

НОВЫЙ ПУНКТ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ВЫСОКОШИРОТНОЙ АРКТИКЕ – СЕЙСМОИНФРАЗВУКОВАЯ ГРУППА НА О. ЗЕМЛЯ АЛЕКСАНДРЫ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА

А. В. Федоров¹ , В. Э. Асминг¹ , Ю. А. Виноградов² , И. С. Федоров¹  и М. С. Пятунин² 

¹Кольский филиал ФИЦ ЕГС РАН, Апатиты, Россия

²Центральное отделение ФИЦ ЕГС РАН, Обнинск, Россия

* **Контакт:** Федоров Андрей Викторович, Afedorov@krsc.ru

В работе описывается новый комплекс геофизического мониторинга Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), созданный на о. Земля Александры арх. Земля Франца-Иосифа. Комплекс состоит из широкополосной сейсмической станции и инфразвуковой группы, включающей в себя три разнесённых в пространстве низкочастотных микрофона. Описаны технические характеристики оборудования, условия установки и организация канала связи. Дана характеристика фоновых сейсмических и акустических шумов и их вариаций в течение года. В работе приводятся результаты анализа данных, полученных на сейсмоинфразвуковом комплексе ZEFI в 2024 году. Продемонстрированы возможности комплекса регистрировать сейсмические события на различных эпицентральных расстояниях и акустические события различной природы. Также продемонстрированы примеры регистрации пар сейсмических и акустических (инфразвуковых) сигналов, порождённых общим источником, ассоциируемым с экзогенными процессами деструкции арктической криосферы. Таким образом, подтверждены регистрационные возможности нового пункта геофизических наблюдений в высокоширотной Арктике для наблюдения за тектоническими процессами на океанических хребтах и шельфе арктических морей, а также мониторинга процессов преобразования арктической криосферы архипелага Земля Франца-Иосифа.

Ключевые слова: сейсмоинфразвуковая группа, сейсмическая станция, инфразвуковая группа, архипелаг Земля Франца-Иосифа, землетрясения, криосфера, Арктика.

Цитирование: Федоров А. В., Асминг В. Э., Виноградов Ю. А., Федоров И. С., Пятунин М. С. Новый пункт геофизического мониторинга в высокоширотной Арктике – сейсмоинфразвуковая группа на о. Земля Александры архипелага Земля Франца-Иосифа // Russian Journal of Earth Sciences. — 2026. — Т. 26. — ES1001. — DOI: 10.2205/2026es001049 — EDN: QFVUBY

Введение

Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) занимает огромные площади суши и акватории. В последние годы значительно усилилось внимание государства и крупных частных компаний к данному региону, как с точки зрения перспективы разработки богатых месторождений полезных ископаемых, так и с точки зрения важного логистического маршрута между Европой и Азией. Однако масштаб и амбициозность планов освоения арктического региона не соответствуют уровню научного знания об опасных природных процессах и явлениях, представляющих угрозу наземной и морской инфраструктуре.

Существующий уровень обеспеченности геофизическими наблюдениями в российской Арктике не позволяет проводить детальное районирование площадей по уровню угроз различных опасных природных явлений и, соответственно, обоснованно оценивать риски для реализации проектов [Маловичко и др., 2014].

<https://elibrary.ru/QFVUBY>

Получено: 28 мая 2025 г.

Принято: 28 июля 2025 г.

Опубликовано: 26 января 2026 г.



© 2026. Коллектив авторов.

Современные представления о сейсмичности российской части арктического региона во многом основаны на данных мировой сети наблюдений, удалённой от целевого региона на тысячи километров. Данные наблюдения в предыдущие годы позволили определить глобальные структуры основных тектонических образований региона, таких как арктическое продолжение Срединно-Атлантического хребта. Согласно *Аветисов [1996]* и *Mitchell et al. [1990]*, большинство землетрясений в данном регионе связаны с сейсмоактивной зоной, простирающейся от глубоководной части Арктического бассейна до шельфа моря Лаптевых [*Морозов и Ваганова, 2024; Морозов и др., 2023*]. Однако внутриплитовая сейсмичность арктического шельфа изучена намного хуже, в силу меньших энергий происходящих здесь землетрясений.

Многие опасные природные явления, встречающиеся в АЗРФ, такие как взрывная дегазация многолетнемерзлых пород с образованием больших кратеров газового выброса [*Богоявленский, 2014; Хименков и др., 2019*], до недавнего времени были в принципе неизвестны науке и не учитывались как фактор риска для наземной и, главное, морской инфраструктуры.

Основная причина сложившейся ситуации – фрагментарность наблюдений в силу крайне разреженных мониторинговых сетей. На территории АЗРФ расположены единичные станции геофизического мониторинга (в первую очередь сейсмического), в то время как другие страны с арктическими территориями обеспечены намного более плотными сетями наблюдений [*Электронная. . ., 2025*].

В этой связи особое значение имеют усилия по созданию в российской Арктике сети сейсмоинфразвуковых комплексов мониторинга (СИЗК) и развитию методов совместной автоматизированной обработки сейсмических и инфразвуковых сигналов. Такая методика группирования сейсмических и инфразвуковых датчиков позволяет меньшим числом станций, а значит, меньшими затратами на инфраструктуру, контролировать большие площади. Совместный анализ акустических и сейсмических данных позволяет получать синергетический эффект, увеличивая полноту извлекаемой из регистрируемых записей информации, в том числе, решая задачи классификации сигналов по природе их возникновения. Подобные комплексы мониторинга активно развиваются в европейском секторе Арктики последние десятилетия [*Gibbons et al., 2015*].

Данная работа посвящена описанию нового сейсмоинфразвукового комплекса мониторинга опасных природных процессов и явлений, установленного в августе 2023 года на о. Земля Александры арх. Земля Франца Иосифа. Международный код станции – ZEFI. Этот комплекс стал первым в российском секторе высокоширотной Арктики, дополнив сеть аналогичных комплексов, ранее установленных Федеральным исследовательским центром «Единая геофизическая служба Российской академии наук» на Кольском полуострове [*Виноградов, 2004; Фёдоров и др., 2018*] и архипелаге Шпицберген [*Баранов и др., 2016; Виноградов и др., 2014*].

Место установки

Возведение пункта непрерывного мониторинга в арктических условиях сопряжено с решением ряда сложных задач, связанных с обеспечением оборудования электропитанием, созданием каналов передачи данных и вопросами сохранности. Таким образом, места для размещения пунктов геофизического мониторинга в арктическом регионе целесообразно выбирать в районах с уже существующей постоянной инфраструктурой. На острове Земля Александры, входящем в архипелаг Земля Франца-Иосифа, расположен стационар национального парка «Русская Арктика» – «Омега», функционирующий в круглогодичном режиме и позволяющий удовлетворить все вышеперечисленные требования для места установки геофизического пункта мониторинга.

