

Сергей

Тихоцкий

Геофизика наших

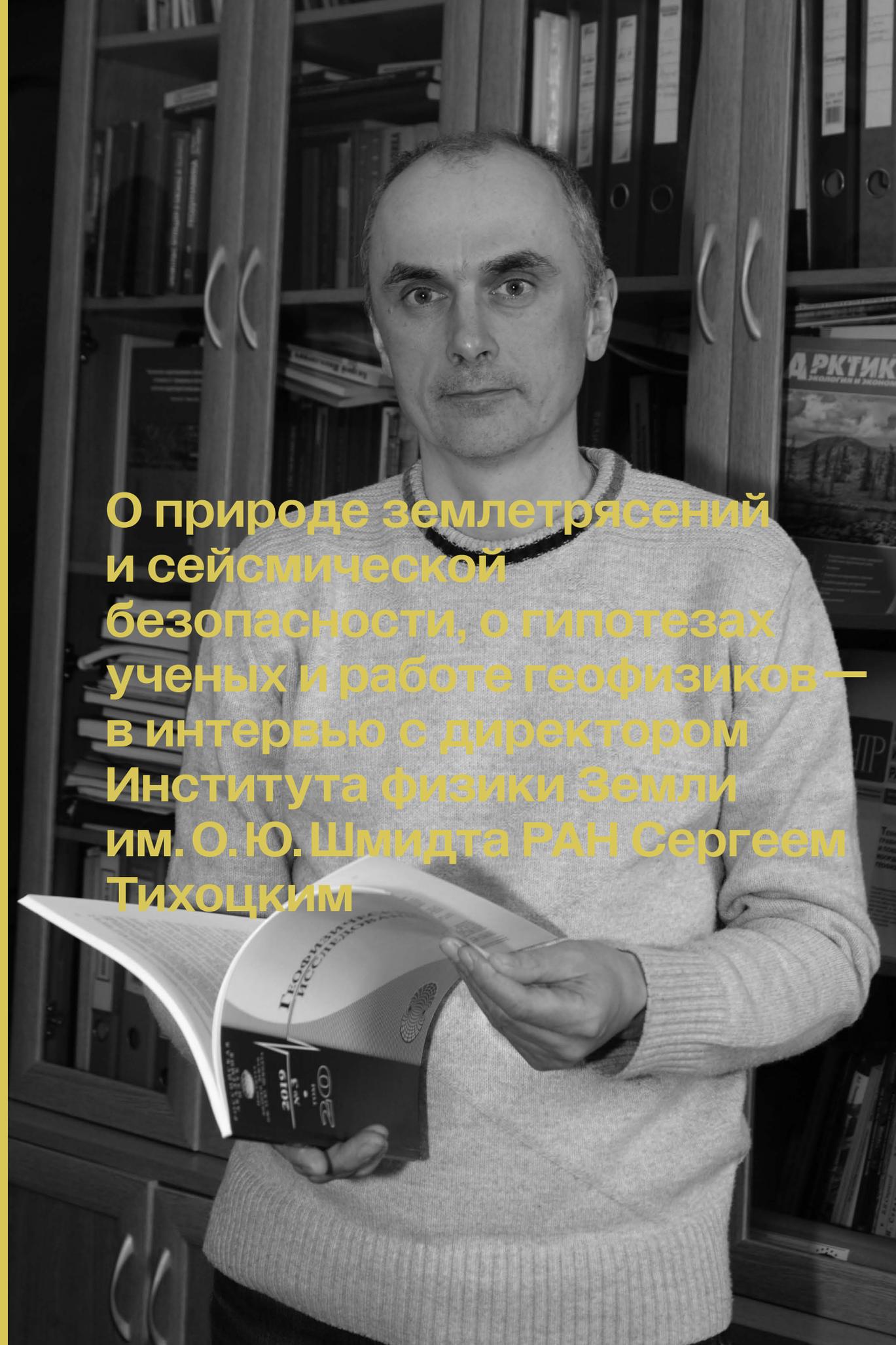
Записала

Наталья

Мезинова

дней

50



О природе землетрясений и сейсмической безопасности, о гипотезах ученых и работе геофизиков — в интервью с директором Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН Сергеем Тихоцким

Сергей Андреевич, начну с места в карьер: когда ждать следующего землетрясения?

