DOI: 10.62994/DVO.2025.29.47.082

РЕЗОНАНСНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ЗАЛИВЕ ПОСЬЕТА: НАБЛЮДЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

ШевченкоГ.В.[1,2], Лоскутов А.В.[2]

[1]*Сахалинский филиал ФГБНУ ВНИРО («СахНИРО»), г. Южно-Сахалинск*
[2]*Институт морской геологии и геофизики, г. Южно-Сахалинск*
shevchenko_zhora@mail.ru

Резонансные колебания, возникающие в заливах и бухтах (сейши) играют важную роль в формировании длинноволновых процессов в таких водоемах, в особенности возрастает их роль при опасных морских явлениях – штормовых нагонах и цунами. Последнее обстоятельство особенно существенно для Дальневосточного региона РФ, так здесь сравнительно часто наблюдаются сильные подводные землетрясения, вызывающие волны цунами, а характерные периоды этих сейсмических волн (5 мин – 2 ч) близки к резонансным периодам многочисленных заливов и бухт, имеющихся на побережье региона. Многие из них характеризуются весьма сложной формой, что затрудняет определение основных характеристики резонансных мод (положения пучностей, где колебания максимальны, и узловых линий, где они малы, но зато велики скорости течений, вызывающих явление тягуна). В тоже время эти сведения важны для размещения объектов различного назначения на побережье, безопасного функционирования портов и движения судов по внутренним акваториям. Для таких бассейнов главным инструментом изучения пространственной структуры сейш является численное моделирование, для определения конкретной роли различных мод при различных погодных условиях необходимо проводить инструментальные измерений длинноволновых процессов. Сочетание этих подходов использовалось в данной работе при изучении резонансных колебаний в заливе Посьета, входящего в залив Петра Великого Японского моря и характеризующегося особенно сложной топографией (рис. 1). Резонансные колебания в этой акватории в целом и в ее северо-восточной части особенно уже изучались на основе данных инструментальных измерений и моделирования [1–3]). Однако в указанных работах основное вни-

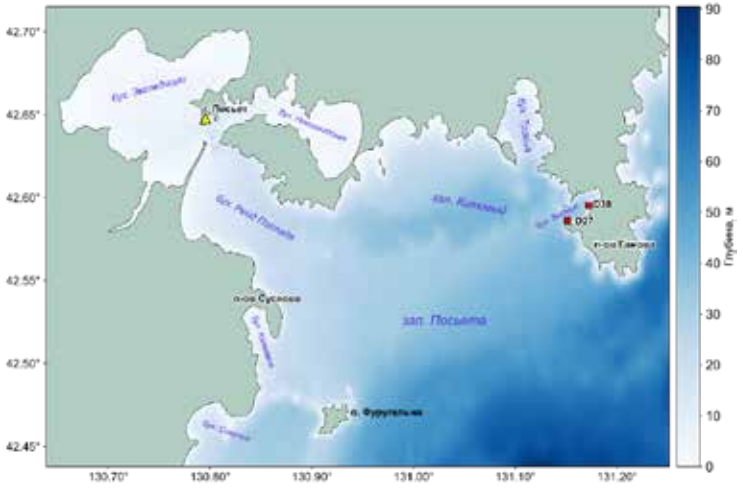

Рис. 1. Карта исследуемого района. Цветовой рельеф соответствует цифровой модели рельефа дна, используемого в численном эксперименте. Желтым треугольником отмечено положение регистратора СПЦ, красными квадратами – датчиков уровня АРВ-К14 ИМГиГ ДВО РАН

мание было уделено сравнительно короткопериодным резонансным модам, в данной работе основное внимание уделено более низкочастотным составляющим.

Акватория залива весьма специфическая по своим топографическим особенностям в юго-западной части залива Петра Великого Японского моря. Он расположен между двумя выдающимися в море полуостровами Гамова и Суслова (заканчивающихся одноименными мысами), его условно внешняя часть включает залив Китовый, бухты Витязь, Троицы и рейд Паллада. Внутренняя часть, отделенная косой, защищающей подходы к городу и порту Посьет, включает обширные по площади мелководные бухты Новгородская и Экспедиции. Ранее в порту находился береговой мареограф, зафиксировавший несколько исторических цунами, в том числе сильнейшее на берегах Приморья Акитское цунами 26 мая 1983 г. В настоящее время там находится телеметрический регистратор Службы предупреждения о цунами Росгидромета (СПЦ), зарегистрировавший волны, вызванные сильным землетрясением 1 января 2024 г. в районе полуострова Ното (западное побережье о. Хонсю), а также несколько опасных явлений, обусловленных

метеорологическими причинами, в частности, штормовые нагоны. Кроме того, в июле-октябре 2009 г. Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН в рамках сотрудничества с Тихоокеанским океанологическим институтом провел инструментальные измерения длинноволновых процессов в бухте Витязь путем постановки двух автономных измерителей придонного гидростатического давления (уровня моря). Полученные материалы послужили информационной основой данной работы, целью которой было изучение пространственно-временной структуры резонансных колебаний залива Посьета. Для построения цифровой модели рельефа производилась детальная оцифровка имеющихся навигационных карт промеров глубин, оцифровка береговой линии по актуальным спутниковым снимкам с последующей интерполяцией на регулярную координатную сетку с пространственным разрешением 1 угловая секунда (1/3600°).

