены двумя основными типами — распространяющимися в сторону берега и отражающимися от него так называемыми излученными волнами, а также движущимися вдоль него захваченными краевыми [1]. При расположении датчиков поперек линии берега для краевых волн фазовый сдвиг будет равен нулю [11]. Именно такая ситуация отмечена в диапазоне периодов 136—157 с, 76—93 с и 62—66 с (инфрагравитационные волны с периодами менее 1 мин в данной работе мы не рассматривали, хотя на некоторых интервалах частот нулевые сдвиги также наблюдались). Между этими диапазонами фаза меняется линейно, но имеет различные характер наклона, что указывает в одних случаях на преобладающее распространение в сторону берега, а в других — в обратном направлении.

На указанных периодах в спектрах колебаний на обеих станциях наблюдаются относительно слабо выраженные максимумы. Наиболее значительный на ближней к берегу станции отмечен на периоде 79 с (на удаленной он выражен существенно слабее, что также типично для краевых захваченных волн). Более низкочастотному диапазону отвечает повышение энергии на периодах 120—170 с (на удаленной станции отмечено два пика, на периодах 128 и 170 с).

На рис. 5 и 6 представлены графики спектральной плотности и фазового сдвига между станциями (для пар станций S8-S3 и S18-S8) в период максимального развития шторма. На фазовом спектре между расположенными по нормали к берегу также станциями выделяются диапазоны частот, на которых сдвиг равен нулю. Эти диапазоны охватывают периоды 137—186 с и 68—82 с, то есть правые края у них практически совпадают, а левые сдвинуты несколько в сторону более высоких частот. Данное совпадение указывает, что генерация краевых волн в изучаемом районе носит достаточно устойчивый характер. В энергетическом спектре на ближней станции на указанных периодах наблюдаются сравнительно широкие пики, на удаленных регистраторах S8 и S18 они выражены слабо. Расчет средней

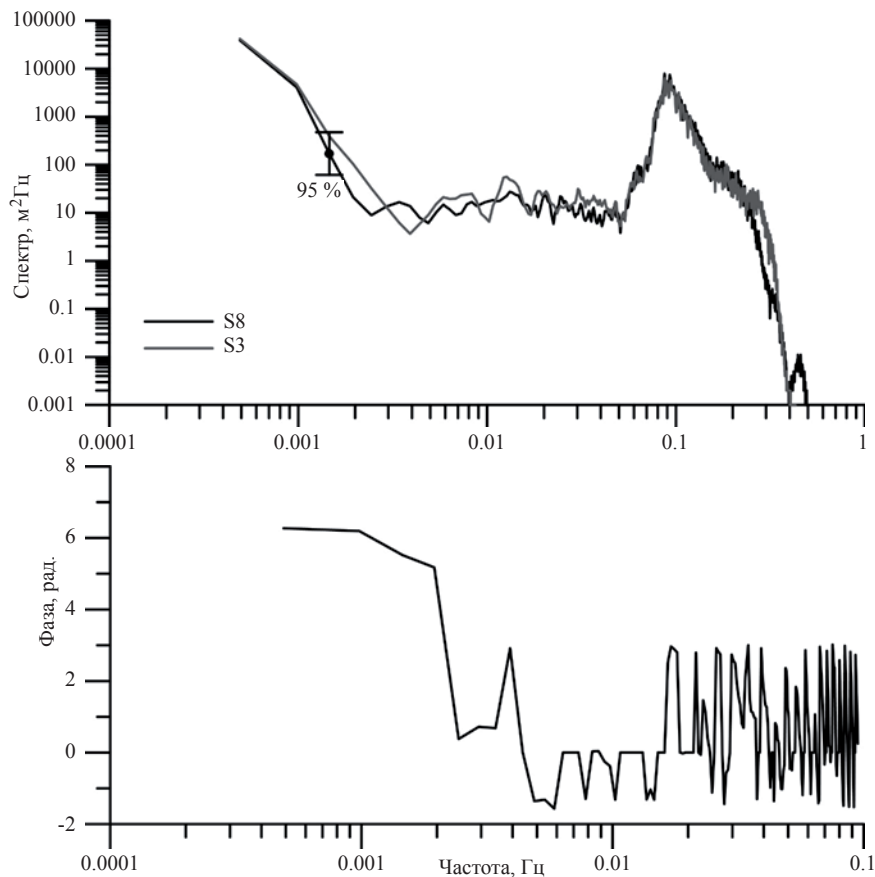


Рис. 4. Графики спектральной плотности и фазового сдвига. Станции 3 и 8. Начало шторма.