В советские годы на о. Земля Александры проводились временные сейсмические наблюдения НИИГА в период с 1968 по 1970 гг. [*Аветисов, 2009*]. При этом, в 200 км к востоку на о. Хейса с 1957 по 1992 гг. функционировала постоянная сейсмическая станция «Хейс». В современный период сейсмические наблюдения на архипелаге были возобновлены в 2011 году после установки сейсмической станции ФИЦКИА УрО РАН [*Антоновская и Данилов, 2014*].

В августе 2023 г. в рамках экспедиции Русского географического общества, при поддержке национального парка Русская Арктика сотрудниками центрального отделения ФИЦ ЕГС РАН на о. Земля Александры был установлен сейсмоинфразвуковой комплекс, получивший международный код ZEFI. Данный комплекс стал первым подобным инструментом геофизического мониторинга в российской зоне высокоширотной Арктики.

Большая часть площади о. Земля Александры покрыта двумя крупными ледниками – купол Лунный на западе и купол Кропоткина на востоке. Как и другие острова архипелага о. Земля Александры сложен магматическими породами, перекрытыми отложениями осадочных пород, преимущественно песчаниками, песками и глинами [Абашев и др., 2018]. Установка сейсмической станции на таких грунтах требует заглубления датчика на уровень достижения консолидированной породы либо скального основания. В месте установки сейсмометра СИЗК ZEFI мощность неконсолидированных грунтов составила менее 1 метра. Место расположения СИЗК показано на [рис. 1](#), на карте-врезке показано расположение элементов комплекса на местности. Датчик был установлен на твёрдое основание в полимерной трубе, выполняющей функцию защитного кожуха ([рис. 2а](#)).

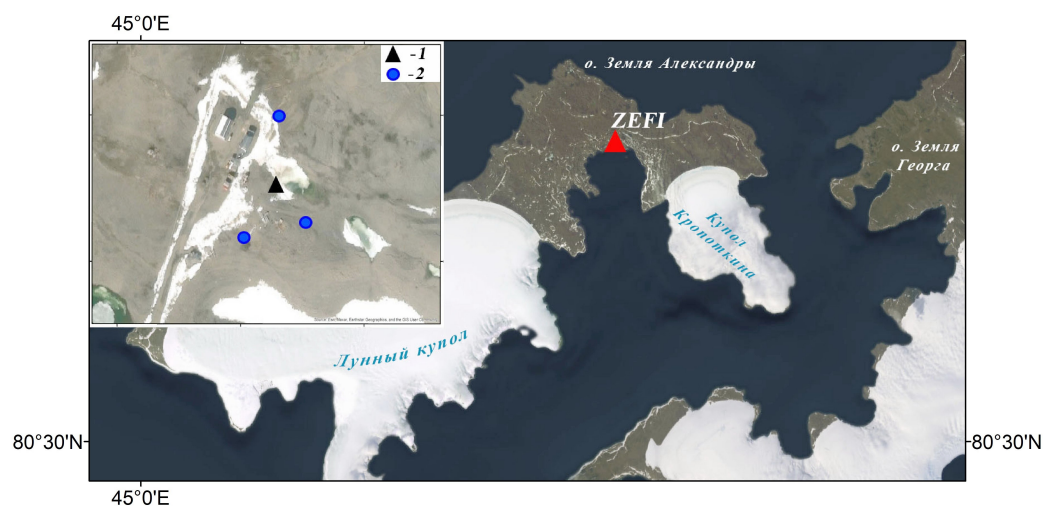


Рис. 1. Карта расположения сейсмоинфразвукового комплекса на о. Земля Александры. На врезке показано расположение сейсмической станции (1) и трёх низкочастотных микрофонов (2).

Оборудование

В состав СИЗК ZEFI входят 6-канальный портативный модуль сбора данных Centaur CTR2-6S-8 совместно с датчиком Trillium Compact Posthole TPC-20 и три микрофона ZetLab MA201 для регистрации инфразвуковых колебаний. Характеристики оборудования приведены в [табл. 1](#) и [2](#).

Оборудование регистрации и передачи данных (регистратор Centaur, DSL модем, блок питания микрофонов) размещено в термоизолированном всепогодном металлическом боксе.

Инфразвуковые датчики (три микрофона MA201) были разнесены на расстояния порядка 100 м от сейсмометра и расставлены в форме треугольника. Сами микрофоны были установлены внутри защитных пирамидок в поролиновые фильтры высоких частот. Все кабели датчиков были закопаны в грунт для предотвращения их механического повреждения ([рис. 2б](#)).

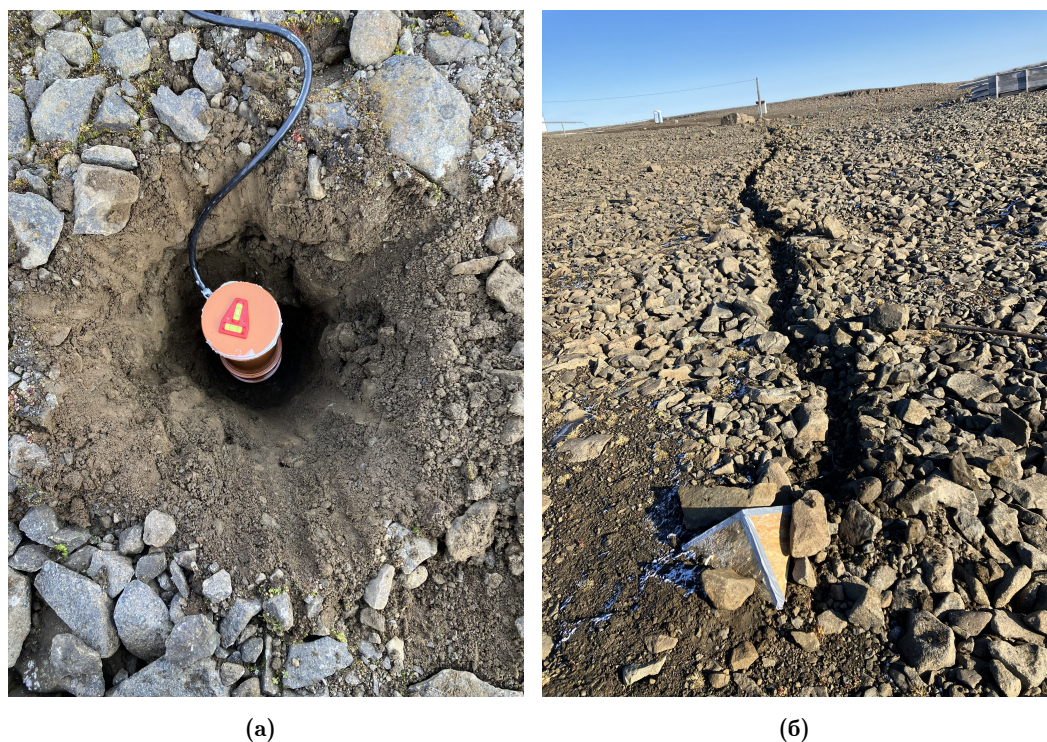
Электропитание оборудования станции и передача данных от регистратора осуществляются по одному многожильному кабелю, проложенному по воздушной линии до жилого модуля базы Омега. Для обеспечения резервного электропитания оборудова-

