

УДК 550.34.03, 550.34.06

## О первой сейсмической станции на территории Северной Осетии. Краткая история создания и развития, современное состояние, перспективы

© 2026 г. А.А. Саяпина<sup>1</sup>, С.В. Горожанцев<sup>2</sup>, Т.В. Чивиева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>СОФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Владикавказ, Россия; <sup>2</sup>ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия

Поступила в редакцию 26.11.2025 г.

**Аннотация.** Статья посвящена 40-летней истории и современному состоянию сейсмической станции «Цей» (ZEI) – первой в Северной Осетии, основанной в 1983 г. в живописном Цейском ущелье. На основе научно-практических и архивных материалов показана её эволюция от аналоговой к цифровой регистрации с онлайн-передачей данных. Описано восстановление после кризиса 2018–2023 гг. и уникальная роль в мониторинге региона за 2023–2025 гг. Проанализированы источники сейсмических шумов, снижающих качество данных. Перспективы развития связаны с трансформацией станции «Цей» в пункт комплексного геофизического мониторинга для изучения не только сейсмичности, но и опасных экзогенных процессов, угрожающих состоянию и инфраструктуре Цейского ущелья и аналогичных горных территорий.

**Ключевые слова:** сейсмологический мониторинг, сейсмическая станция «Цей», Северный Кавказ, экзогенные процессы, Рачинское землетрясение 1991 г.

**Для цитирования:** Саяпина А.А., Горожанцев С.В., Чивиева Т.В. О первой сейсмической станции на территории Северной Осетии. Краткая история создания и развития, современное состояние, перспективы // Российский сейсмологический журнал. – 2026. – Т. 8, № 1. – С. 59–71. – DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2026.1.04>. – EDN: JWSTWK

### Введение

Создание систем для изучения, наблюдения и контроля состояния земной поверхности актуально в современных условиях как с научной точки зрения, так и для обеспечения безопасности населения.

Сегодня во всех развитых странах действуют системы сейсмологического мониторинга, основанные на сетях станций, оснащённых регистрирующей и передающей аппаратурой. Сейсмическая станция, оборудованная инструментальными средствами измерений, служит основным элементом такой сети. Эти сети позволяют получать данные о землетрясениях и их источниках [Габсатарова и др., 2008; Саяпина и др., 2019].

Сейсмостанция «Цей» занимает особое место в истории региона. Фактически начавшая наблюдения в 1983 г. (что подтверждается архивными записями и воспоминаниями первого персонала), она была официально введена в эксплуатацию в 1984 год, и стала первой сейсмической станцией, установленной на территории Север-

ной Осетии. В 2023 г. исполнилось 40 лет со дня её создания в рамках сети сейсмических станций Российской академии наук (РАН) [Старовойт, Мишаткин, 2001].

Станция расположена в живописной горной местности – знаменитом Цейском ущелье, одном из красивейших уголков Северного Кавказа, который славится не только природными красотами, но и богатым культурным наследием, легендами, туристическими маршрутами и горнолыжным курортом «Цей» [Бероев, 1996].

Место для установки сейсмостанции было выбрано неслучайно: оно соответствовало ключевым требованиям, таким как наличие подъездных путей, достаточность инфраструктуры для работы станции, удалённость от источников сейсмического шума, промышленных и гражданских объектов, а также геологическим особенностям, способствующим получению сейсмической информации достаточно хорошего качества. Станция «Цей» расположена на северном склоне центральной части Большого Кавказского хребта вблизи зоны Главного Кавказского

надвига и окружена тремя зонами возникновения очагов землетрясений регионального масштаба с общекавказским простираем: Мизурской (на севере), Главного хребта (на юге) и Бокового хребта (на северо-востоке). Максимальные значения ожидаемых магнитуд землетрясений (сейсмический потенциал) указанных зон варьируются в пределах 6.2–6.3 [Рогожин и др., 2008].

Целью настоящей работы является анализ 40-летней истории работы сейсмической станции «Цей», оценка её современной роли и перспектив развития.

### История создания: от идеи до первых записей (1983–1984 гг.)

На Северном Кавказе к моменту появления сейсмической станции «Цей» функционировали пять сеймостанций: «Пятигорск» (РПА) (с 1909 г.), «Сочи» (SOC) (с 1928 г.), «Грозный» (GRO) (с 1932 г.), «Махачкала» (МАК) (с 1951 г.) и «Анапа» (ANN) (с 1968 г.), которые находились на существенном удалении друг от друга [Старовойт, 2004; Старовойт, Мишаткин, 2001]. Давно назрела необходимость усиления наблюдательной сети сейсмически активной центральной части структур Большого Кавказа. Для этого руководитель Опытно-методической экспедиции Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Академии наук СССР (ОМЭ ИФЗ АН СССР) Олег Евгеньевич Старовойт направил своего сотрудника Меерсона Александра Евгеньевича для проведения рекогносцировочных наблюдений в центральной части Северного Кавказа. Республика Северная Осетия–Алания, где планировались исследования, географически расположена практически в центре этого региона. Во время поездки по Северной Осетии Александр Евгеньевич посетил Цейское ущелье, где состоялась его встреча с начальником альпинистского лагеря (альплагеря) Казбеком Сикяевым. С ним он обсудил возможность установки сеймостанции на территории лагеря. Местоположение альплагеря и его окрестностей весьма располагало и отвечало требованиям того времени по установке сейсмических станций. Казбек Сикяев радушно принял предложение сейсмологов. Он предложил Александру Евгеньевичу временно разместиться на территории альплагеря, предоставив возможность обустроиться, а впоследствии активно содействовал в организации сеймостанции. Оборудование сеймостанции «Цей», начавшей работу в 1983 г., было размещено в полуподвальном помещении каменной

башни альплагеря (рис. 1). Оно включало сейсмометрический канал, состоящий из короткопериодных сейсмометров СМ-3 (с увеличением  $V=15700$ ), гальванометров М1031/1 и фоторегистрирующего прибора РС-11 (регистр). Сейсмометры были установлены на изолированных бетонных постаментках, заглублённых, со слов А.Е. Меерсона, до скального основания. Фотоленты, закреплённые на барабане регистрира, рассчитанные на 12-часовую непрерывную запись, требовали регулярной замены в полной темноте, для чего использовалась специальная чёрная ширма. Проявка, промывка и просушка сейсмограмм производились в проявочной, специально отгороженной чёрной плотной тканью, в этом же помещении.