Fig. 4. Graphs of spectral density and phase shift. Stations 3 and 8. The beginning of the storm.

амплитуды колебаний, полученной путем интегрирования спектральной плотности по более низкочастотному из указанных диапазонов, дал около 2.5 см для удаленных и около 5.8 см для ближней к берегу станции. Для второго диапазона эти значения составляют 2.1 и 4.7 см.

На фазовом спектре между удаленными станциями указанным диапазонам отвечает практически линейное изменение фазы, что позволяет оценить фазовую скорость распространяющихся вдоль берега захваченных длинных волн (станции в некотором приближении можно считать расположенными вдоль линии, параллельной берегу). Расчет производился по формуле [13]:

$$C = L * (\omega_1 - \omega_2) / (\varphi_1 - \varphi_2),$$

где L — расстояние между станциями (в м), (ω, φ) — точки на фазовом спектре, отвечающие началу и концу линейного отрезка изменения фазы с частотой. Расчет для первого диапазона (137—186 с) дал значение скорости около 1.8 м/с, для второго (68—82 с) — несколько меньше, 1.1 м/с. Это достаточно низкие значения, с большой вероятностью, они отвечают наиболее медленно распространяющейся нулевой моде краевых волн. Соответственно, первому диапазону отвечают длины волн около 300 м, а второму — около 80 м. Отметим, что для указанных диапазонов в период максимального развития шторма исходя из полученных оценок фазовой скорости и амплитуд краевых волн, можно оценить средние за 4-часовой интервал скорости потока, составляющие около 30 и 40 см/с соответственно. Эти оценки относятся к точке постановки ближней станции, находившейся на расстоянии около 600 м от берега. Очевидно, что по мере приближения к нему скорости частиц жидкости существенно возрастали, и имели разное направление на расстояниях половины длины волны (около 150 и 40 м). Именно с такими особенностями данного типа волновых движений и связано чередование зон размыва и аккумуляции наносов [2].

Вариации берегового рельефа (цепочки песчаных мысов, фестонов) с пространственными масштабами, близкими к длинам краевых волн, наблюдаются вдоль косы оз. Изменчивое, а также на прилегающих