Землетрясения происходят каждый день. Откройте сайт, например, Геофизической службы Российской академии наук или даже сайт геологической службы США, — там ежедневно сообщают обо всех случаях землетрясений в разных уголках Земли. Они слабые, магнитудой от 2 до 4, но происходят в изобилии. Когда случается сильное событие, то этому начинают придавать большое информационное значение. И всем кажется, что произошло нечто экстраординарное. Но с точки зрения геофизики, землетрясения — это совершенно нормальный процесс.

Разве землетрясение в Турции 2023 года с точки зрения науки не было каким-то из ряда вон выходящим?

По количеству жертв — колоссальная катастрофа. Но землетрясения в этом районе были, есть и будут. И оно не является каким-то радикально мощным — семёрка по оценке магнитуды. Самые сильные землетрясения, которые были зарегистрированы, имели магнитуду более девяти.

После турецкого землетрясения ощущались «отголоски» на других континентах. Говорит ли это о том, что всё взаимосвязано?

Сильное землетрясение, порождающее интенсивные сейсмические волны на большой территории, способно стать триггером для более слабых. Не причиной, а именно триггером. Это значит, что там были напряжены недра и землетрясения уже готовились. Но произошло некое воздействие, которое помогло, скажем так, заставить этот механизм запуститься раньше. Более того, если бы напряжение в недрах копили дольше, то позже землетрясение в тех краях могло бы быть в разы интенсивнее. Поэтому небольшие землетрясения могут быть скорее полезны, они снимают напряжения в недрах.

А деятельность человека может послужить триггером?

Воздействие человека (например, закачка флюида в недра или заполнение водохранилищ) может вызывать поток слабых событий, но вряд ли спровоцирует сильные. Наоборот, та же самая разрядка напряжения получается. Однако гарантировать то, что что-нибудь не так повернётся в такой сложной системе, как Земля, нельзя. С недрами нужно быть очень осторожными.

Есть ли в России такие точки напряжения, которые могут перерасти в крупные землетрясения?

Конечно, Россия обладает очень обширной территорией с высокой сейсмической опасностью. Есть долгосрочный прогноз землетрясений, так называемое сейсмическое районирование, то есть прогноз на десятилетия и сотню лет вперёд. Они показывают, на каких территориях и какой интенсивности могут быть события, в какие временные интервалы. Это и Дальний Восток, и Камчатка, и Курилы. В значительной степени — юг Восточной Сибири, Иркутская область, Байкал, Северный Кавказ. Это всё районы с высоким сейсмическим риском, где землетрясения происходили и, конечно, будут происходить. Но у нас сейчас есть довольно точный анализ, какие землетрясения можно ожидать в том или ином районе, и даже детализировать ожидаемую интенсивность по отдельным площадкам.

Основатель и первый директор сейсмологического института Павел Никифоров говорил в 1928 году: «Ни одно сколько-нибудь ответственное строительство в сейсмических регионах СССР не обходится без участия СИАИ, и даже за рубежом». Марку держите?

Безусловно, не сдаём позиций. Так и поныне: ни одно ответственное строительство в сейсмических регионах нашей страны, а часто и за рубежом (как правило, это атомные станции, трубопроводы, где подрядчиками выступают наши строительные организации), — не обходится без нашего участия. Мы занимаемся детальным сейсмическим районированием соответствующих площадок, то есть уточняем оценку сейсмической опасности по конкретным объектам. Это наша регулярная деятельность, и, как правило, в ходу несколько проектов одновременно. Мы ездим в экспедиции, проводим сейсмические наблюдения на месте, ведём сбор материалов, делаем камеральную обработку, выдаём заключение. Практически все трубопроводы последнего времени и многие мостовые сооружения, станции «Атомпроекта», — сделаны с нашим участием в вопросах оценки сейсмической опасности. Мы имеем возможность рекомендовать, как и где строить здания и сооружения таким образом, чтобы при землетрясении не происходило каких-то катастрофических событий.

