

## **Сейсмические исследования в Арктике: проблемы и перспективы**

*Антоновская Г.Н., заместитель директора по научной работе, доктор технических наук*

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лавёрова УрО РАН*

В докладе представлены результаты сейсмических исследований, полученные за 25 лет работы по основным направлениям: (1) развитие сейсмологических наблюдений в Арктике; (2) изучение строения и геодинамики платформенных территорий; (3) разработка инженерно-сейсмических методик.

### *1. Развитие сейсмологических наблюдений в Арктике*

Становление сейсмологии в Архангельской области связано с двумя выдающимися учеными – академиком РАН Н.П. Лавёровым и чл.-корр. РАН Ф.Н. Юдахиним. Первая сейсмическая станция была открыта в 2003 г. на родине Николая Павловича Лавёрова в Коношском р-не. Феликс Николаевич Юдахин заложил несколько станций на материке, а далее мы уже занимались развитием сети в Арктической зоне России. С 2011 по 2025 гг. в Российской Арктике было открыто 6 сейсмических станций: на арх. Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Северная Земля, и в материковой части Арктики – районы пос. Амдерма (Югорский полуостров) и Диксон (полуостров Таймыр). Проводится сбор и обработка первичных данных, налажен регулярный выпуск сейсмических каталогов, разработаны способы повышения достоверности определения параметров землетрясений Европейской части Арктики. Результат деятельности – Архангельская сейсмическая сеть ФИЦКИА УрО РАН получила мировое признание и статус уникальной научной установки (УНУ).

Ежегодно сейсмической сетью ФИЦКИА УрО РАН регистрируется более 1000 сейсмических событий различной природы, представительный уровень магнитуды за последние 3 года составляет  $M_{L\text{пред}}=3.0$ . Благодаря установке сейсмических станций на российских арктических архипелагах заложены основы криосейсмологических наблюдений в Российской Арктике.

### *2. Изучение строения и геодинамики платформенных территорий*

Сейсмическая сеть позволяет проводить глубинные исследования коры и верхней мантии с применением метода P-S-приемных функций – метод Л.П. Винника. Результаты используются, в том числе, при расчетах региональных годографов.

Предложены возможные механизмы геодинамических процессов в Российской Арктике, связанных со срединно-океаническими хребтами (СОХ). На основе накопления сейсмических данных за 1980-2023 гг. и

модели Эльзассера (Грачев и др., Scordas et al.) показано влияние хребтов Мона, Книповича и Гаккеля на сейсмичность шельфа Западного сектора Российской Арктики и северную окраину Восточно-Европейской платформы.

В частности, интервалы времени, через которые возмущения достигают архипелаг Новая Земля: 1-2 года от системы хребет Книповича–трог Лены и 3-5 лет от хребта Гаккеля. Землетрясения на архипелаге Новая Земля происходят вдоль разрывных нарушений на границе верхней и нижней коры. Триггером сейсмичности могут быть возмущения, распространяющиеся от СОХ, которые могут препятствовать накоплению напряжений и их разрядке в виде сильного землетрясения.

Проводятся профильные сейсмические исследования, направленные на изучение строения земной коры. Разработан оперативный и технологичный комплекс пассивных сейсмических методов, включающий методы: микросейсмического зондирования как основной (разработка ИФЗ РАН), «метод Накамуры» (HVSR), сейсмической интерферометрии; и методы ФИЦКИА УрО РАН: метод микросейсмической активности и вибропросвечивание среды техногенным источником (для техногенных объектов). Комплекс апробирован на объектах разного типа: зона платформенного тектонического землетрясения, кимберлитовая трубка, плотина ГЭС с площадкой ее размещения. Показано, что комплекс эффективен для труднодоступных районов и может применяться на участках, где сложно развернуть системы наблюдения активными методами. Важное технологическое достоинство – возможность использования малого количества сейсмических датчиков, при этом одну и ту же сейсмическую запись можно использовать для обработки разными пассивными методами.

### *3. Разработка инженерно-сейсмических методик*

Созданы аппаратно-методические комплексы сейсмической диагностики состояния сооружений и грунтов оснований с использованием вибросигналов различной природы, позволяющие выявлять негативные процессы на ранней стадии их развития. Объекты, обследованные для разработки и апробирования методик, включают: исторические памятники, гидроагрегаты, газокompрессорная установка, жилые здания, плотины ГЭС (Россия, Вьетнам). Система мониторинга Чиркейской ГЭС (Республика Дагестан) введена в эксплуатацию в 2015 г. и работает в настоящее время. В последние годы научные интересы автора в инженерной сейсмологии связаны с разработкой технологии непрерывного сейсмовиброконтроля состояния ж/д насыпей на слабом основании с использованием колебаний от движущихся поездов.

Основные результаты исследований изложены в 184 научных работах, из них пять монографий, 3 патента и 43 статьи в журналах, индексируемых в Web of Science/Scopus. За последние пять лет опубликовано 70 научных работ.