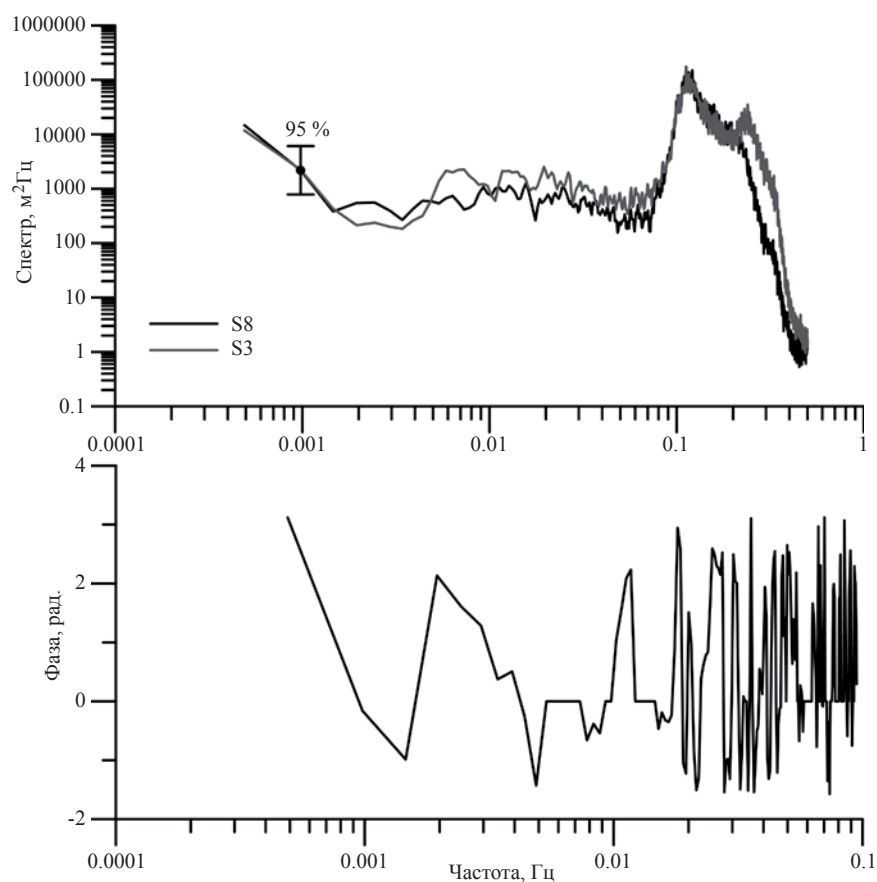


Рис. 5. Графики спектральной плотности и фазового сдвига. Станции 3 и 8. Максимальное развитие шторма.

Fig. 5. Graphs of spectral density and phase shift. Stations 3 and 8. Storm reached its peak.

участках побережья почти повсеместно. Они заметны и в формах донного рельефа, что отражено на детальной карте исследуемого участка побережья (рис. 1 в работе [7]), хотя пространственное разрешение батиметрической съемки, вообще говоря, не было достаточным для этой цели. Расстояние между мегафестонами (около 1.2 км) существенно больше характерных длин выявленных краевых волн, связь между этими формами берегового рельефа и длинноволновыми процессами по результатам данного эксперимента установить не удалось.

Сдвиг фаз между расположенными вдоль берега станциями S18 и S8 также принимает нулевые значения — в диапазонах периодов 340—500 с и 62—68 с. Это отвечает преобладанию излученных волн, распространяющихся по нормали к берегу. Фазовый спектр между станциями S8 и S3 для более низкочастотного из указанных диапазонов также имеет линейный характер, аналогичный расчет фазовой скорости дал значение около 6 м/с. Это несколько ниже, чем было получено в результате экспериментальных исследований прибойных биений в районе м. Острый (около 7 м/с), который расположен примерно в 40 км к северу от изучаемого района, в сходных физико-географических условиях. Вероятно, это обусловлено несколько меньшими глубинами в районе оз. Изменчивое по сравнению с более северным участком акватории.

Интересно, что в этом диапазоне периодов слабый максимум в спектре отмечен на удаленной станции, на S3 уровень энергии ниже. И направление распространения волн указывает на преобладание движений от берега в сторону открытого моря, что весьма необычно и может быть интерпретировано как волновой гон. Аналогичная ситуация наблюдалась еще на одном 4-часовом интервале при максимальном развитии шторма, и не была отмечена в период нарастания и снижения его интенсивности. По-видимому, эффект волнового гона в изучаемом районе наблюдается сравнительно редко.

На рис. 7 представлены графики спектральной плотности на станциях S8 и S3 и фазового спектра между ними, рассчитанные по 4-часовому отрезку при ослаблении шторма. Диапазоны с нулевыми зна-