Таблица 1. Технические характеристики сейсмометра Trillium Compact TPC-20

Характеристика	Значение
Чувствительность, В/м/с	754,3
Рабочий диапазон частот, Гц	0,05–100
Выходной интерфейс	аналоговый
Рабочий диапазон температур, °C	от –40 до +60
Габаритные размеры (диаметр×высота), мм	90 × 135
Вес датчика, кг	3,0
Напряжение питания, В	DC 9–36
Стальной нержавеющий корпус для установки в грунт и негерметичные скважины	

Таблица 2. Технические характеристики микрофона ZetLab MA201

Характеристика	Значение
Рабочий диапазон частот, Гц	1–20 000
Чувствительность без нагрузки, мВ/Па (± 2 дБ)	50
Динамический диапазон, дБ (А)	от 16 до 146
Диапазон рабочих температур, °C	от –30 до +80

**Рис. 2.** Фотографии условий установки сейсмометра (а) и инфразвуковых микрофонов (б) сейсмоинфразвукового комплекса ZEFI.

ния используется источник бесперебойного питания 12 В, оснащённый аккумулятором ёмкостью 40 Ач. Расчётное время автономной работы при текущем суммарном электропотреблении станции порядка 5 Вт составляет 4 суток.

Линия связи была проложена от DSL модема, подключённого к регистратору, до компьютера сбора данных, подключённого к терминалу спутниковой связи на базе Омега. Данные трёхкомпонентной сейсмической станции и инфразвуковой группы в составе ZEFI по SeedLink-протоколу по каналу спутниковой связи поступают на сервера обработки данных в ФИЦ ЕГС РАН. Обработка данных происходит в региональном информационно-обрабатывающем центре Кольского филиала ФИЦ ЕГС РАН в г. Апатиты.

Оценка фоновых шумов

Для оценки уровня фоновых шумов сейсмической станции был выполнен расчёт плотности вероятности спектральной плотности мощности шума (СПМ) согласно методике, описанной в [McNamara and Buland, 2004]. Результаты расчётов для вертикального канала станции приведены на рис. 3. Использованы данные за период с 1 по 31 января 2024 года.

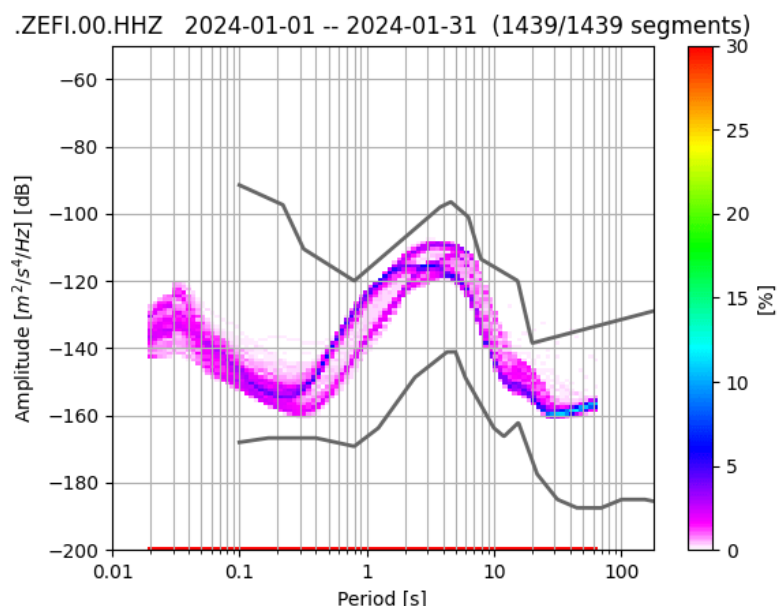


Рис. 3. График плотности вероятности спектральной плотности мощности фонового шума на станции ZEFI, построенный за период 1–31 января 2024 г.

Анализ графика (рис. 3) позволяет сделать вывод о низком уровне фонового микросейсмического шума в полосе частот 1–50 Гц (периоды 0,02–1 с.), покрывающей рабочие частоты локального и регионального мониторинга. В то же время на станции наблюдается повышение уровня шума в полосе 1–0,1 Гц, характерной для штормовых микросейсм, что можно объяснить островным положением станции. Станция с данным уровнем фонового микросейсмического шума должна обладать высокой чувствительностью и регистрировать даже слабые локальные сейсмические события.

На рис. 4 приведены графики уровня акустического шума в 2024 году на микрофонах инфразвуковой группы, входящей в состав СИЗК. Представленные графики рассчитаны в полосе частот 1–15 Гц, где происходит обработка собираемых данных.

Анализ графика (рис. 4) показывает, что акустические шумы нарастают в летне-осенний период. Причиной повышения уровня акустического шума в инфразвуковом диапазоне в этот период могут являться как локальные источники, в том числе связанные с человеческой активностью, так и региональные, связанные со штормовыми и прибойными процессами на освободившейся от ледового покрова акватории и побережье.

Оценка регистрационной способности сейсмической станции

Все поступающие с СИЗК ZEFI данные проходят оперативную обработку в программном комплексе автоматического обнаружения и локализации сейсмических и инфразвуковых событий PSDL [Асминг и др., 2025]. Программный комплекс PSDL выполняет как отдельную обработку сейсмических и инфразвуковых записей, так и их совместный анализ в случае наличия общего источника этих двух видов сигналов. Также в PSDL происходит ассоциация обнаруженных фаз сейсмических волн с данными других станций, расположенных в арктическом регионе.