Рис. 1. Месторасположение сейсмической станции «Цей» в период до 1989 г.

Позднее, в январе-феврале 1985 г., после переезда в более тёплое отремонтированное каменное здание альплагеря, парк аппаратуры станции пополнился короткопериодными сейсмографами СКМ-3 и длиннопериодными СКД, работавшими параллельно с СМ-3 ещё в течение года. Аналоговая регистрация с помощью приборов СКМ-3 и СКД продолжалась вплоть до полного перехода на цифровые методы 6 июня 2005 года.

Интересно, что А.Е. Меерсон позднее отмечал: если бы сеймостанции давали имя, её следовало бы назвать в честь Казбека Сикяева. Однако станция получила название по географическому положению – «Цей». Первым сотрудником сеймостанции «Цей» стал А.Е. Меерсон. Почти сразу же после её открытия для работы на станции в Опытно-методическую экспедицию была принята вторая сотрудница – Вера Викторовна

Костерина (впоследствии сменившая фамилию на Косая), которая сегодня является одной из старейших сотрудниц ФИЦ ЕГС РАН (премника ОМЭ ИФЗ АН СССР, а затем Геофизической службы РАН). Вера Викторовна, увлекавшаяся альпинизмом и скалолазанием, познакомилась с А.Е. Меерсоном в один из приездов в альплагерь «Цей». На тот момент она только окончила физический факультет Саратовского государственного университета и искала работу. Предложение трудиться на сейсмостанции позволило ей совмещать профессиональную деятельность с любимым хобби, на что она охотно согласилась.

Примечательный факт — станцию «Цей» посещал Юрий Иосифович Визбор — легендарная личность советской эпохи, известный автор-исполнитель, поэт, актёр и журналист [Кулагин, 2019], особо популярный среди геологов и геофизиков. Он неоднократно бывал в альплагере. А в честь девушки, как он выразился, «которая живёт на сейсмической станции и готовит прекрасный чай», исполнил авторскую песню «Цейский вальс». По воспоминаниям современников, песня была написана именно там, в одно из его посещений альплагеря.

В 1983 г., в период экспериментальной эксплуатации станции, руководство ОМЭ ИФЗ АН СССР договорилось с Исполнительным комитетом Алагирского районного совета депутатов трудящихся о выделении 1.5 га земли в постоянное (бессрочное) пользование (Государственный акт № 930696 от 16.12.1983). Земля предназначалась для строительства здания, сооружений станции и полосы отчуждения на участке, удалённом от альплагеря примерно на 500 метров.

### Становление и развитие (1984–2003 гг.)

Строительство здания и сооружений станции началось в 1988 г. под руководством начальника отряда «Цей» Виктора Аминадовича Шварцбурга, который также обеспечивал бесперебойную работу станции с 1986 года. По воспоминаниям сотрудницы станции Светланы Светославовны Клочковой, Виктор Аминадович был не только грамотным специалистом, но и выдающимся руководителем, обладавшим особым талантом находить подход к каждому члену коллектива. Его стиль управления, основанный на уважении, доверии и умении мотивировать людей через совместное решение задач, снискал ему глубокое уважение и преданность команды. Это позволило даже в период масштабных изменений — строительства и пере-

езда — обеспечить непрерывность наблюдений: оборудование было аккуратно перенесено с территории альплагеря в новую сейсмическую лабораторию. К 1989 г. станция «Цей» окончательно переехала на новую площадку, закреплённую за ОМЭ ИФЗ АН СССР (подтверждается выпиской из реестра федерального имущества № 204/1 от 11 февраля 2020 г.). Помимо сейсмической лаборатории, были построены гараж и производственно-бытовое здание — деревянный сруб общей площадью 346 м<sup>2</sup> с верандой и двумя мансардными этажами под покатой крышей. Первый этаж занимал административный блок с рабочими помещениями, второй и третий этажи были оборудованы комнатами отдыха и спальными зонами для работников станции. Географические координаты станции — 42.7881°N, 43.9014°E.

На рис. 2, 3 и 4 показаны производственно-бытовое здание, одна из комнат с регистрирующим оборудованием и сейсмоприёмники СКД и СМ-3КВ на бетонном постаменте в сейсмической лаборатории.



Рис. 2. Производственно-бытовое здание станции в 2008 г.



Рис. 3. Комната в производственно-бытовом здании станции с регистрирующей аппаратурой, 2005 г.



**Рис. 4.** Сейсμοприёмники СКД и СМ-3КВ (слева направо) на бетонном постаменте в сейсмической лаборатории, 2005 г.

Весьма значимым периодом в истории станции стал 1991 год. Утром 29 апреля на севере Грузии, в 42 км от станции «Цей», произошло Рачинское землетрясение с магнитудой  $M_s=7.0$  и интенсивностью  $I_0=7-8$  баллов (фрагмент сейсмограммы с афтершоками землетрясения – рис. 5) [Захарова и др., 1993; Fuenzalida et al., 1997]. Для изучения афтершокового процесса ОМЭ ИФЗ АН СССР организовала экспедицию в эпицентральную зону. Сотрудники Мишаткин В.Н., Мехрюшев Д.Ю., Бадалян Д.Г., Захарченко Н.З. и Исай О.Л. в сложных полевых условиях развернули портативные цифровые станции. Позднее к ним присоединились американские сейсмологи из Ламонтской геологической обсерватории (США) во главе с Дэвидом Симпсоном – будущим президентом корпорации IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology). Станция «Цей», расположенная в непосредственной близости от эпицентра, стала базой для российско-американского сотрудничества – здесь проводилась оперативная обработка данных, а также размещались участники экспедиции для отдыха и ночлега [Старовойт, 2019].

Работа станции в те дни была не только научной, но и по-настоящему личной для её сотрудников, как вспоминает одна из работниц станции Светлана Светославовна Клочкова: «Рачинское землетрясение 1991 года... Это, честно говоря, было страшно. У меня в тот день был выходной, и я сидела за столом у себя в комнате... и вижу, как потолок надо мной просто пошёл в сторону. Я сначала не поняла, подумала, что это что-то с моей головой происходит, а это как раз был толчок – очень большой. Ну, а так как я испыты-

вала первый раз в жизни толчок землетрясения, то, конечно, очень сильно перепугалась. Как сейсмолог, я знала, что сейчас будет афтершок, то есть второй толчок, и у меня было буквально несколько секунд. Ну, естественно, я вылетела как пробка на улицу и уже боялась войти в здание. Толчок был где-то около 8 амплитуд (баллов – прим. авторов), а потом были меньше толчки, но уже не такие – где-то 4 амплитуды (балла – прим. авторов). Вот так вот, но первый был самый страшный!». – Из интервью сотрудницы станции «Цей», 2023 год.

