

ДИНАМИКА МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ,
ВЫЗЫВАЕМЫХ ВЕТРОВЫМИ ВОЛНАМИ
ТАЙФУНОВ ЛИНЛИН, ХАГУПИТ И МАЙСАК
ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЯ
ЛАЗЕРНО-ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

Шабельникова С.К., Чупин В.А.

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, г. Владивосток
shabelnikova.sk@poi.dvo.ru*

Микросейсмическая активность формируется вследствие взаимодействия атмосферы, вод Мирового океана и твердой оболочки Земли. Ветровое волнение оказывает давление на морское дно, приводя к возникновению низкочастотных сейсмических колебаний. Уровень проявления микросейсмического фона обусловлен характеристиками водной среды и воздушной оболочки планеты, и зависит от ряда локальных факторов: направления морских течений, интенсивности циклонов и продолжительности ветра над поверхностью моря. Атмосферные явления вроде тайфунов выступают эпизодическими возбудителями микросейсмических возмущений, предоставляя ценные сведения относительно взаимосвязей между воздушными массами, гидросферой и литосферой.

В работе были изучены особенности проявлений микросейсмических сигналов на территории Приморского края, вызванных прохождением трёх крупных циклонических образований — тайфунов Линлин, Хагупит и Майсак, которые действовали над Японским морем с 6 по 9 августа 2019 года, с 6 по 8 августа 2020 года и с 26 по 28 августа 2020 года соответственно. Было проведено детальное изучение характеристик микросейсмических процессов и последующий сравнительный анализ полученных результатов. Регистрация данных осуществлялась посредством специализированного аппаратно-программного комплекса Тихоокеанского океанологического института на МЭС «м. Шульца», размещённого на юге Приморского края. Выполнен сопоставительный анализ эмпирической информации о ветровом волновом воздействии, зафиксированном лазерным измерителем вариаций давления гидросферы

в близлежащей акватории и показателей микросейсмической активности, записанных с использованием береговых лазерных деформографов.

В исследовании применялся дисперсионный метод для изучения микросейсмических сигналов, заключающийся в формировании графиков зависимости фазовых скоростей поверхностных волн от их частоты. Анализ собранных аппаратно-программным комплексом данных осуществляется посредством программного инструмента Deformograph, обеспечивающего выполнение различных процедур обработки сигнала (устранение скачков, фильтрацию и децимацию), необходимых для последующего анализа. По результатам выбранных временных интервалов были построены поля периодов максимальных амплитуд микросейсмических колебаний (Рис. 1), а также графики динамики величин амплитуд пиковых значений микросейсмических колебаний первого и второго рода.

Отмечается различная чувствительность приборов при фиксации микросейсмических сигналов на различных частотах. Например, на определённых диапазонах периодов один деформограф

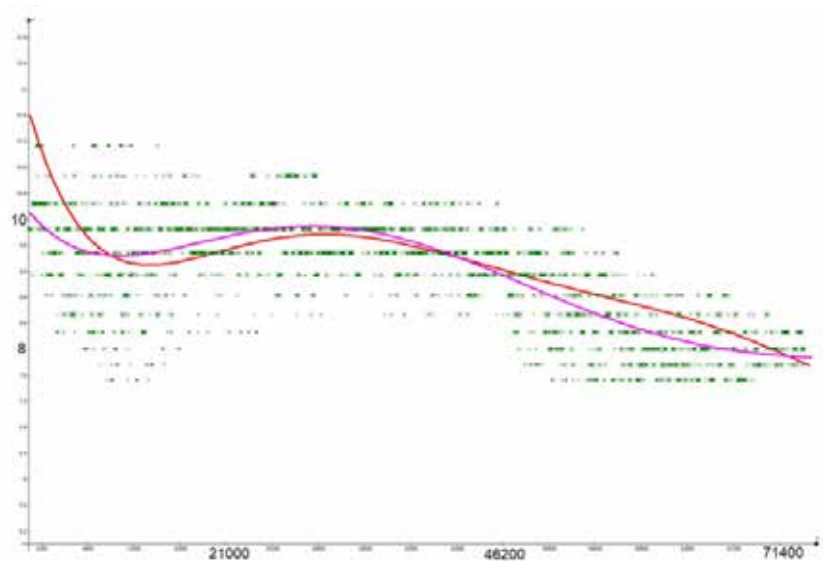


Рис. 1. Изменение периода микросейсм ветрового волнения тайфуна Хагупит. По оси ординат значение периодов в секундах, по оси абсцисс – время в секундах. Красной линией значения СЮ-1, лиловой линией – значения СЮ-2

демонстрирует более высокие значения амплитуды, тогда как на других интервалах показатели другого прибора оказываются значительнее.