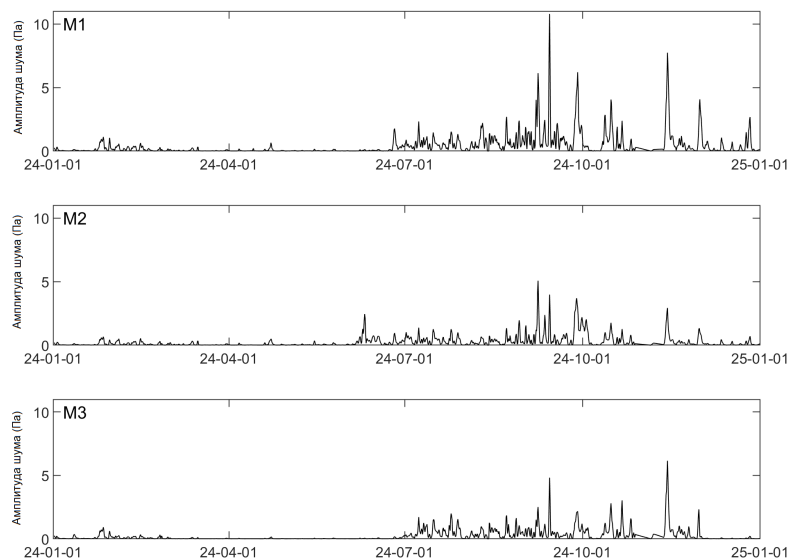


Рис. 4. Графики уровня акустического шума на микрофонах инфразвуковой группы СИЗК ZEFI в 2024 г.

По результатам обработки сейсмических данных комплекса ZEFI, полученных в 2024 году, было обнаружено 9033 события. Подавляющее большинство сейсмических событий произошли на эпицентральных расстояниях менее 100 км и характеризуются малыми энергиями. Предварительный анализ волновых форм локальных событий (рис. 5а) позволяет предположить, что природа их генерации связана с процессами деструкции ледников архипелага. На локальных эпицентральных расстояниях регистрируются и события тектонической природы, также характеризующиеся малыми магнитудами (рис. 5б). На региональных расстояниях станция уверенно регистрирует сейсмические события с магнитудами более 2 из района арх. Шпицберген и хребта Гаккеля (рис. 5в).

На рис. 6 приведена карта эпицентров сейсмических событий, зарегистрированных по данным станции ZEFI в 2024 году. Так как представленная на рис. 6 локация эпицентров определялась по данным одиночной сейсмической станции, результаты содержат ожидаемые погрешности. Анализ рисунка 6 позволяет заключить, что сейсмическая станция СИЗК ZEFI позволяет регистрировать события магнитудой менее 3 единиц на расстояниях до 1000 км. Наряду с региональными землетрясениями станция ZEFI регистрирует множество локальных сейсмических событий. Локализация эпицентров и характерные волновые формы части регистрируемых событий позволяют предположить связь их генезиса с процессами деструкции местных ледников. Локация близких сейсмических событий (эпицентральное расстояние меньше 100 км) показана на врезке в верхнем правом углу (рис. 6).

Оценка представительной магнитуды одностанционного каталога, формируемого по данным станции ZEFI, будет выполнена в будущем по степени накопления данных. Однако в условиях крайне разреженной сети мониторинга любые данные о сейсмичности данного района Арктики являются значимыми и ценными.

Оценка регистрационной способности инфразвуковой группы

По результатам обработки данных инфразвуковых наблюдений на СИЗК ZEFI за 2024 год системой автоматического мониторинга PSDL обнаружено 6092 акустических события. На рис. 7 приведена диаграмма распределения количества инфразвуковых событий по направлениям на источник. Подавляющее количество сигналов зарегистрировано с направлений, соответствующих береговым кромкам ледовых куполов Лунный и Кропоткина, а также ледников северного побережья о. Земля Георга. Эти закономерности позволяют заключить, что источником возникновения данных событий

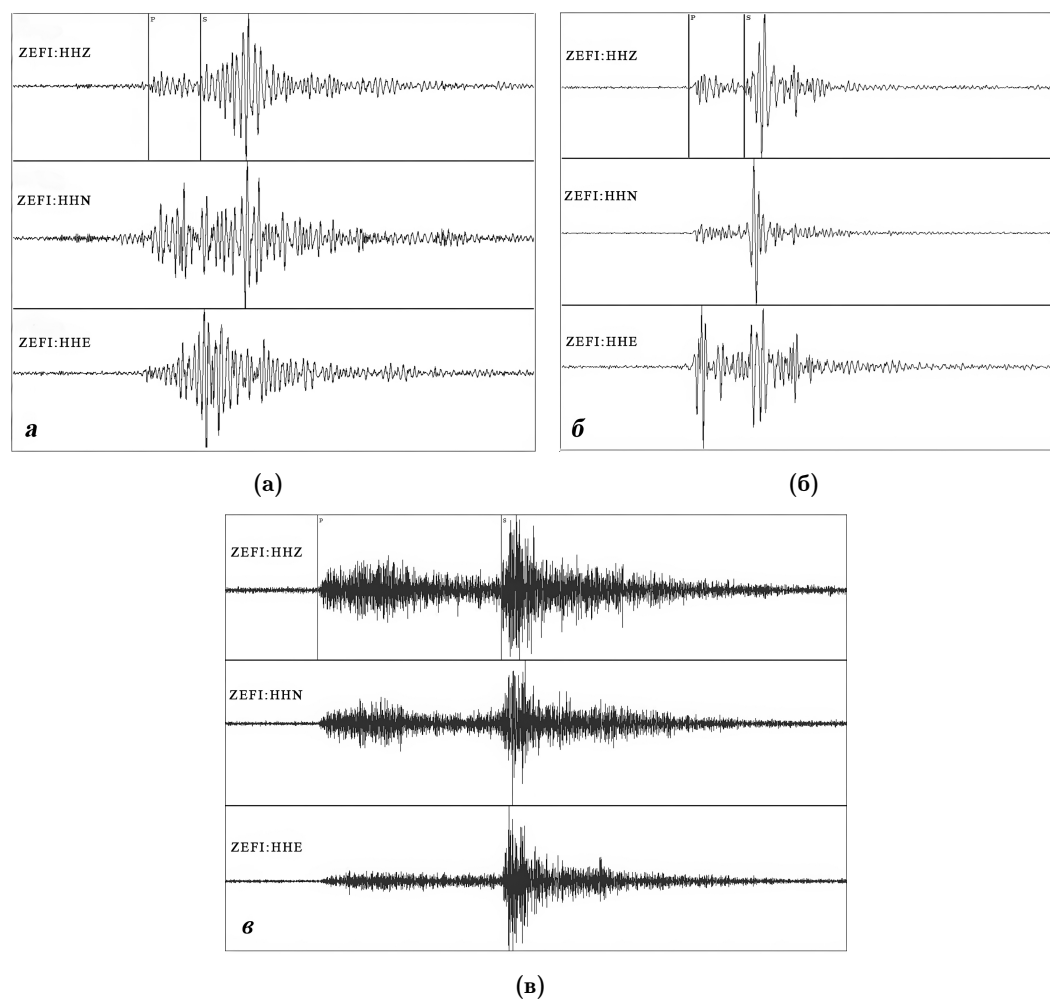


Рис. 5. Примеры записей сейсмических событий комплексом ZEFI: а – локальное событие, ассоциируемое с деструкцией ледника, б – локальное тектоническое событие, в – региональное событие ($M_L = 3,5$, эпицентрального расстояние 402 км).