В 1990-х гг. произошла смена персонала станции. В 1994 г. начальником сейсмостанции «Цей» стал Георгий Агубеевич Халаев, ранее работавший на канатно-кресельной дороге горнолыжного курорта «Цей». Его пригласил Виктор Аминадович Шварцбург, знавший Георгия Агубеевича как грамотного и ответственного технического специалиста. Пройдя обучение весной 1993 г. в ОМЭ ИФЗ АН СССР, он освоил все виды работ на станции – от регистрации данных до обслуживания оборудования.

В период перестройки станция испытала острый дефицит финансирования и нехватку кадров. Г.А. Халаев неоднократно набирал и обучал новых сотрудников обработке сейсмических данных, но из-за сложных условий работы персонал надолго не задерживался. В результате с конца 1990-х гг. станция перешла на режим работы, при котором Георгий Агубеевич с супругой Кравченко Викторией Николаевной обеспечивали работу регистрирующего оборудования, проявку сейсмограмм на фотобумаге и их отправку в г. Обнинск для дальнейшего анализа вплоть до 2003 года.

### **Цифровая трансформация и кризис (2003–2018 гг.)**

В 2001 г. в составе Геофизической службы РАН (ГС РАН) на территории Северной Осетии была организована Северо-Осетинская опытно-методическая сейсмологическая партия (С-О ОМСП ГС РАН). Благодаря этому приблизилось начало цифровой трансформации станции «Цей», что послужило стартом нового этапа в её жизни.

Под руководством начальника партии Эдуарда Всеволодовича Погоды и по согласованию с руководством ГС РАН 2 ноября 2003 г. на станции было установлено современное цифровое оборудование – широкополосные сейсмометры СМ-30С (заменённые 12.06.2004 г. на короткопериодные СМ-3КВ) и регистратор SDAS.

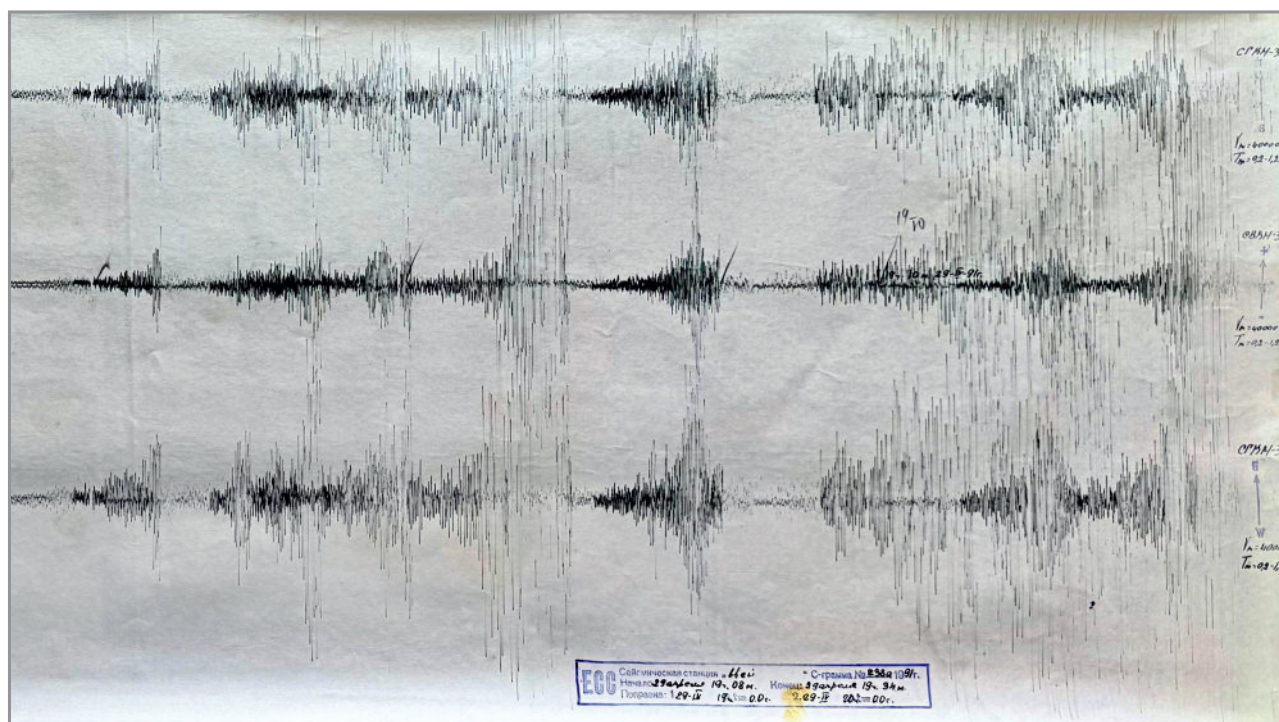


Рис. 5. Фрагмент аналоговой сейсмограммы с афтершоками Рачинского землетрясения, зафиксированными станцией «Цей» 29 апреля 1991 г. с 19 до 20 часов

К этому моменту наблюдения на аналоговых приборах СКМ-3 уже были прекращены (23 мая 2003 г.), в то время как регистрация с помощью сейсмометров СКД в сочетании с гальванометрами и записью на фотобумагу велась параллельно до 6 июня 2005 года. В результате модернизации станция «Цей» стала совместным объектом ГС РАН и С-О ОМСП ГС РАН [Габсатарова и др., 2009].

Уже к концу 2004 г. обработка полученных цифровых данных была полностью передана в информационно-обрабатывающий центр С-О ОМСП ГС РАН в г. Владикавказе. Ежедневно информация записывалась на компакт-диски и доставлялась в центр, где присоединялась для сводной обработки к данным других пяти станций партии, установленных на территории Северной Осетии. В 2007 г., благодаря подключению к сети Интернет, передача данных существенно ускорилась [Погода и др., 2008], став возможной посредством электронной почты.

Однако настоящий прорыв произошёл позже — начиная с 2009 г., улучшение канала связи и внедрение специальных программ обеспечили непрерывную передачу данных в региональный информационно-обрабатывающий центр в режиме, близком к реальному времени. Эти изменения позволили включить «Цей»

в список сейсмических станций, обрабатываемых организованной к тому времени Службой срочных донесений Северо-Осетинского филиала ГС РАН (преемника С-О ОМСП ГС РАН с 2005 г.), сделав её важным звеном системы оперативного оповещения и мониторинга сейсмоактивности региона.