При анализе данных микродеформаций земной коры, зарегистрированных лазерно-интерференционным измерительным оборудованием Морской экспериментальной станции «Мыс Шульца» в ходе прохождения тайфунов Линлин, Хагупит и Майсак над Японским морем, использовались показания двух синхронно работающих лазерных деформографов, размещенных на отличающихся основаниях – на скальном фундаменте и песчаной подушке, расположенной на суглинке.

Различия в величинах амплитуд пиковых значений микросейсмических колебаний, регистрируемых приборами СЮ-1 и СЮ-2, объясняются неоднородностью условий установки их отражающих элементов. Эти отличия связаны с механико-физическими параметрами грунтовых слоев, такими как упругость грунта, степень демпфирования вибрации и способность к рассеиванию волн, а также специфическими условиями местности расположения оборудования, включая плотность и прочность почвенного слоя. С точки зрения физических свойств, установка на плотном каменистом субстрате обеспечивает высокую жёсткость конструкции и минимальное искажение формы сигнала, тогда как размещение на песчаной подстилке сопровождается большим уровнем пластичности и снижением способности передавать деформационные усилия. Использование бетона в качестве промежуточного элемента монтажа на песчаном основании способствует повышению точности замеров деформографа СЮ-2 путём снижения влияния посторонних вибрационных помех и улучшения устойчивости пространственной ориентации.

Песчаное основание для отражателя деформографа амортизирует внешние шумы. Скальное основание представляет собой единый прочный блок, который хорошо проводит вибрации, возникающие от внешних источников (например, от ветровых нагрузок, деятельности работников научной базы, животных и др.). Так как излучатель и отражатель находятся на одной плотной скалистой среде, регистрируемый сигнал неизбежно включает вклад общей вибрации обоих компонентов. Напротив, песчаная среда эффективно демпфирует такие посторонние шумы, отделяя вибрационное поведение отражателя от источника излучения.

Также песчаное основание обеспечивает отсутствие коррелированных движений, поскольку отражатель на песке движется отдельно от стационарного лазерного излучателя, установленного на скале. Такая независимость улучшает контрастность и разборчивость слабых сигналов, связанных исключительно с исследуемым объектом – микросейсмами.

В результате обработки данных натурных измерений по одному временному участку были построены спектрограммы сигнала, на которых наблюдается разница частотных максимумов. Данные максимумов рассчитывались по одинарным значениям каждые 4800 точек отсчета, что соответствует 20-минутным интервалам.

При прохождении тайфуна Хагупит средние амплитуды максимумов сигнала составили 0,0517 мкм и 0,0885 мкм для СЮ-1 и СЮ-2 соответственно. При сравнении амплитуд по двум измерительным приборам наблюдается среднее отличие около 0,0368 мкм. При прохождении тайфуна Линлин средние амплитуды максимумов сигнала составили 0,0809 мкм и 0,1179 мкм для СЮ-1 и СЮ-2 соответственно, среднее отличие составило 0,0369 мкм. При подсчете средних амплитуд максимумов значений тайфуна Майсак (0,0700 мкм для СЮ-1 и 0,1553 мкм для СЮ-2) разница составила 0,0854 мкм.

Итак, микросейсмические колебания в периоды прохождения тайфунов имеют отчётливую динамику. Временные спектрограммы сигналов показывают изменение амплитуд и частотных максимумов.

Разница в амплитудах между соосными деформографами стабильно сохраняется. Для всех трёх тайфунов средняя разница амплитуд между СЮ-1 и СЮ-2 составляет 0,036–0,085 мкм, что указывает на устойчивое влияние условий установки деформографов на результаты наблюдений. Необходима дальнейшая модельная работа трансформации сигнала с учетом физико-механических свойств грунта, что позволит интерпретировать процессы трансформации энергии морских волн в зоне перехода геосфер.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта № 075-15-2024-642 «Исследование процессов и закономерностей возникновения, развития и трансформации катастрофических явлений в океанах и на континентах методами сейсмоакустического мониторинга».