

РАЗВИТИЕ ПЛАНЕТАРНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ: КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ, УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПЕРВИЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

**Чупин В.А.¹, Долгих Г.И.¹, Будрин С.С.¹, Швец В.А.¹,
Яковенко С.В.¹, Латушкин А.А.², Гармашов А.В.²**

¹*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН,
г. Владивосток*

²*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь
chupin@poi.dvo.ru*

В 2025 году в рамках проекта по развитию отечественной геофизической наблюдательной сети были завершены работы по установке и вводу в эксплуатацию двух береговых лазерных деформографов: на острове Попова (Японское море) и в посёлке Кацивели (Черное море). Представлены сравнительные данные о конструктивных и эксплуатационных особенностях двух комплексов, включая параметры интерферометрических схем, инженерные решения по защите от внешних воздействий, особенности размещения в природной среде. Сделаны предварительные результаты наблюдений, отражающие способность установок регистрировать как природные, так и техногенные микросейсмические процессы. Определены векторы дальнейшего развития оборудования и инфраструктуры для повышения точности регистрации.

Лазерные деформографы представляют собой высокочувствительные оптико-механические измерительные комплексы, предназначенные для регистрации микродеформаций земной коры в широком диапазоне частот. В 2025 году успешно завершён запуск двух новых стационарных деформографов в Приморском крае и Республике Крым, сконструированных по схожей принципиальной схеме, но адаптированных под разные природные и инженерные условия.

Деформограф в Приморском крае установлен на острове Попова на побережье бухты Алексеева. Установка размещена в специально построенном подземном помещении в 20 м от берего-

вой линии на естественной возвышенности, в условиях густого прибрежного леса. Помещение гидротермально изолировано, что обеспечивает минимизацию температурных и акустических наводок.

Деформограф в Республике Крым установлен в пгт. Кацивели на территории Черноморского гидрофизического полигона. Установка размещена в полуподземном исполнении с использованием бетонного сооружения. Такое решение упростило ввод в эксплуатацию, но обусловило необходимость дополнительной тепловой изоляции от солнечного излучения.

Таблица 1. Конструктивные характеристики и отличия

Параметр	о. Попова	Кацивели
Длина измерительного плеча	20 м	15,1 м
Тип интерферометра	Майкельсона, неравноплечий	Майкельсона, неравноплечий
Герметичный лучевод	Да (18 м)	Да (15 м)
Тип размещения	Полностью подземное	Полуподземное
Основание	Блок 1х1х1,5 м на оптическом анкере	Блок 1х1х0,5 м на бетонном основании
Устойчивость к внешним факторам	Высокая (термо- и гидроизоляция)	Средняя, требует доработки
Запуск в эксплуатацию	12 июня 2025	22 июня 2025

Установка на о. Попова опирается на гранитобетонный фундамент, связанный с коренными породами, дополненный системой 6-метровых оптических анкеров. Это обеспечило высокую устойчивость к вибрационным и температурным воздействиям. В Кацивели прибор установлен в более открытой среде на бетонном основании и испытывает влияние суточного солнечного нагрева, что требует последующего улучшения теплоизоляции.

На оборудовании проведена первичная регистрация и предварительный анализ сигналов. На о. Попова уже в первые часы после запуска были зарегистрированы сейшевые колебания бухты с периодами 10,09 и 13,32 минут, подтвержденные спектральным анализом. Это согласуется с ранними наблюдениями в бухте Алексеева. Кроме того, были зафиксированы локальные сигналы, предположительно техногенного происхождения (шумы инфраструктуры или судоходства). В Кацивели записи с 22 по 26 июня

2025 г. показали: 1) чёткую суточную цикличность (влияние солнечного излучения); 2) наличие микросейсмических колебаний в диапазоне до 0,5 Гц, возможно вызванных волновой активностью; 3) присутствие сигналов неизвестного происхождения, потенциально связанных с локальными техническими воздействиями. На рисунке 1 приведены примеры участков записи, сделанные на новых измерительных установках.

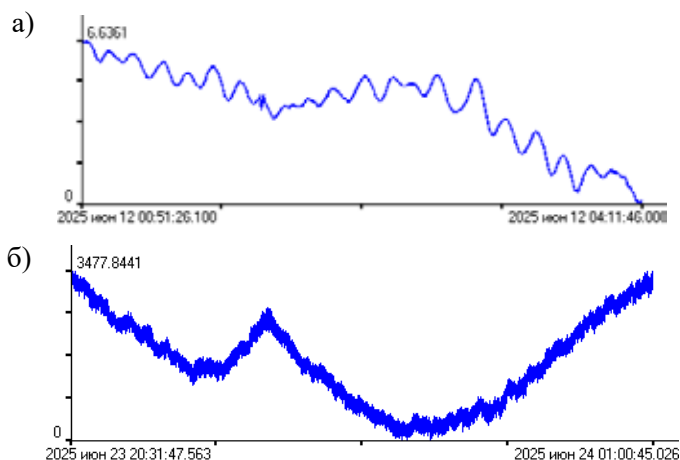


Рис. 1. Участки записи лазерных деформографов:
а) о. Попова, б) Кацивели

Эти данные подтверждают работоспособность и чувствительность оптической системы, а также необходимость дальнейшей калибровки с учетом внешних климатических факторов. Для улучшения стабильности и точности регистрации на обоих объектах предусмотрены следующие шаги:

- В Кацивели — усиление тепловой изоляции и защита от атмосферных факторов;
- Разработка автоматизированной системы мониторинга качества данных;
- Установка дистанционного контроля состояния оборудования;
- Анализ и устранение остаточных эффектов «усадки» конструкции на о. Попова;

Выполненные работы по созданию двух лазерных деформометров подтвердили:

- Техническую реализуемость и надёжность заявленных инженерных решений;
- Высокую чувствительность к микродеформациям в различных геофизических условиях;
- Пригодность приборов к долгосрочному непрерывному мониторингу.

Первичные данные демонстрируют перспективность интерферометрических систем для регистрации как природных (сейши, микросейсмы), так и антропогенных процессов. Полученные результаты станут основой для расширения наблюдательной сети и интеграции в более широкие геофизические проекты.

Работа выполнена при 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».