являются процессы растрескивания и обрушения терминальных частей соответствующих ледников. Исследования таких процессов геофизическими методами в последние годы проводятся на архипелаге Шпицберген по данным региональной международной сети станций [Асминг и Федоров, 2024; Köhler *et al.*, 2016]. На рис. 8 приведён график распределения количества обнаруженных акустических событий по месяцам 2024 года. Максимальное количество инфразвуковых событий зарегистрировано в августе (1093 события). Дополнительный анализ показал, что азимуты на источник для подавляющего числа событий в августе указывают на западный край ледового купола Кропоткина, что свидетельствует об активизации процессов его деструкции в этом месяце.

По синхронной регистрации сигналов двух типов (сейсмического и акустического) ряд регистрируемых СИЗК событий однозначно интерпретируется как следствие деструктивных процессов на краях местных ледников. Пример записи такого события приведён на рис. 9. Совместный анализ обоих типов сигналов позволяет однозначно ассоциировать их с общим источником и произвести точную локализацию эпицентра, несмотря на сложную волновую картину сейсмической записи и нечёткие вступления вторичных волн. Локализация выполняется по временам первых вступлений сейсмического и инфразвукового сигналов. Зная скорость распространения продольной сейсмической волны и скорость звука, можно рассчитать эпицентрального расстояние с учётом задержки между временами прихода этих двух типов сигналов на СИЗК. Азимут на источник определяется по данным инфразвуковой группы [Виноградов и др., 2021]. Точка пересечения эпицентральной окружности и азимута на источник

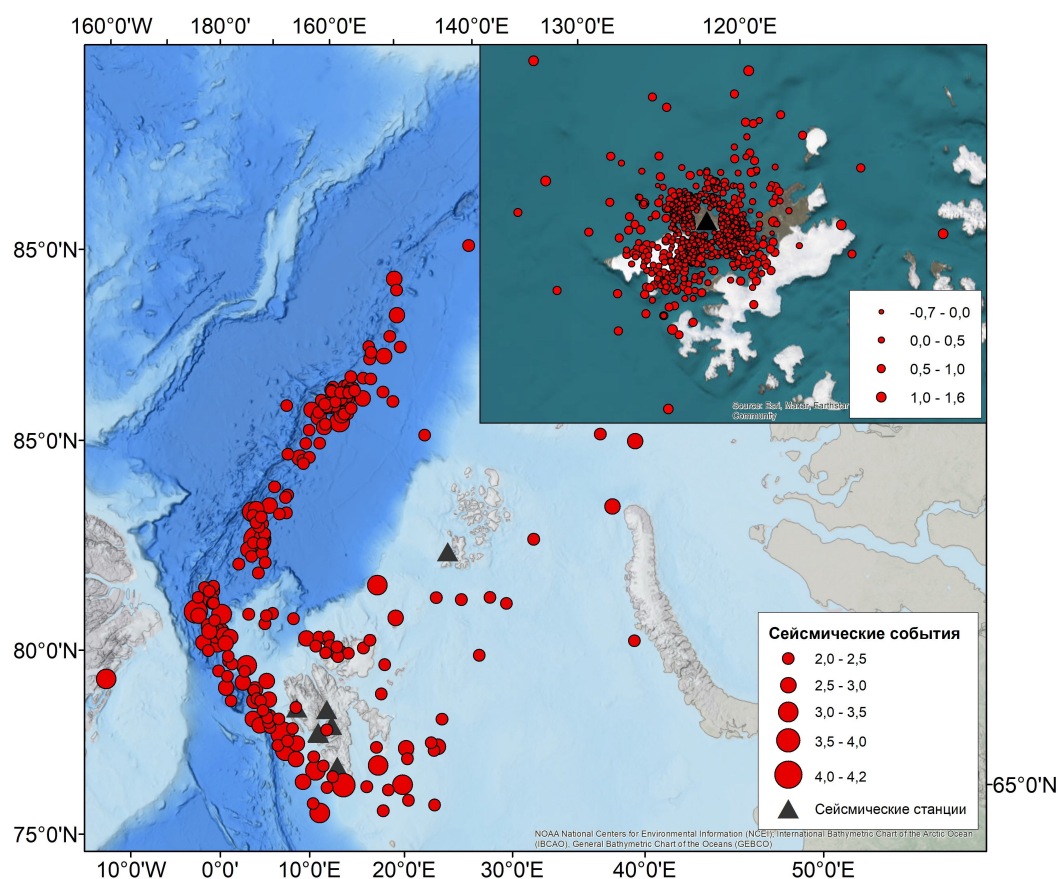


Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений, обнаруженных и локализованных автоматическим программным комплексом PSDL по записям станции ZEFI в 2024 г.

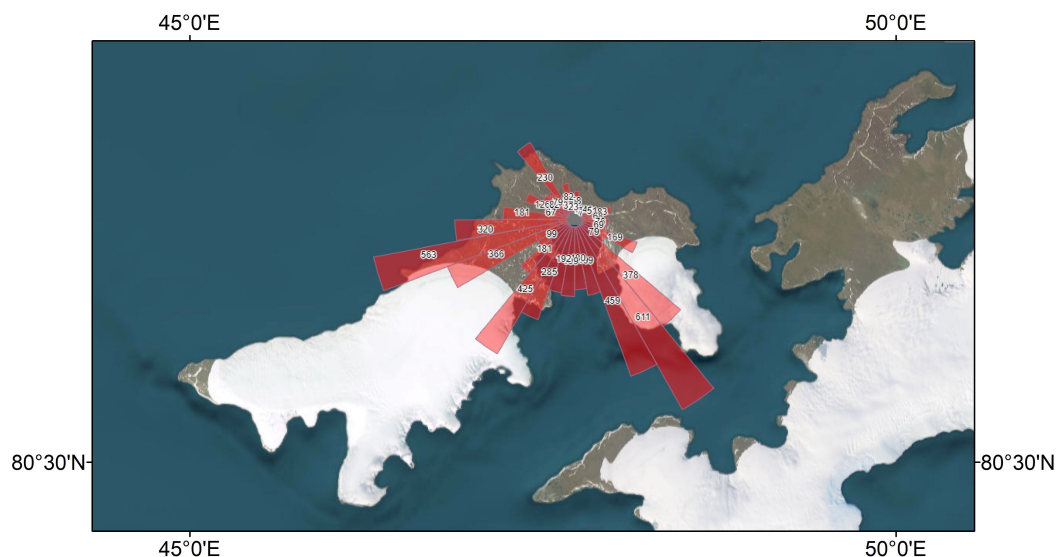


Рис. 7. Диаграмма распределения количества инфразвуковых событий по направлениям на источник.