Период после цифровизации ознаменовался не только техническим прогрессом, но и вниманием со стороны высшего руководства ГС РАН. Знаковым событием для станции стал рабочий визит в 2010 г. директора Геофизической службы, члена-корреспондента РАН Алексея Александровича Маловичко (рис. 6) в рамках организационных мероприятий Пятой Международной сейсмологической школы «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных» в Северной Осетии. Во время посещения станции «Цей» А.А. Маловичко детально ознакомился с её работой, осмотрел цифровое оборудование в сейсмической лаборатории (рис. 7) и обсудил текущие задачи и перспективы развития с директором Северо-Осетинского филиала ГС РАН Э.В. Погодой. Непосредственный начальник станции Г.А. Халаев представил отчёт о её работе и озвучил насущные нужды и проблемы, требующие решения для поддержания стабильного

функционирования в горных условиях. Этот визит подчеркнул стратегическое значение станции «Цей» в федеральной системе сейсмологических наблюдений и продемонстрировал прямую связь между удалённым объектом мониторинга и руководящим центром службы.



**Рис. 6.** Рабочий визит на станцию «Цей» директора ГС РАН А.А. Маловичко (слева), справа – Э.В. Погода, в центре – Г.А. Халаев



**Рис. 7.** А.А. Маловичко и Э.В. Погода в сейсмической лаборатории станции «Цей» осматривают сейсмические датчики

К сожалению, в 2018 г. станцию «Цей» уже в составе Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (ФИЦ ЕГС РАН с 2016 г.) ожидал серьёзный кризис, ставший следствием хронического недофинансирования с периода перестройки. Системная нехватка средств не позволяла поддерживать производственные помещения в надлежащем состоянии, что привело к прогрессирующему износу инфраструктуры. К 2018 г. здание и сейсмическая лабораторо-

рия достигли аварийного состояния, исключив возможность безопасной эксплуатации оборудования и проживания персонала. Это вынудило прекратить регистрацию землетрясений 20 февраля 2018 г., поставив дальнейшее существование сейсмостанции под угрозу.

### Возрождение и современное состояние (2023 г. – настоящее время)

Возрождение станции произошло лишь через пять лет, благодаря инициативам сотрудников и директора Северо-Осетинского филиала ФИЦ ЕГС РАН Анны Анатольевны Саяпиной, при поддержке директора ФИЦ ЕГС РАН Юрия Анатольевича Виноградова и его заместителя по научной работе Руслана Андреевича Дягилева. Официально работа сейсмостанции возобновилась 25 января 2023 года.

Для размещения оборудования выбрали здание гаража (рис. 8). В нём смонтировали специальный бетонный постамент, на котором установили сейсмоприёмники СМ-3КВ с регистратором UGRA (рис. 9). Чтобы защитить аппаратуру от внешних воздействий, её поместили в металлический короб, утеплённый изнутри пеноплексом (рис. 10). Технические характеристики приборов приведены в таблице. В этом же помещении разместили инфраструктуру для передачи данных: GSM-модем и устройство бесперебойного питания с аккумуляторной батареей, которые находятся в отдельном металлическом шкафу. Записи непрерывных наблюдений поступают в информационно-обрабатывающие центры Центрального отделения (г. Обнинск) и Северо-Осетинского филиала ФИЦ ЕГС РАН (г. Владикавказ) в режиме, близком к реальному времени.



**Рис. 8.** Здание гаража, где установлена сейсмическая станция в 2023 г.



Рис. 9. Сейсмоприёмники SM-3KB и регистратор UGRA на постаменте, 2023 г.



Рис. 10. Оборудование станции, укрытое утеплённым металлическим коробом, 2023 г.

Общее руководство сейсмостанцией «Цей» осуществляется специалистами ФИЦ ЕГС РАН — главным инженером Дмитрием Юрьевичем Мехрюшевым и заведующим отделом Юрием Николаевичем Коломийцем. В настоящее время сейсмостанция находится под непосредственным контролем и наблюдением специалистов СОФ ФИЦ ЕГС РАН Татьяны Валерьевны Чивиевой и Александра Петровича Фомина.

### Качество мониторинга и эффективность

Для оценки эффективности работы станции «Цей» было проведено исследование фонового сейсмического шума методом расчёта спектральной плотности мощности (СПМ) микросейсмического шума с использованием программы MicroReq [Дягилев, 2011], поскольку одним из основных показателей качества данных сейсмической станции является именно уровень микросейсмических шумов. Спектральные оценки были получены на основе анализа сейсмических записей вертикальной компоненты, свободных от сейсмических событий за период 2023–2024 гг. На основе этих данных построены спектры мощности, которые в дальнейшем сопоставлялись со стандартными моделями глобального сейсмического шума Дж. Петерсона [Peterson, 1993], известными как New High Noise Model (NHNМ) и New Low Noise Model (NLNM) — «новая модель высокого уровня шума» и «новая модель низкого уровня шума» соответственно. Указанные модели, утвердившиеся в качестве международного стандарта [Bormann, Wielandt, 2013], задают всемирно признанные границы возможных уровней фонового

Таблица. Основные технические характеристики регистратора сейсмических сигналов UGRA и сейсмоприёмника SM-3KB

Технические данные регистратора сейсмических сигналов UGRA		Технические данные сейсмоприёмника SM-3KB	
Разрядность АЦП	24	Рабочий диапазон частот, Гц	0.5–20
Частота квантования входного сигнала, отсч/с	50, 100, 200	Период собственных колебаний сейсмоприёмника, с	2
Количество регистрируемых каналов	3	Коэффициент преобразования рабочей катушки в диапазоне частот 1–20 Гц, не менее, В·с/м	170
Напряжение питания, В	от 9 до 18	Температурный диапазон, °С	–10...+40
Рабочий температурный диапазон, °С	–20...+40	Масса, кг	8.2

шума, что позволяет оценить качество регистрации и условия наблюдений на конкретной станции. Как показано в ряде исследований [Габсатарова и др., 2009; Malovichko et al., 2021], поскольку необходимая инфраструктура для сейсмических станций в горах Северного Кавказа имеется преимущественно в речных долинах (где расположены населённые пункты), их данные неизбежно содержат высокочастотные шумы от водных потоков и дорог, что подтверждается записями станции «Цей». Здесь основными источниками техногенных шумов служат канатно-кресельная дорога (500 м) и автодорога к альплагерю (10 м от постаменты, 10–20 машин/сутки), а природных шумов – сильные ветра, а также реки Сказдон (100 м) и Цейдон (110 м). При этом летнее таяние ледников превращает горные реки в бурные потоки и усиливает гидродинамические помехи, вызывая выраженную сезонную вариацию фонового шума (рис. 11). На рис. 12 показаны СПМ шума для дневного и ночного времени за трое зимних суток. Заметно, что в основном в дневное время шумы на частотах  $f > 1.5$  Гц выше ночных примерно на 0.5 порядка и объясняются антропогенной деятельностью.