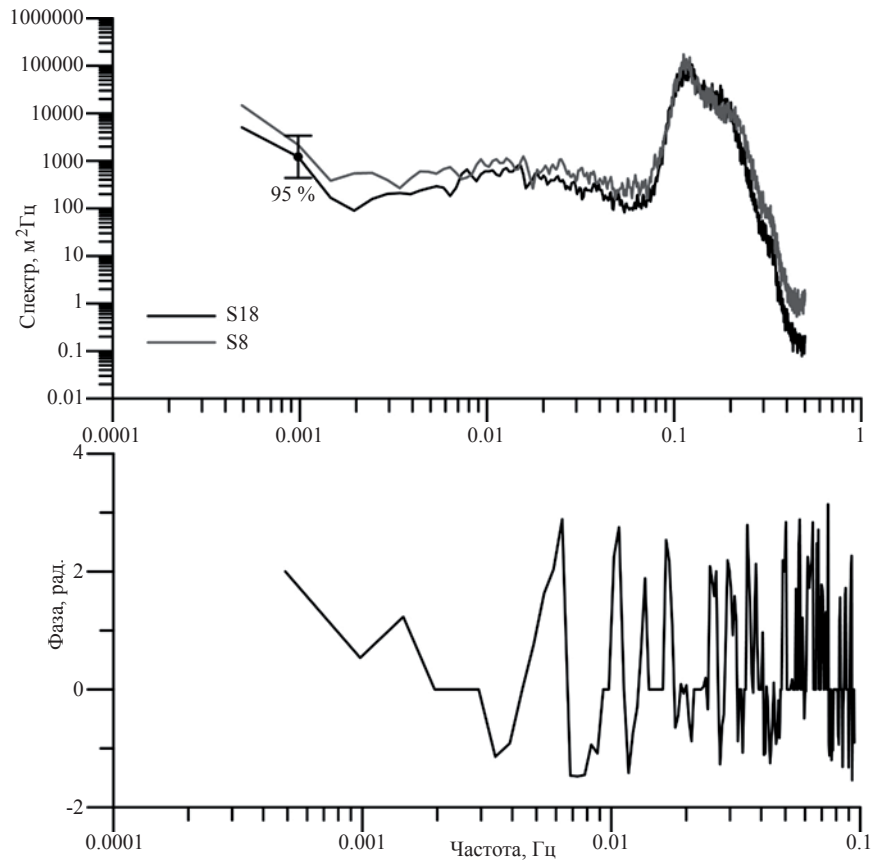


Рис. 6. Графики спектральной плотности и фазового сдвига. Станции 18 и 8. Максимальное развитие шторма.

Fig. 6. Graphs of spectral density and phase shift. Stations 18 and 8. Storm reached its peak.

чениями фазового сдвига отмечены на периодах 137—186 с и 66—79 с. Это указывает, что захваченные краевые волны играют важную роль в динамических процессах в изучаемом районе при различном положении центра циклона и, следовательно, разных направлениях подхода волн к изучаемому участку побережья, и имеют близкие характеристики.

Аналогичные характеристики энергетических и фазовых спектров были получены при анализе записей на различных фазах второго сильного шторма, имевшего место 10 сентября 2007 г. При спокойной погоде, когда роль инфрагравитационных волн была незначительна, краевые захваченные волны практически не проявлялись.

В результате анализа записей волнения на трех станциях в районе оз. Изменчивое на юго-востоке о. Сахалин выявлено, что при штормовых ситуациях наблюдалось существенное возрастание энергии в диапазоне периодов инфрагравитационных волн (30—300 с). При экстремальном шторме 25—26 сентября 2007 г. (значимая высота волны превысила 3.5 м, максимальная высота достигала 6 м) на различных стадиях его развития выявлены диапазоны периодов, на которых сдвиг фаз между расположенными по нормали к берегу станциями S3 и S8 равнялся нулю, что отвечает распространяющимся вдоль берега краевым захваченным волнам. Этим диапазонам (137—186 с и 68—82 с, с небольшими вариациями) отвечали участки с линейным изменением фазы между расположенными параллельно линии берега станциями S18 и S8, что позволило оценить скорость распространения длинных волн, равнявшуюся 1.8 и 1.1 м/с (такие низкие скорости, вероятно, соответствуют самой медленной нулевой моде краевых волн). Соответствующие длины волн составили около 300 и 80 м, что согласуется с характерными квазиритмическими формами берегового рельефа в изучаемом районе. Расстояния между крупными формами (мегафестонами) составляло около 1.2 км, что существенно больше характерных длин краевых волн.