даёт координаты источника. Такой подход автоматизирован в программном комплексе PSDL и позволяет автоматически классифицировать часть регистрируемых комплексом событий и производить уточнённую локализацию их эпицентров.

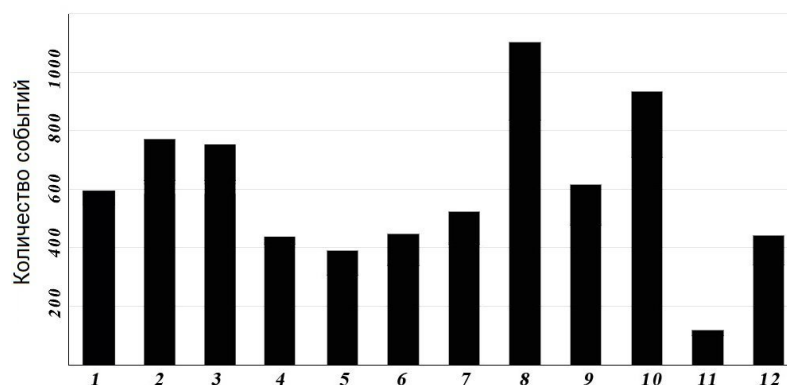


Рис. 8. Распределение количества обнаруженных инфразвуковых событий по данным СИЗК ZEFI по месяцам 2024 г.

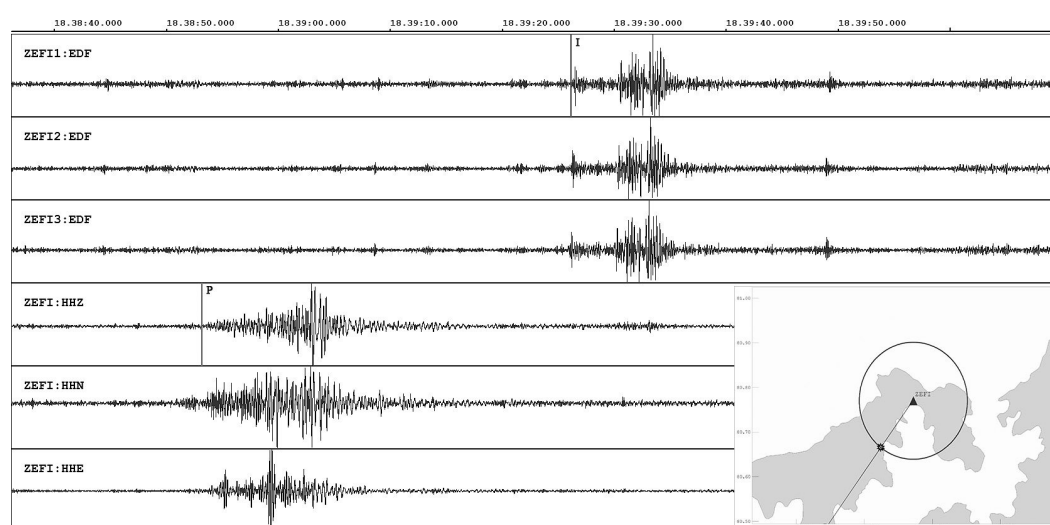


Рис. 9. Пример записи сейсмического и инфразвукового сигналов, порождённых общим источником, ассоциируемым с деструкцией ледника. Верхние три канала – записи инфразвуковых микрофонов, нижние – запись трехкомпонентного сейсмометра.

Заключение

Данная работа демонстрирует первые результаты эксплуатации сейсмоинфразвукового комплекса ZEFI, установленного осенью 2023 года на о. Земля Александры, архипелага Земля Франца-Иосифа. Представленные оценки фоновых сейсмических и акустических шумов свидетельствуют о высоких регистрационных возможностях СИЗК для мониторинга региональных и локальных процессов в литосфере и криосфере высокоширотной Арктики.

Приведённые результаты сейсмического мониторинга по данным одиночной сейсмической станции показывают, что этот новый пункт наблюдений позволяет уточнить локализацию эпицентров землетрясений в сейсмоактивных зонах района архипелага Шпицберген, хребта Гаккеля, шельфа Баренцева и Карского морей, а также зоны континентального склона к востоку и западу от архипелага Земля Франца-Иосифа.

Применение комплексной регистрации сейсмических и низкочастотных акустических сигналов позволяет локализовать и классифицировать события, порождённые процессами деструкции ледников архипелага. Это позволяет производить оценки воздействия текущих климатических изменений на степень отклика и преобразования арктической криосферы.

Таким образом, создание СИЗК ZEFI вносит весомый вклад в изучение опасных природных процессов в Арктической зоне Российской Федерации, закономерностей их возникновения и частоты проявлений.






Благодарности. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания №075-00609-26) и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира». Авторы выражают благодарность все-российской общественной организации «Русское географическое общество» за помощь в организации экспедиций для выполнения работ по установке и обслуживанию сейсмоинфразвукового комплекса ZEFI, а также – благодарность руководству национального парка «Русская Арктика» и лично Перхурову Роману Александровичу, заместителю директора по развитию, за постоянную и всестороннюю поддержку при эксплуатации оборудования на стационаре «Омега».