За период с 25 января 2023 г. по 31 марта 2025 г. сейсмостанция «Цей» доказала уникальную роль в сети наблюдений СОФ ФИЦ ЕГС РАН – из 2108 (рис. 13) событий, зарегистрированных с её участием, 60 землетрясений были надёжно идентифицированы и локализованы благодаря использованию данных станции «Цей» в составе тройки станций (рис. 14). Это связано с тем, что для надёжного определения основных пара-

метров очага землетрясения методом засечек необходимо наличие записей не менее чем с трёх станций. Без её участия эти события ( $K_p=2.7–6.4$ ,  $h=5–25$  км) остались бы неопределёнными. Среди этих 60 сейсмических событий наиболее интересны:

– параметры 10 гипоцентров землетрясений с  $K_p=3.7–4.7$ , сформировавших рой в 10 км севернее посёлка Мизур в течение часа ровно через месяц после восстановления станции. В этом районе в 2004 и 2011 гг. также возникали рои слабых землетрясений [Габсатарова и др., 2010; Габсатарова и др., 2017];

– записи станции «Цей», которые сыграли существенную роль в выявлении и надёжной локализации шести из 14 афтершоков ощутимого Мизурского землетрясения ( $K_p=10.8$ ,  $I_0=4–5$  баллов), произошедшего 8 ноября 2023 г. в 3 км западнее посёлка Мизур, существенно дополнив картину афтершокового процесса.

### Стратегические перспективы

Перспективы развития станции «Цей» связаны с расширением её возможностей для проведения комплексного геофизического мониторинга, повышением качества получаемых практических и научно-прикладных результатов, а также с усилением её научного потенциала. Уникальное расположение в зоне активных природных угроз [Тавасиев, Галушкин, 2007] и сейсмической активности позволяет интегрировать многопараметрические наблюдения. Это открывает новые возможности для изучения динамики

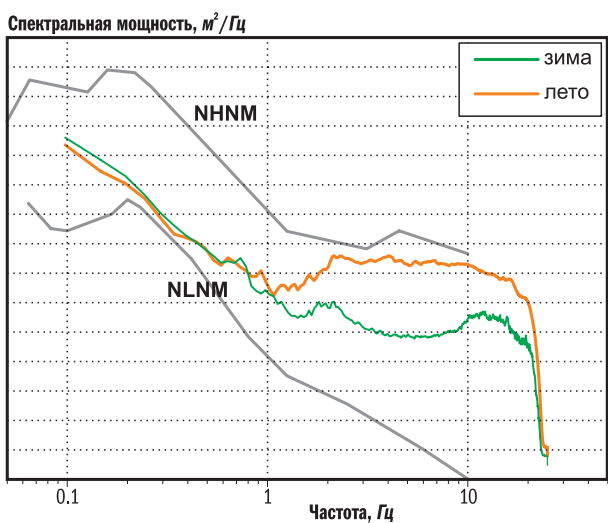


Рис. 11. Сезонные спектры мощности ночного шума сейсмической станции «Цей», зима и лето в 2024 г.

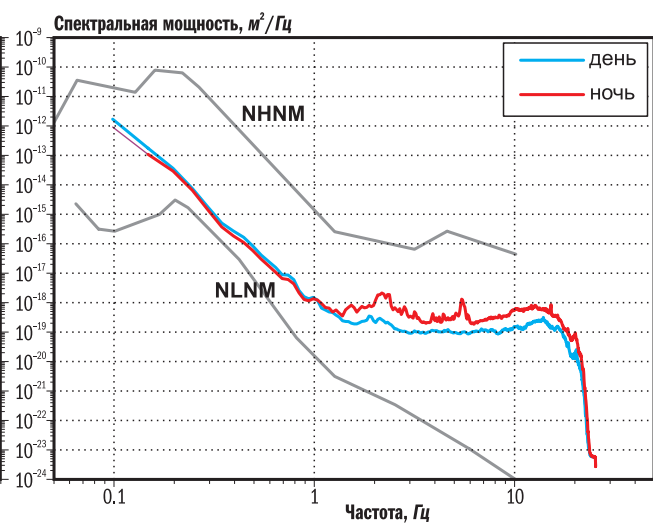


Рис. 12. Средняя спектральная плотность мощности ночного и дневного шума сейсмостанции «Цей»