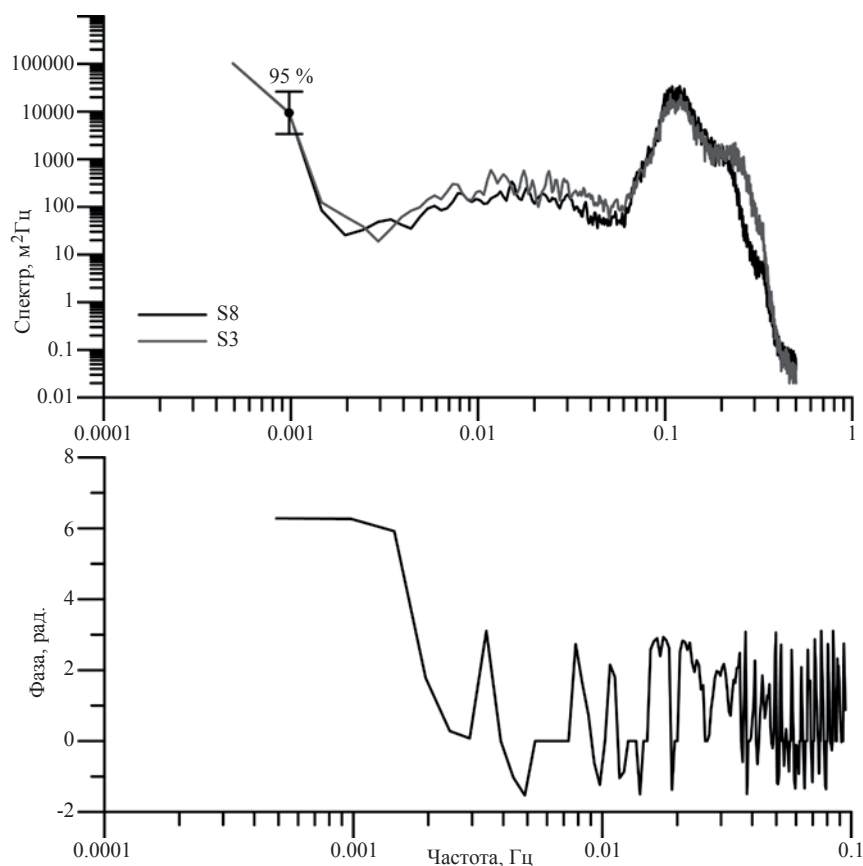


Рис. 7. Графики спектральной плотности и фазового сдвига. Станции 3 и 8. Конец шторма.

Fig. 7. Graphs of spectral density and phase shift. Stations 3 and 8. End of the storm.

В период максимального развития шторма, средняя за 4-часовой интервал амплитуда краевых волн в указанных диапазонах периодов составляла 5.8 и 4.7 см на ближней и 2.5 и 2.1 см на дальней станциях. Оценки скорости частиц для станции S3 составили около 30 и 40 см/с соответственно. Очевидно, связанные с краевыми волнами вдольбереговые потоки имеют значительно более высокие скорости на участке акватории, расположенном ближе к берегу. Ввиду их периодической структуры, они формируют локальные зоны размыва и аккумуляции наносов.

Сдвиг фаз между расположенными вдоль берега станциями S18 и S8 также принимает нулевые значения – в диапазонах периодов 340—500 с и 62—68 с. Это отвечает длинноволновым движениям, ориентированным поперечно линии берега — именно их традиционно называют прибойными биениями. С ними связано явление так называемого волнового нагона (или сгона, как наблюдалось на отдельных интервалах времени при экстремальном шторме 25—26 сентября) — локальных повышений уровня по сравнению с соседними участками акватории.

Работа выполнена в соответствии с государственной программой ИМГиГ ДВО РАН и частично финансируется грантом ДВО РАН. 18-1-004 Изучение фундаментальных основ взаимодействия гидроакустических, гидрофизических и геофизических процессов различного масштаба в зоне перехода геосфер Дальнего Востока России и восточного сектора Арктики (раздел 2).

Литература

1. Рабинович А. Б. Длинные гравитационные волны в океане: захват, резонанс, излучение. Л.: Гидрометеиздат, 1993. 240 с.
2. Леонтьев И. О. Прибрежная динамика: волны, течения, потоки наносов. М.: ГЕОС, 2001. 272 с.
3. Като Э., Миськов О. А., Шевченко Г. В. Штормовые нагоны на побережье острова Сахалин в конце XX века // Динамические процессы на шельфе Сахалина и Курильских островов. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2001. С. 160—176.
4. Афанасьев В. В. Геоморфологические аспекты проблемы защиты берегов острова Сахалин // Геоморфология. 2015. № 2. С. 28—37.

