

## РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В СЕЙСМОАКТИВНЫХ РЕГИОНАХ НА ПРИМЕРЕ РАБОТЫ СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ НА ОСТРОВЕ ШИКОТАН

**Костылев Д.В.<sup>1,2</sup>, Костылева Н.В.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск*

<sup>2</sup>*Сахалинский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», г. Южно-Сахалинск  
d.kostylev@imgg.ru*

Для оценки интенсивности сейсмических воздействий на остров Шикотан за последние 25 лет, авторами проведен анализ результатов, собранных макросейсмических данных [например, 1], а также каталогов международных сейсмологических агентств и бюллетеней сейсмической станции «Южно-Сахалинск» СФ ФИЦ ЕГС РАН. Для определения интенсивности сейсмических воздействий использовалась Шкала Медведева-Шпонхойера-Карника (MSK-64) [2]. В результате выделено 266 сейсмических событий в Дальневосточном регионе, имеющих макросейсмический эффект на о. Шикотан в период 2009–2023 годов. Согласно полученным данным, наибольшее количество (90%) сейсмических событий, ощутимых на о. Шикотан находится в квадрате с координатами 42,0°–46,0° северной широты и 144,0°–150,0° восточной долготы (врезка А на рис. 1). Пороговой ощущаемой магнитудой в этом квадрате можно считать  $M=3,5$  однако сильные удаленные сейсмические события с магнитудами около  $M=7,0$  и выше, также могут вызывать макросейсмический эффект на о. Шикотан (рис. 1). Анализ собранных данных показал, что на о. Шикотан в период 2009–2023 годов ощутимость землетрясений составляла преимущественно 2–3 балла (39%) и 3–4 балла (48%). То есть, 87% ощутимых сейсмических событий относятся к категориям слабых и очень слабых, согласно MSK-64. Всего два события были определены как ощутимые в 5–6 баллов Удаленные события, как правило, не оказывают сильного воздействия (рис. 2).

Макросейсмическая шкала MSK-64 описывает силу землетрясения по характеру его восприятия человеком, характеру раз-

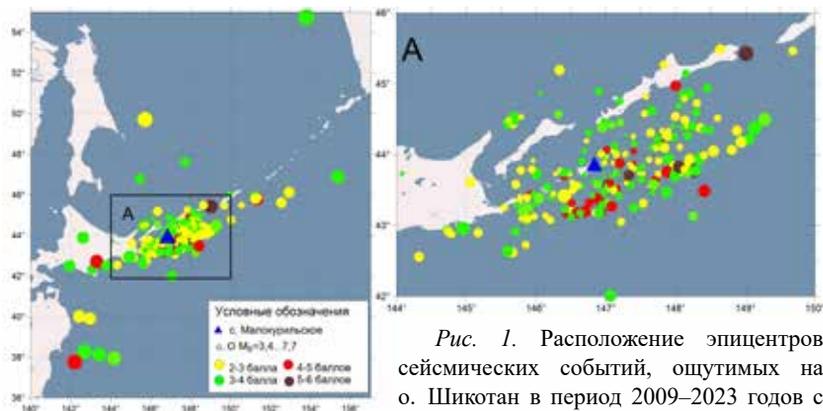


Рис. 1. Расположение эпицентров сейсмических событий, ощутимых на о. Шикотан в период 2009–2023 годов с распределением по макросейсмическому эффекту (баллам) согласно MSK-64

рушений строений и степени изменений в окружающей среде. Более точным способом оценки степени воздействия на конкретный объект является использование инструментальных методов определения интенсивности, согласно которым интенсивность определяется по максимальным значениям пиковых ускорений на объекте мониторинга при землетрясении [3]. Сахалинским филиалом ФИЦ ЕГС РАН в 2024 году начаты по работы по выполнению детальной оценки интенсивности сейсмических сотрясений зданий по инструментальным данным на острове Шикотан. Для решения данных задач в СФ ФИЦ ЕГС РАН разработан комплекс оценки сейсмических воздействий на строительные объекты на основе инженерно-сейсмометрических станций (ИСС), установленных



Рис. 2. Состав оборудования инженерно-сейсмометрической станции и примеры установки на объектах мониторинга

на зданиях городской застройки, выполненный в соответствии с нормативными документами. Аппаратная часть ИСС включает в себя оборудование российского производства, в составе молекулярно-электронного акселерометра МТСС-1033А, внесенного в государственный реестр средств измерений [4], интегрированного с регистратором модели NDAS-8426N (рис. 2). Подобные ИСС позволяют вести непрерывное наблюдение за объектом в режиме близком к реальному времени, определять сейсмические события и отправлять сообщения оператору системы.