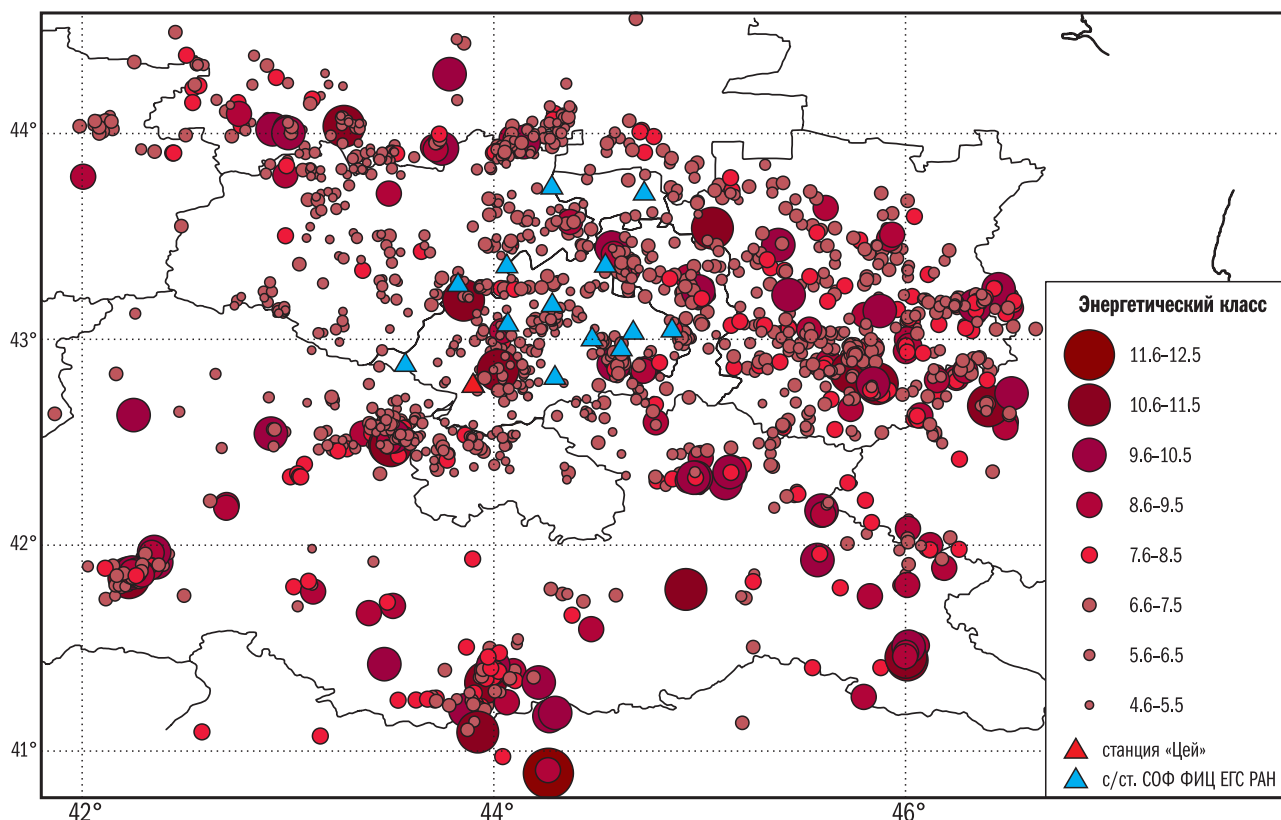


Рис. 13. Эпицентры землетрясений, зарегистрированных сетью СОФ ФИЦ ЕГС РАН с использованием данных станции «Цей»

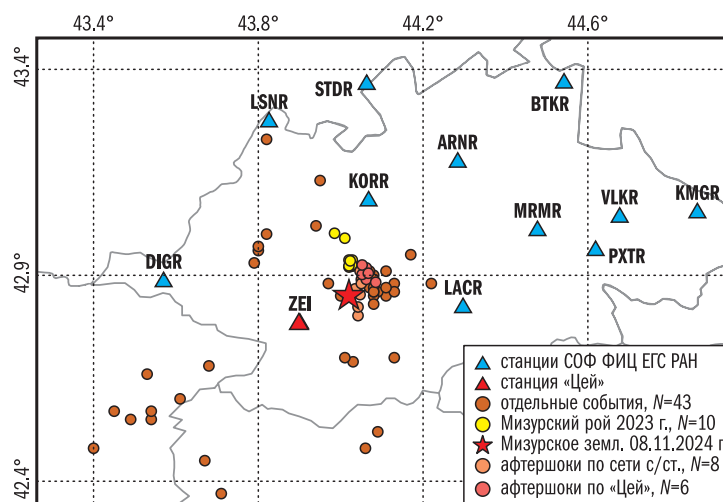


Рис. 14. Сейсмические события, локализованные с использованием данных станции «Цей» в составе тройки станций (всего  $N=60$  событий)

ледников, мониторинга подвижек склонов, детектирования экзогенных процессов, а также для регистрации геофизических аномалий (деформационных, гидрогеохимических и др.), потенциально связанных с подготовкой землетрясений. Полученные данные станут основой для прогноза опасных явлений, включая гляциальные паводки, селевые потоки, активизацию

оползней и оценку сейсмической опасности горных территорий. Крайне важным такой учёт видится при эксплуатации особо ответственных объектов, таких как гидроэлектростанции, горнодобывающие предприятия с подземной разработкой полезных ископаемых, газопроводы и другие промышленные и гражданские объекты.

### Заключение

Сейсмическая станция «Цей» (международный код – ZE1), отметившая в 2023 г. 40-летний юбилей, прошла сложный путь от аналоговой регистрации сейсмических событий в башенном сооружении на территории альплагеря до современного цифрового пункта, расположенного в собственных сооружениях на законно выделенном земельном участке. Её восстановление после кризиса 2018–2023 гг. стало возможным благодаря энтузиазму сотрудников и поддержке руководства ФИЦ ЕГС РАН. Расположенная в живописном, но геодинамически активном Цейском ущелье, станция играет уникальную роль в сейсмическом мониторинге Северного Кавказа: её данные критически важны для надёжной локализации слабых землетрясений (включая рои и афтершоки), недоступных без станции «Цей» для разреженной сети в горной части региона.

Интеграция сейсмостанции «Цей» в систему оперативного оповещения СОФ ФИЦ ЕГС РАН, передача данных в режиме, близком к реальному времени, и низкий уровень техногенных шумов (несмотря на сезонные гидродинамические помехи) обеспечивают высокое качество научных и прикладных результатов. Перспективы развития станции связаны с трансформацией её в пункт комплексного геофизического мониторинга, способного отслеживать не только сейсмичность, но и опасные экзогенные процессы (оползни, лавины, сели), угрожающие инфраструктуре Цейского ущелья. Это особенно актуально в условиях климатических изменений, усиливающих риски гляциальных катастроф.

Авторы выражают глубокую признательность ветеранам и сотрудникам ФИЦ ЕГС РАН, предоставившим уникальные архивные материалы и личные воспоминания: Старовойту О.Е., Мехрюшеву Д.Ю., Костериной (Косой) В.В., Колонийцу Ю.Н., Габсатаровой И.П., Каряевой Л.А., Клочковой С.С., Кравченко В.Н.

**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» (<https://ckp-ri.ru/usu/507436/>, <http://www.gsras.ru/unu/>).**

### Литература

Бероев Б.М. От Казбека до Эльбруса. – Владикавказ: Реклам.-изд. агентство, 1996. – 153 с.

Габсатарова И.П., Головкова Л.В., Девяткина Л.В., Артёмова Е.В., Лежук Н.М., Каменская О.П., Селиванова Е.А., Цирихова Г.В. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 76–86. – EDN: YQUVJP

Габсатарова И.П., Девяткина Л.В., Селиванова Е.А. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии. 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 81–96. – EDN: UDDIPZ

Габсатарова И.П., Маловичко А.А., Старовойт О.Е. История инструментальных наблюдений на Северном Кавказе (очерк) // Геофизический журнал. – 2008. – Т. 30, № 5. – С. 50–52.