5. Шевченко Г. В., Горбунов А. О., Куркин А. А., Катаева Л. Ю. Геоморфологические и гидродинамические условия размывов полотна главной автомобильной магистрали Сахалина // Наука и техника транспорта. 2010. № 3. С. 60—70.
6. Чернов А. Г., Ковалев П. Д., Куркин А. А., Шевченко Г. В., Лухнов А. О. Исследование особенностей гидродинамических условий прилегающего к озеру Изменчивое участка взморья // Известия АИН им. А. М. Прохорова. Прикладная математика и механика. 2007. Т. 20. С. 8—16.
7. Горбунов А. О., Шевченко Г. В., Чернов А. Г., Ковалев П. Д., Частиков В. Н. Природные условия замыкания протоки озера Изменчивое (юго-восточное побережье острова Сахалин) // Вестник ДВО. 2010. №3. С. 93—102.
8. Лабай В. С., Атаманова И. А., Заварзин Д. С., Мотылькова И. В., Мухаметова О. Н., Никитин В. Д. Водоемы острова Сахалин: от лагун к озерам. Южно-Сахалинск: ГБУК Сахалинский областной краеведческий музей, 2014. 208 с.
9. Кабатченко И. М., Косьян Р. Д., Красицкий В. П., Серых В. Я., Шехватов Б. В. Опыт эксплуатации волнографа-мареографа ВМ-04 // Океанология. 2007. Т. 47, № 1. С. 150—155.
10. Плеханов Ф. А. Пространственно-временная изменчивость характеристик волнения у юго-восточного побережья о. Сахалин по данным инструментальных измерений // Ученые записки Сахалинского государственного университета. 2015. № 11—12. С. 35—38.
11. Кузнецов К. И., Куркин А. А., Пелиновский Е. Н., Ковалев П. Д. Статистические характеристики ветрового волнения на юго-восточном побережье о. Сахалин по инструментальным измерениям 2006—2009 гг. // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2014. Т. 52, № 2. С. 242—250.
12. Кузнецов К. И., Зайцев А. И., Костенко И. С., Куркин А. А., Пелиновский Е. Н. Наблюдения волн-убийц в прибрежной зоне о. Сахалин // Экологические системы и приборы. 2014. №2. С. 33—39.
13. Ковалев П. Д., Шевченко Г. В., Ковалев Д. П. Исследование динамики прибойных биений у юго-восточного побережья о. Сахалин // Метеорология и гидрология. 2006. № 9. С. 76—87.

К статье Шевченко Г. В., Кириллов К. В. Регистрация инфрагравитационных волн...

Shevchenko G. V., Kirillov K. V. Infragravity waves...

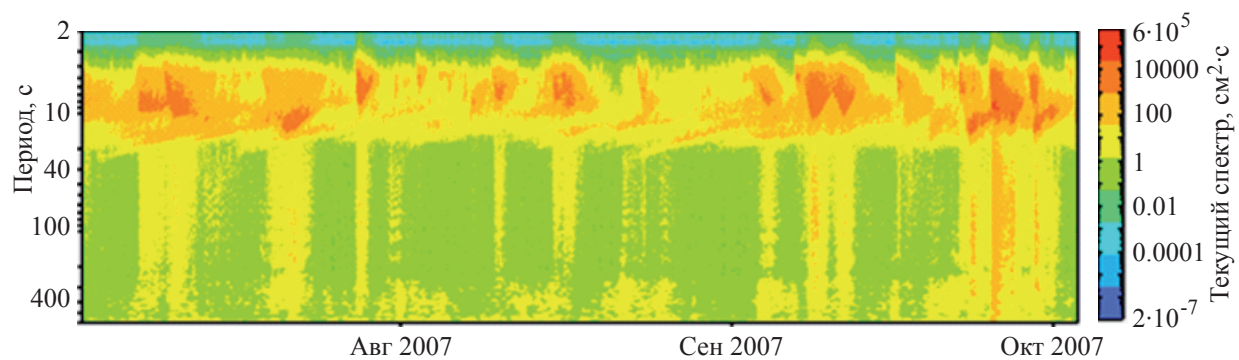


Рис. 3. Диаграмма текущего спектра волнения в диапазоне периодов 2—600 с по измерениям на станции S8.

Fig. 3. The diagram of the current wave spectrum in the range of periods from 2 to 600 s from measurements at station S8.