Список литературы

- Абашев В. В., Метелкин Д. В., Михальцов Н. Э. и др. Палеомагнетизм траппов архипелага Земля Франца-Иосифа // Геология и геофизика. — 2018. — Т. 59, № 9. — С. 1445–1468. — <https://doi.org/10.15372/GiG20180910>. — EDN: XZICQH.
- Аветисов Г. П. Сейсмоактивные зоны Арктики. — Комитет РФ по геологии и исследованию недр ВНИИ Океанология, 1996. — 185 с.
- Аветисов Г. П. Сейсмологические исследования НИГА-ВНИОкеангеология в Арктике (история, достижения, перспективы) // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2009. — № 2. — С. 27–41. — EDN: KXQVIV.
- Антоновская Г. Н. и Данилов А. В. Организация пунктов сейсмических наблюдений в условиях Европейского Севера России на примере функционирования пункта «Земля Франца-Иосифа» // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2014. — 4 (102). — С. 24–33. — EDN: TFPBMH.
- Асминг В. Э. и Федоров А. В. Алгоритмы автоматического детектирования и локации инфразвуковых событий в системе PSDL // Russian Journal of Earth Sciences. — 2024. — Т. 24. — ES6002. — <https://doi.org/10.2205/2024es000944>. — EDN: ZVUUJP.
- Асминг В. Э., Федоров А. В. и Виноградов Ю. А. Поточковая система детектирования и локации сейсмических и инфразвуковых событий PSDL // Геофизические исследования. — 2025. — Т. 26, № 3. — С. 5–25. — <https://doi.org/10.21455/gr2025.3-1>.
- Баранов С. В., Асминг В. Э., Виноградов Ю. А. и др. Новый комплекс сейсмоинфразвукового мониторинга ледников в пос. Пирамида (Шпицберген): первые результаты // Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа. — 2016. — С. 38–43. — EDN: WXJJUV.
- Богоявленский В. И. Угроза катастрофических выбросов газа из криолитозоны Арктики. Воронки Ямала и Таймыра. Часть 2 // Бурение и нефть. — 2014. — № 10. — С. 4–9. — EDN: SXDCEJ.
- Виноградов Ю. А. Сейсмоинфразвуковой комплекс «Апатиты» – новый инструмент дистанционного геомониторинга в Евро-Арктическом регионе // Север-2003: Проблемы и решения. — Апатиты : КНЦ РАН, 2004. — С. 103–108. — EDN: YUYOWI.
- Виноградов Ю. А., Асминг В. Э., Баранов С. В. и др. Сейсмоинфразвуковой мониторинг деструкции ледников (пилотный эксперимент на архипелаге Шпицберген) // Сейсмические приборы. — 2014. — Т. 50, № 1. — С. 5–14. — EDN: SBCXCN.
- Виноградов Ю. А., Федоров А. В., Баранов С. В. и др. О выделении айсбергообразующих льдотрясений по сейсмоинфразвуковым данным // Лёд и снег. — 2021. — Т. 61, № 2. — С. 262–270. — <https://doi.org/10.31857/S2076673421020087>. — EDN: XZBWNF.
- Маловичко А. А., Виноградов А. Н. и Виноградов Ю. А. Развитие систем геофизического мониторинга в Арктике // Арктика: экология и экономика. — 2014. — № 2. — С. 16–23. — EDN: SFVRFD.
- Морозов А. Н. и Ваганова Н. В. Сейсмичность западного сектора Российской Арктики. — Москва : ИФЗ РАН, 2024. — 240 с.
- Морозов А. Н., Ваганова Н. В., Старков И. В. и др. Современная группирующаяся низкомagnitudeная сейсмичность срединно-океанического хребта Гаккеля // Russian Journal of Earth Sciences. — 2023. — № 23. — ES3007. — <https://doi.org/10.2205/2023es000843>.

- Фёдоров А. В., Асминг В. Э., Евтюгина З. А. и др. Система автоматического мониторинга сейсмичности Европейской Арктики // Сейсмические приборы. — 2018. — Т. 54, № 1. — С. 29–39. — <https://doi.org/10.21455/si2018.1-3>. — EDN: YUOLJG.
- Хименков А. Н., Сергеев Д. О., Власов А. Н. и др. Взрывные процессы в области распространения многолетнемерзлых пород – новый вид геокриологической опасности // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. — 2019. — № 6. — С. 30–41. — <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019630-41>. — EDN: JRXQRV.
- Электронная база сейсмических станций Международного консорциума в сейсмологии IRIS. — URL: <https://ds.iris.edu/gmap/> (дата обр. 20.07.2025).
- Gibbons S. J., Asming V., Eliasson L., et al. The European Arctic: A Laboratory for Seismoacoustic Studies // Seismological Research Letters. — 2015. — Vol. 86, no. 3. — P. 917–928. — <https://doi.org/10.1785/0220140230>.
- Köhler A., Nuth C., Kohler J., et al. A 15 year record of frontal glacier ablation rates estimated from seismic data // Geophysical Research Letters. — 2016. — Vol. 43, no. 23. — P. 12155–12164. — <https://doi.org/10.1002/2016gl070589>.
- McNamara D. E. and Buland R. P. Ambient Noise Levels in the Continental United States // Bulletin of the Seismological Society of America. — 2004. — Vol. 94, no. 4. — P. 1517–1527. — <https://doi.org/10.1785/0120030001>.
- Mitchell B. J., Bungum H., Chan W. W., et al. Seismicity and present-day tectonics of the Svalbard region // Geophysical Journal International. — 1990. — Vol. 102, no. 1. — P. 139–149. — <https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.1990.tb00536.x>. — EDN: XUUGU.

NEW GEOPHYSICAL MONITORING POINT IN THE HIGH ARCTIC – SEISMIC INFRASOUND ARRAY ON ALEXANDRA LAND ISLAND OF THE FRANZ JOSEF LAND ARCHIPELAGO

A. V. Fedorov¹, V. E. Asming¹, Yu. A. Vinogradov², I. S. Fedorov¹, and M. S. Pyatunin²

¹Kola branch of the FRC GS RAS, Apatity, Russia

²Central branch of the FRC GS RAS, Obninsk, Russia

****Correspondence to:** Andrey Fedorov, Afedorov@krsc.ru

The paper describes a new array for geophysical monitoring of the Arctic zone of the Russian Federation, created on Alexandra Land Island, Franz Josef Land Archipelago. The array consists of a broadband seismic station and three low-frequency microphones. The technical characteristics of the equipment, installation conditions and organization of the communication channel are described. The characteristics of background seismic and acoustic noise and their variations during the year are given. The paper presents the results of the analysis of data obtained at the ZEFI seismic infrasound array in 2024. The capabilities of the complex to record seismic events at different epicentral distances and acoustic events of various natures are demonstrated. Examples of recording pairs of seismic and acoustic (infrasound) signals generated by a common source associated with exogenous processes of destruction of the Arctic cryosphere are shown. Thus, the registration capabilities of the new geophysical observation point in the high-latitude Arctic for observing tectonic processes on ocean ridges and the shelf of the Arctic seas, as well as monitoring the processes of transformation of the Arctic cryosphere of the Franz Josef Land archipelago, were demonstrated.

Keywords: Seismic infrasound array, seismic station, infrasound array, Franz Josef Land archipelago, earthquakes, cryosphere, Arctic.