Габсатарова И.П., Погода Э.В., Селиванова Е.А. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии. 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 92–100. – EDN: UCHNFR

Дягилев Р.А. Система обработки данных сейсмического микрорайонирования, MicroReq / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 20111615560 от 15.07.2011.

Захарова А.И., Габсатарова И.П., Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С. Основные параметры Рачинского землетрясения и его афтершоков // Физика Земли. – 1993. – № 3. – С. 24–41.

Кулагин А.В. Визбор: жизнь поэта. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Булат, 2019. – 427 с. – EDN: ZTZYDH

Погода Э.В., Перевозникова А.А., Дзесов Т.Р. Телеметрическая сеть сбора информации системы сейсмического мониторинга Северной Осетии–Алании // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Третьей Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 141–144. – EDN: SWNOBV

Рогожин Е.А., Габсатарова И.П., Погода Э.В. Зоны ВОЗ и сейсмичность территории Республики Северная Осетия–Алания // Сейсмичность Северной Евразии. Материалы Международной конференции. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 243–249. – EDN: TRPXMF

Саяпина А.А., Багаева С.С., Горожанцев С.В. Краткая история создания и этапы развития сейсмологической службы в Республике Северная Осетия–Алания (к 80-летию Э.В. Погоды и 20-летию образования СОФ ФИЦ ЕГС РАН) // Вестник Владикавказского научного центра. – 2019. – Т. 19, № 2. – С. 56–65. – DOI: 10.23671/VNC.2019.2.31378. – EDN: IJMGYN

Старовойт О.Е. Инструментальные сейсмические наблюдения в России // Вестник Владикавказского научного центра. – 2004. – Т. 4, № 4. – С. 15–21.

Старовойт О.Е. Сейсмологический центр в Обнинске в 1963–2003 гг. – М.: ИФЗ РАН, 2019. – 100 с.

Старовойт О.Е., Мишаткин В.Н. Сейсмические станции Российской академии наук (состояние на 2001 г.). — М., Обнинск: ГС РАН, 2001. — 88 с.

Тавасиев Р.А., Галушкин И.В. Опасные природные процессы в Цейском ущелье и их влияние на рекреационный комплекс // Вестник Владикавказского научного центра. — 2007. — Т. 7, № 2. — С. 23–29. — EDN: NZANLH

Bormann P., Wielandt E. Seismic signals and noise // New Manual of Seismological Observatory Practice 2 (NMSOP2) / Ed. P. Bormann. — Potsdam: Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, 2013. — P. 1–62. — DOI: 10.2312/GFZ.NMSOP-2\_ch4

Fuenzalida H., Rivera L., Haessler H., Legrand D., Philip H., Dorbath L., McCormack D., Arefiev S., Langer C., Cisternas A. Seismic source study of the

Racha-Dzhava (Georgia) earthquake from aftershocks and broad-band teleseismic body-wave records: an example of active nappe tectonics // Geophysical Journal International. — 1997. — V. 130. — P. 29–46. — DOI: 10.1111/j.1365-246X.1997.tb00985.x

Malovichko A.A., Gabsatarova I.P., Dyagilev R.A., Mekhryushev D.Yu., Zvereva A.S. Evaluation of the detection and location capability of the seismic network in the western part of the North Caucasus using network layout and local microseismic noise level // Seismic Instruments. — 2021. — V. 57, Iss. 2. — P. 209–230. — DOI: 10.3103/S0747923921020274. — EDN: SFCIWL

Peterson J. Observations and modeling of seismic background noise // U.S. Geological Survey Open-File Report. — 1993. — N 93-322. — 95 p.

### Сведения об авторах

**Саяпина Анна Анатольевна**, директор Северо-Осетинского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (СОФ ФИЦ ЕГС РАН), г. Владикавказ, Россия. E-mail: a\_sayapina@gsras.ru

**Горожанцев Сергей Владимирович**, канд. геол.-мин. наук, ст. науч. сотр. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (ФИЦ ЕГС РАН), г. Обнинск, Россия. E-mail: maximas-gor@mail.ru

**Чивиева Татьяна Валерьевна**, нач. сектора СОФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Владикавказ, Россия. E-mail: chivieva-t-v@yandex.ru

## On the first seismic station in North Ossetia: A brief history of establishment and development, current state, and prospects

© 2026 A.A. Sayapina<sup>1</sup>, S.V. Gorozhantsev<sup>2</sup>, T.V. Chivieva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>NOB GS RAS, Vladikavkaz, Russia; <sup>2</sup>GS RAS, Obninsk, Russia

Received November 26, 2025

**Abstract** The “Tsey” (ZEI) seismic station, founded in 1983 in the picturesque Tsey Gorge, is the first permanent seismic observatory in the Republic of North Ossetia–Alania (Northern Caucasus). This paper presents a comprehensive analysis of its 40-year operational history, from initial analog recordings in a mountaineering camp to its current status as a modern digital facility. The station’s evolution is traced, highlighting the pivotal transition to digital data acquisition and near-real-time transmission. The successful recovery after the crisis of 2018–2023, when the station was completely shut down due to infrastructure deterioration, is described. An assessment of the station’s data quality reveals the primary natural (rivers, wind) and anthropogenic (ski lift, road) sources of seismic noise, with spectral analysis showing distinct seasonal and diurnal variations. The station’s unique geographical position proves critical for the regional monitoring network: between January 2023 and March 2025, its data were indispensable for the reliable location of 60 local earthquakes, including a seismic swarm near the Mizur settlement and aftershocks of the 2023 Mizur event. The strategic perspective for the “Tsey” station involves its transformation into a multi-parameter geophysical monitoring point to study not only seismicity but also hazardous exogenous processes (e.g., landslides, mudflows, glacial floods), thereby enhancing risk assessment for the infrastructure of the Tsey Gorge and similar mountain territories.