Доступна ли информация о сейсмическом районировании жителям?

Конечно, вы можете посмотреть её в Интернете, это карта ОСР — «Общее сейсмическое районирование».

Всего существуют три вида районирования. Общее делается на всю территорию страны. Это нормативные карты, они утверждаются и являются приложением к соответствующим строительным нормам и правилам в сейсмоопасных районах. Это как базовая оценка региона. Но понятно, что для всей территории страны можно дать только очень мелкомасштабную карту. Допустим, в районе Камчатки в течение ближайших 50 лет с вероятностью 1 % может быть превышена определённая балльность. И если регион по карте ОСР характеризуется ожидаемой сейсмичностью свыше 6–7 баллов, то при строительстве ответственных объектов — таких, как экологически опасные производства, атомные станции, хранилища отходов, трубопроводы, мосты, сложные инженерные сооружения, аэродромы, — необходимо проводить дальнейшее уточнение сейсмической опасности.

Детальное сейсмическое районирование — это как раз процедура детализации, укрупнения масштаба, когда оценивается ожидаемое воздействие на конкретную площадку или населённый пункт.

Микросейсмическое районирование — условно, это когда начинаете проектировать котлован. Тут в дело вступают ещё и грунтовые условия, потому что одно и то же землетрясение на скале или на каком-нибудь мягком грунте типа песка даст совершенно разные сейсмические воздействия. На скале меньше, а на мягком грунте больше. Поэтому нужно изучить строение грунтовой толщи. Для этого используются геофизические методы, проводится инженерная сейсморазведка, инженерная геоэлектрика, бурятся скважины. Мы изучаем распределение свойств грунта в глубину до 30 метров, и на этом основании уточняем ещё раз воздействие уже под конкретную площадку, где будет размещён объект.

В нашей профессии есть это удивительное сочетание: хорошая физика и возможность путешествовать.



Палеомагнитолог Иван Лебедев отбирает образцы горных пород геологическим молотком в долине реки Хета, Магаданская область.

**Ни одно
сколько-нибудь
ответственное
строительство
в сейсмических
регионах нашей
страны не обхо-
дится без нашего
участия.**

Территории сейсмической опасности можно отнести к неблагоприятным для строительства?

Современное строительство обладает технологиями, которые позволяют выдерживать очень серьёзные сейсмические воздействия. Конечно, совершенно точно не надо строить дом непосредственно над активным разломом. Если так сделать, то никакое качество строительства вас не спасёт. Но, допустим, в сотнях метров от разлома строить можно, однако стройка должна проводиться с соблюдением мер предосторожности, и в проекте обязательно должна быть заложена соответствующая прочность, сейсмостойкость здания.

Существует расхожее мнение, что многоэтажное строительство — зло. Вы согласны?

Когда построено со всеми соответствующими требованиями — проблем не вижу. Посмотрите, например, опыт Японии. Землетрясение Тохоку 2011 года: магнитуда более 9, но большинство домов устояли. Почти все жертвы в тот день связаны либо с цунами, либо с аварией на атомной станции. Но непосредственно от сейсмического толчка здания практически не разрушались. Потому что японцы к тому моменту уже имели печальный опыт последствий землетрясения в 1995 году в Кобэ. Они взялись за голову, и всё, что строилось после, закладывалось с очень хорошим запасом прочности.

Поэтому вы можете построить трёхэтажную хибару, которая всё погребёт под собой, а можно построить двадцатипятиэтажный небоскрёб, который прекрасно выстоит в любом землетрясении.

В вопросах сейсмической опасности держите связь с МЧС?