Инженерно-сейсмометрические станции введены в эксплуатацию 01 апреля 2024 года в соответствии с требованиями оборудования зданий и сооружений в сейсмических районах. Инженерно-сейсмометрические станции интегрированы в единую сеть сбора данных СФ ФИЦ ЕГС РАН в режиме реального времени, что позволяет использовать данные получаемые станциями, в том числе и для локализации сейсмических событий в РИОЦ «Южно-Сахалинск». Используемые системы сбора и обработки данных позволяют проводить оперативную оценку инструментальной сейсмической интенсивности по данным станций сильных движений в режиме близком к реальному времени. Полученная оценка является реальной оценкой воздействия на объект мониторинга, отличной от «базовой станции» и от расчетной по населенному пункту. Анализ полученных результатов ещё раз позволяет оценить достоверность результатов, получаемых на основании уравнения макросейсмического поля для Курильских островов. По результатам работы ИСС для 27-ми сейсмических событий в период с 01.04.2024 по 20.06.2025 гг. инструментальная интенсивность (I) по данным станций на острове Шикотан превысила значение  $I=3,6$  (по шкале ШСИ-17) (рис. 3, слева). Максимальная интенсивность составила  $I=5,6$  (20 августа 2024 г.) и  $I=6,7$  (30 мая 2025 г.) для ИСС «Малокурильское».

Данные полученные с использованием ИСС на острове Шикотан подтвердили и уточнили сведения, полученные в результате анализа макросейсмических данных за 25 лет, о том, что наиболее сильные сейсмические проявления для острова Шикотан происходят от землетрясений с эпицентрами к востоку и юго-востоку от острова на удалении до 1 градуса, а основной эффект воздействия приходится на вертикальную составляющую (рис. 3, справа). Именно в этом районе 4(5) октября 1994 года произошло сильней-

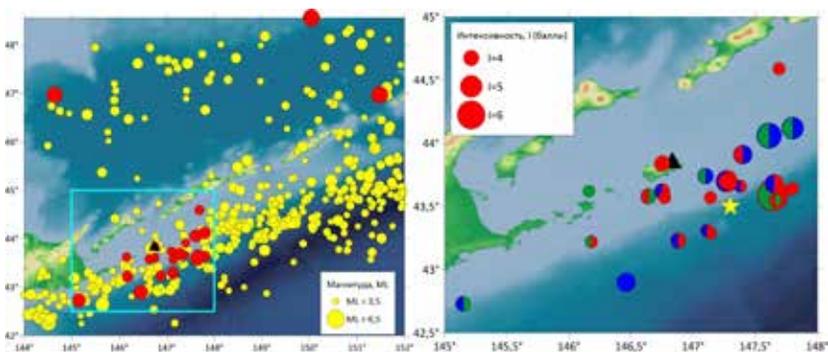


Рис. 3. Слева - эпицентры всех сейсмических событий с  $M \geq 3,5$  с 01.04.2024 по 20.06.2025 гг. Красным цветом выделены землетрясения с  $I \geq 3,6$  по инструментальным данным инженерно-сейсмометрических станций на объектах мониторинга (черный треугольник). Справа – эпицентры ощутимых землетрясений с указанием цветом осей максимального воздействия (красный цвет – вертикальная составляющая, зеленый цвет – направление север-юг, синий цвет – направление восток-запад). Желтая звездочка – эпицентр Шикотанского землетрясения 1994 года

шее для островов Малой Курильской гряды землетрясение (моментная магнитуда  $M_w = 8,3$  интенсивность колебаний грунта на о. Шикотан – 8–9 баллов), которое привело к значительным разрушениям зданий и сооружений различного назначения на островах Шикотан, Кунашир, Итуруп и гибели людей [5].

## Литература

1. Фокина Т.А. (отв. сост.), Лукаш Н.А. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Курило-Охотского региона и прилегающих территорий в населенных пунктах в 2020 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-27.html>.
2. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
3. Аптикаев Ф.Ф., Эргелева О.О., Бержинский Ю.А., Клячко М.А., Шестоперов Г.С., Стром А.Л. Проект новой российской сейсмической шкалы // Инженерные изыскания. 2011. № 10. С. 62-71.
4. Об утверждении типов средств измерений // Мир измерений. – 2021. – № 2. – С. 36-39.
5. Шикотанское землетрясение и цунами 4(5) октября 1994 года. Хроника событий, анализ последствий и современное состояние проблемы: сборник статей / составители: Тихонов И.Н., Шевченко Г.В. – Изд. 2-е доп. – Южно-Сахалинск: ФГБУН ИМГиГ ДВО РАН, 2015. – 128 с.