Основное внимание уделялось продолжительным записям на датчики СПЦ в порту г. Посьет (дискретность по времени 1 мин), проанализированы данные за период май 2013 г. – март 2025 г. Также были оцифрованы марегорафные ленты с записями цунами в мае 1983 и июле 1993 г. Анализ этих материалов показал, что как при обычных погодных условиях, так и при опасных морских явлениях, связанных с цунами и штормовыми нагонами (включая экстремальный нагон в августе 2016 г., вызванный тайфуном Лайонрок) в спектрах колебаний выделялись хорошо выраженные максимумы на периодах около 90, 32 и 18 мин. Особенно выделялись эти максимумы при цунами, что указывает на определяющую роль резонансных колебаний в формировании волнового поля при опасных ситуациях. В бухте Витязь пик с периодом 32 мин отсутствовал, зато выделялся мощный максимум на периоде около 48 мин, не отмеченный на регистраторе СПЦ.

Рассмотрим результаты численного моделирования на примере низкочастотных резонансных мод с периодами около 90 и 48 мин (рис. 2). Изначально мы предполагали, что резонансные колебания, отвечавшие самому низкочастотному пику в спектрах колебаний по измерениям в бухте Витязь и в порту г. Посьет (около 90 мин) отвечают нулевой моде залива (моде Гельмгольца). Результаты моделирования показали, что в акваториях такой сложной конфигурации, как залив Посьета, не бывает мод с пространствен-

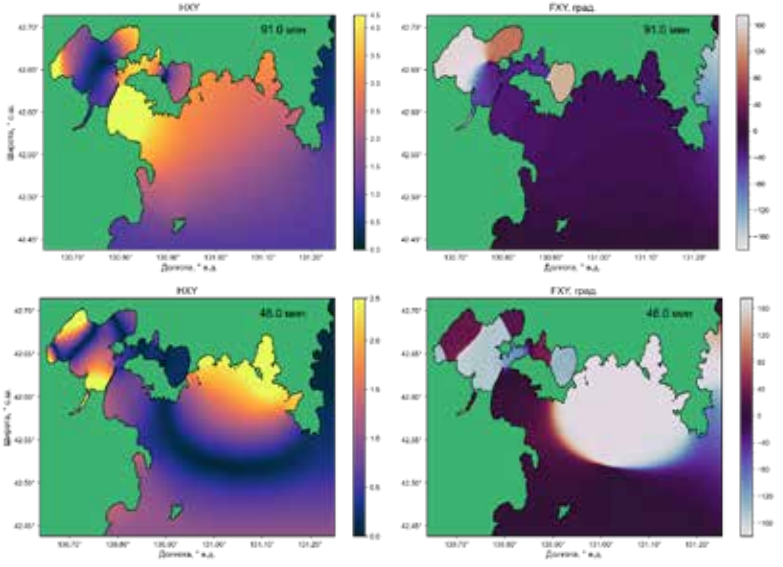

Рис. 2. Пространственное распределение коэффициента усиления (слева) и фазы (в °, справа) для резонансных мод с периодом 91 (верхний рисунок) и 48 мин (нижний) по результатам моделирования

ной структурой, характерной для обычных бассейнов, за счет наличия пучностей и узловых линий во внутренней акватории (бухты Экспедиции и Новгородская). Но и в целом предположение оказалось ошибочным. С одной стороны, она действительно имеет некоторые признаки, типичные для подобных составляющих: малые значения амплитуд у входа в залив и их возрастание в удаленной его части, в районе порта. Правда, на открытой границе линия нулевых колебаний не выделяется очень точно, и скачок фазы отсутствует, а это является наиболее существенным фактором при определении характера собственной моды бассейна. В данном случае пик в спектрах колебаний уровня моря следует отнести к влиянию частотно-избирательных свойств прилегающего участка шельфа (т.н. шельфовый резонанс). Наиболее интенсивные колебания наблюдаются в бухте Рейд Паллада, чуть в меньшей степени в заливе Китовый и бухте Троицы.

Пространственное распределение коэффициента усиления и фазы для другой важной резонансной моды с периодом 48 мин

тоже носит чрезвычайно сложный характер. С одной стороны, во внешней части залива оно соответствует классическому представлению об одноузловой поперечной сейши с узловой линией, поперечной открытой границе, и пучностями у полуостровов Гамова и Суслова, ограничивающих акваторию залива. В северо-восточной части наибольшие амплитуды колебаний наблюдаются в бухте Троицы, в юго-западной в бухтах Сивучья и Колевала.

Однако эта мода имеет еще несколько узловых линий: одну на входе в бухту Рейд Паллада и по две на акватории бухт Экспедиции и Новгородской. Удивительно, что данная мода практически не проявлялась в спектрах колебаний по измерениям на регистраторе СПЦ в порту г. Посьет, узловые линии проходят на некотором удалении его места положения, а вдоль западного берега бухты Рейд Паллада наблюдается определенное усиление колебаний.

Аналогичным образом исследована пространственная структура колебаний, обусловленных всеми резонансными модами изучаемого бассейна. Полученные результаты могут быть полезны при проектировании объектов на побережье залива, а также для повышения безопасности судоходства на его акватории.

Литература

1. Долгих Г.И., Будрин С.С., Долгих С.Г., Плотников А.А., Чупин В.А., Швец В.А., Яковенко С.В. Собственные колебания уровня воды в бухтах залива Посьета Японского моря // Метеорология и гидрология. 2016. № 8. С. 57-63.
2. Смирнов С.В., Ярощук И.О., Леонтьев А.П., Швырев А.Н., Пивоваров А.А., Самченко А.Н. Исследование резонансных колебаний в восточной части залива Посьета // Метеорология и гидрология. 2018. № 2. С. 37-44.
3. Chupin V., Dolgikh G., Dolgikh S. Smirnov S. Study of free oscillations of bays in the northwestern part of Posyet Bay // Journal of Marine Science and Engineering. 2022. Vol. 10. 1005.