Мы ежеквартально рассылаем МЧС справку о среднесрочном прогнозе сейсмической опасности — от месяца до года. Справка готовится в институте по итогам сбора информации в разных организациях. Подчёркиваю, это среднесрочный, а не краткосрочный прогноз. Потому что ни один геофизик в мире не умеет краткосрочно прогнозировать, произойдёт ли землетрясение завтра или через неделю. Такова природа Земли. Но среднесрочный прогноз позволяет обратить внимание специальных служб МЧС на те или иные регионы и быть, как говорится, начеку.

Сейчас мы готовимся к заседанию Научного совета РАН, где будем согласовывать некий единый продукт, который позволит надёжно обеспечивать сейсмическую безопасность с точки зрения оценки рисков при строительстве, правильного проектирования и прочее.

В этом году институту исполнилось 95 лет. И ровно 10 лет назад Вас назначили на должность директора. Что изменилось за этот период?

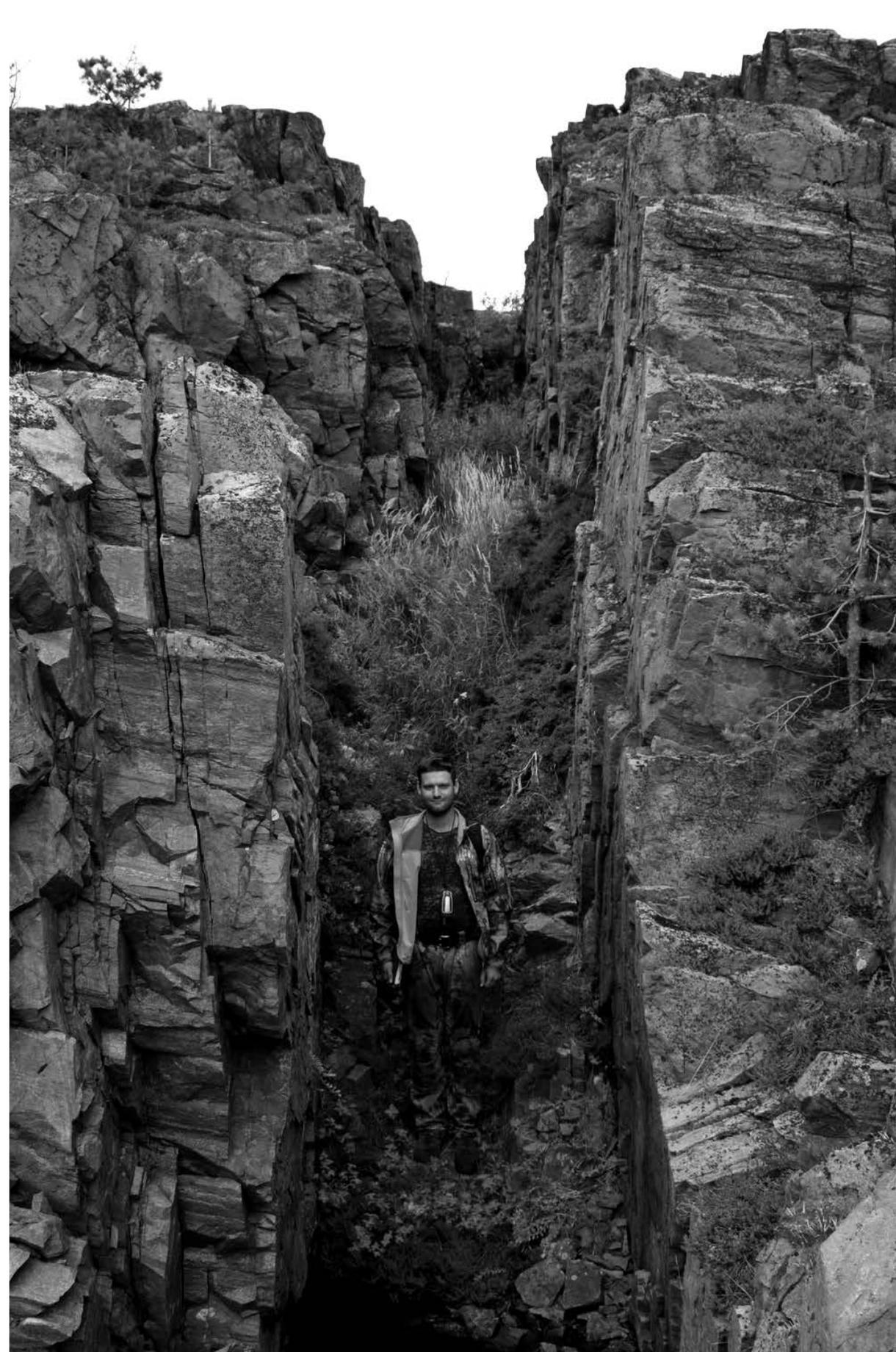
Считаю главным достижением, что коллективу удалось воссоздать направления разведочной геофизики и разработки месторождений минерального сырья, прежде всего, углеводородов.