Received: May 28, 2025

Accepted: July 28, 2025

Published: January 26, 2026



© 2025. The Authors.

Citation: Fedorov A. V., Asming V. E., Vinogradov Yu. A., Fedorov I. S., Pyatunin M. S. (2026), New Geophysical Monitoring Point in the High Arctic – Seismic Infrasound Array on Alexandra Land Island of the Franz Josef Land Archipelago, *Russian Journal of Earth Sciences*, 26, ES1001, <https://doi.org/10.2205/2026ES001049>, EDN: QFVUBY

References

- Abashev V. V., Metelkin D. V., Mikhaltsov N. E., et al. Paleomagnetism of traps of the Franz Josef Land Archipelago // *Russian Geology and Geophysics*. — 2018. — Vol. 59, no. 9. — P. 1161–1181. — <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2018.08.010>.
- Antonovskaya G. N. and Danilov A. V. Organization of seismic observation points in the conditions of the European North of Russia using the example of the operation of the Franz Josef Land point // *Arctic and Antarctic Research*. — 2014. — 4 (102). — P. 24–33. — EDN: TFPBMH ; (in Russian).
- Asming V. E. and Fedorov A. V. Algorithms for Automatic Detection and Location of Infrasound Events in the PSDL System // *Russian Journal of Earth Sciences*. — 2024. — Vol. 24. — ES6002. — <https://doi.org/10.2205/2024es000944>. — EDN: ZVUUJP ; (in Russian).
- Asming V. E., Fedorov A. V. and Vinogradov Yu. A. Streaming system for detection and location of seismic and infrasound events PSDL // *Geophysical Research*. — 2025. — Vol. 26, no. 3. — P. 5–25. — <https://doi.org/10.21455/gr2025.3-1>. — (In Russian).
- Avetisov G. P. Seismically active zones of the Arctic. — Committee of the RF for Geology, Subsoil Research of the All-Russian Research Institute of Oceanology, 1996. — 185 p. — (In Russian).
- Avetisov G. P. Seismological research by NIIGA-VNIIOkeangeologiya in the Arctic (history, achievements, prospects) // *Arctic and Antarctic Research*. — 2009. — No. 2. — P. 27–41. — EDN: KXQVIV ; (in Russian).

- Baranov S. V., Asming V. E., Vinogradov Yu. A., et al. New seismic infrasound monitoring complex for glaciers in the village of Pyramiden (Spitsbergen): first results // Comprehensive studies of the nature of Spitsbergen and the adjacent shelf. — 2016. — P. 38–43. — EDN: [WXJJUV](#) ; (in Russian).
- Bogoyavlenskiy V. I. Threat of catastrophic gas blowouts from the Arctic permafrost zone. Cones at Yamal and Taimyr. Part 2 // Burenie i nef't'. — 2014. — No. 10. — P. 4–9. — EDN: [SXDCEJ](#) ; (in Russian).
- Electronic database of seismic stations of the International Consortium in Seismology IRIS. — URL: <https://ds.iris.edu/gmap/> (visited on 07/20/2025) ; (in Russian).
- Fedorov A. V., Asming V. E., Evtyugina Z. A., et al. The system of automatic monitoring of the seismicity of the European Arctic // Seysmicheskie pribory. — 2018. — Vol. 54, no. 1. — P. 29–39. — <https://doi.org/10.21455/si2018.1-3>. — EDN: [YUOLJG](#) ; (in Russian).
- Gibbons S. J., Asming V., Eliasson L., et al. The European Arctic: A Laboratory for Seismoacoustic Studies // Seismological Research Letters. — 2015. — Vol. 86, no. 3. — P. 917–928. — <https://doi.org/10.1785/0220140230>.
- Khimenkov A. N., Sergeev D. O., Vlasov A. N., et al. Explosive processes in the permafrost zone as a new type of geocryological hazard // Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya. — 2019. — No. 6. — P. 30–41. — <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019630-41>. — EDN: [JRXQRV](#) ; (in Russian).
- Köhler A., Nuth C., Kohler J., et al. A 15 year record of frontal glacier ablation rates estimated from seismic data // Geophysical Research Letters. — 2016. — Vol. 43, no. 23. — P. 12155–12164. — <https://doi.org/10.1002/2016gl070589>.
- Malovichko A. A., Vinogradov A. N. and Vinogradov Yu. A. Development of geophysical monitoring systems in the Arctic // Arctic: Ecology and Economy. — 2014. — No. 2. — P. 16–23. — EDN: [SFVRFD](#) ; (in Russian).
- McNamara D. E. and Buland R. P. Ambient Noise Levels in the Continental United States // Bulletin of the Seismological Society of America. — 2004. — Vol. 94, no. 4. — P. 1517–1527. — <https://doi.org/10.1785/012003001>.
- Mitchell B. J., Bungum H., Chan W. W., et al. Seismicity and present-day tectonics of the Svalbard region // Geophysical Journal International. — 1990. — Vol. 102, no. 1. — P. 139–149. — <https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.1990.tb00536.x>. — EDN: [XUOUGU](#).
- Morozov A. N. and Vaganova N. V. Seismicity of the western sector of the Russian Arctic. — Moscow : Schmidt Institute of Physics of the Earth, RAS, 2024. — 240 p. — (In Russian).
- Morozov A. N., Vaganova N. V., Starkov I. V., et al. Modern Low-Magnitude Earthquake Swarms of the Gakkel Mid-Oceanic Ridge, Arctic Ocean // Russian Journal of Earth Sciences. — 2023. — No. 23. — ES3007. — <https://doi.org/10.2205/2023es000843>. — (In Russian).
- Vinogradov Yu. A. The Apatity Seismoinfrasound Complex - a new tool for remote geomonitoring in the Euro-Arctic region // North-2003: Problems and Solutions. — Apatity : KSC RAS, 2004. — P. 103–108. — EDN: [YUYOWI](#) ; (in Russian).
- Vinogradov Yu. A., Asming V. E., Baranov S. V., et al. Seismo-infrasound monitoring of glaciers destruction (pilot experiment on Spitsbergen Archipelago) // Seysmicheskie pribory. — 2014. — Vol. 50, no. 1. — P. 5–14. — EDN: [SBCXCN](#) ; (in Russian).
- Vinogradov Yu. A., Fedorov A. V., Baranov S. V., et al. Identification of iceberg-forming ice quakes from seismic and infrasound data // Ice and Snow. — 2021. — Vol. 61, no. 2. — P. 262–270. — <https://doi.org/10.31857/s2076673421020087>. — EDN: [XZBWNF](#) ; (in Russian).