**Keywords** Seismic monitoring, “Tsey” seismic station, North Caucasus, exogenous processes, 1991 Racha earthquake.

**For citation** Sayapina, A.A., Gorozhantsev, S.V., & Chivieva, T.V. (2026). [On the first seismic station in North Ossetia: A brief history of establishment and development, current state, and prospects]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 8(1), 59–71. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2026.1.04>. EDN: JWSTWK

### References

- Beroev, B.M. (1996). *Ot Kazbeka do El'brusa* [From Kazbek to Elbrus]. Vladikavkaz, Russia: Advertising and publishing agency, 153 p. (In Russ.).
- Bormann, P., & Wielandt, E. (2013). Seismic signals and noise. In P. Bormann (Ed.), *New Manual of Seismological Observatory Practice 2 (NMSOP2)* (pp. 1–62). Potsdam, Germany: Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. DOI: [10.2312/GFZ.NMSOP-2\\_ch4](https://doi.org/10.2312/GFZ.NMSOP-2_ch4)
- Dyagilev, R.A. (2011). [Seismic microzonation data processing system MicroReq]. Certificate of state registration of the computer program No. 2011615560. (In Russ.).
- Fuenzalida, H., Rivera, L., Haessler, H., Legrand, D., Philip, H., Dorbath, L., McCormack, D., Arefiev, S., Langer, C., & Cisternas, A. (1997). Seismic source study of the Racha–Dzhava (Georgia) earthquake from aftershocks and broad-band teleseismic body-wave records: an example of active nappe tectonics. *Geophysical Journal International*, 130, 29–46. DOI: [10.1111/j.1365-246X.1997.tb00985.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1997.tb00985.x)
- Gabsatarova, I.P., Deviatkina, L.V., & Selivanova, E.A. (2009). [Northern Caucasus]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii. 2003 god* [Earthquakes in Northern Eurasia. 2003] (pp. 81–96). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: UDDIPZ
- Gabsatarova, I.P., Golovkova, L.V., Deviatkina, L.V., Artemova, E.V., Leshchuk, N.M., Kamenskaia, O.P., Selivanova, E.A., & Tsirikhova, G.V. (2017). [Northern Caucasus]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii, 2011 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2011] (pp. 76–86). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: YQUVJP
- Gabsatarova, I.P., Malovichko, A.A., & Starovoit, O.E. (2008). [History of instrumental observations in the North Caucasus (an essay)]. *Geofizicheskii zhurnal* [Geophysical Journal], 30(5), 50–52. (In Russ.).
- Gabsatarova, I.P., Pogoda, E.V., & Selivanova, E.A. (2010). [Northern Caucasus]. In *Zemletriaseniia*

- Severnoi Evrazii. 2004 god* [Earthquakes in Northern Eurasia. 2004] (pp. 92-100). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: UCHNFR
- Kulagin, A.V. (2019). *Vizbor: zhizn' poeta* [Vizbor: Life of a Poet] (2nd ed.). Moscow, Russia: Bulat Publ., 427 p. (In Russ.). EDN: ZTZYDH
- Malovichko, A.A., Gabsatarova, I.P., Dyagilev, R.A., Mekhryushev, D.Yu., & Zvereva, A.S. (2021). Evaluation of the detection and location capability of the seismic network in the western part of the North Caucasus using network layout and local microseismic noise level. *Seismic Instruments*, 57(2), 209-230. DOI: 10.3103/S0747923921020274. EDN: SFCIWL
- Peterson, J. (1993). *Observations and modeling of seismic background noise*. U.S. Geological Survey Open-File Report, 93-322, 95 p.
- Pogoda, E.V., Perevoznikova, A.A., & Dzesov, T.R. (2008). [Telemetered data acquisition network of the seismic monitoring system of North Ossetia-Alania]. In *Materialy Tre'tei Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly "Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"* [Materials of Third International Seismological School "Modern methods of processing and interpretation of seismological data"] (pp. 141-144). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: SWNOBB
- Rogozhin, E.A., Gabsatarova, I.P., & Pogoda, E.V. (2008). [The zones of occurrence source earthquake and seismicity in territory of Republic Northern Ossetia-Alania]. In *Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii "Seismichnost' Severnoi Evrazii"* [Seismicity of Northern Eurasia. Materials of International Conference] (pp. 243-249). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: TPPXMF
- Sayapina, A.A., Bagaeva, S.S., & Gorozhantsev, S.V. (2019). [A brief history of creation and stages of development of the seismological service in the Republic of North Ossetia-Alania (on the 80th anniversary of E.V. Pogoda and the 20th anniversary of the NOB GS RAS)]. *Vestnik Vladikavkazskogo Nauchnogo Tsentra* [Vladikavkaz Scientific Center Bulletin], 19(2), 56-65. (In Russ.). DOI: 10.23671/VNC.2019.2.31378. EDN: IJMGYN
- Starovoit, O.E. (2004). [Instrumental seismic observations in Russia]. *Vestnik Vladikavkazskogo Nauchnogo Tsentra* [Vladikavkaz Scientific Center Bulletin], 4(4), 15-21. (In Russ.).
- Starovoit, O.E. (2019). *Seismologicheskii tsentr v Obninske v 1963–2003 gg.* [Seismological Center in Obninsk in 1963-2003]. Moscow, Russia: IPE RAS Publ., 100 p. (In Russ.).
- Starovoit, O.E., & Mishatkin, V.N. (2001). *Seismicheskie stantsii Rossiiskoi akademii nauk (sostoianie na 2001 g.)* [Seismic stations of the Russian Academy of Sciences (as of 2001)]. Moscow; Obninsk, Russia: GS RAS Publ., 88 p. (In Russ.).
- Tavasiev, R.A., & Galushkin, I.V. (2007). [Hazardous natural processes in the Tsey Gorge and their impact on the recreational complex]. *Vestnik Vladikavkazskogo Nauchnogo Tsentra* [Vladikavkaz Scientific Center Bulletin], 7(2), 23-29. (In Russ.). EDN: NZANLH
- Zakharova, A.I., Gabsatarova, I.P., Starovoit, O.E., & Chepkunas, L.S. (1993). [Main parameters of the Racha earthquake and its aftershocks]. *Fizika Zemli* [Physics of the Solid Earth], (3), 24-41. (In Russ.).

#### Information about authors

**Sayapina Anna Anatolyevna**, Director of the North Ossetia Branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences (NOB GS RAS), Vladikavkaz, Russia. E-mail: a\_sayapina@gsras.ru

**Gorozhantsev Sergey Vladimirovich**, PhD, Senior Researcher of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences (GS RAS), Obninsk, Russia. E-mail: maximas-gor@mail.ru

**Chivieva Tatiana Valeryevna**, Head of the Sector of the NOB GS RAS, Vladikavkaz, Russia. E-mail: chivieva-t-v@yandex.ru