Создать?

Именно воссоздать. С 30-х годов прошлого столетия эти направления успешно развивались, и трудами академика Григория Гамбургцева и его соратников была практически создана современная разведочная геофизика, сейсмическая разведка



Палеомагнитологи Александр Пасенко и Иван Лебедев на полевых работах в долине реки Хета в Примагаданье. Производится отбор образцов для изучения остаточной намагниченности вулканических пород мелового возраста.



Палеосейсмолог Андрей Стрельников в экспедиции на острове Сидоров, Керетский архипелаг, Карелия.

как основной метод изучения недр при поиске месторождений. Но в 60-е годы кто-то где-то решил, что науки в этом направлении не осталось, всё уже сделано, и разведочную геофизику вывели из Академии наук. Результаты такого поспешного вывода мы сейчас пожинаем: большинство технологий, программного обеспечения, приборов — всё импортное. Тут, конечно, и следствии экономической перестройки 90-х, но в значительной степени — того решения 60-х годов.

И вот начиная с 2014 года, когда возникла насущная необходимость и посыпались первые санкции, мы стали активно это направление воссоздавать. В первую очередь сосредоточились на вопросах безопасности разработки месторождений углеводородов, так называемой резервуарной геомеханики. Поэтому создали целый комплекс и экспериментальных, и теоретических исследований, которые позволяют решать задачи любого уровня и сложности, от исследования образцов горных пород до прогноза необходимой плотности бурового раствора. Нашими заказчиками за эти годы стали крупные нефтяные компании «Башнефть», «Роснефть», «Новатэк».

А изучение грозовой активности в компетенции Института?

Областью изучения магнитного поля Земли, атмосферного электричества и так называемой глобальной геоэлектрической цепи занимается наш замечательный филиал, геофизическая обсерватория «Борок». Расположена она в Ярославской области, там ведутся соответствующие наблюдения.

Специфика нашей обсерватории уникальна для страны. Мы проводим изучение атмосферного электричества хорошей погоды. Так сложилось, что для людей ассоциация с атмосферой и электричеством — это в первую очередь гроза. Гроза — это разряд. Для того, чтобы был разряд, должен быть заряд. Электрическая цепь устроена так, что в областях атмосферы хорошей погоды происходит восходящий ток, который приводит к накоплению этого заряда. Соответственно, в областях, где происходят грозы, это всё разряжается. Такой замкнутый круг. Для того, чтобы понять, как устроена грозовая деятельность, как устроено атмосферное электричество, нам нужно изучать не только сами грозы, но и электричество хорошей погоды. Это, может быть, не так эффектно выглядит, но это совершенно необходимый элемент для науки. В геофизической обсерватории «Борок» такие исследования проводятся системно. Там очень сильная школа по атмосферному электричеству.

К слову сказать, наш Институт является одним из признанных мировых центров не только в области изучения глубоких недр, ядра и мантии Земли, но, в особенности, в области изучения магнитного поля Земли. У нас одна из сильнейших лабораторий — хорошо оснащённая экспериментальным оборудованием, с замечательным коллективом, где много как признанных учёных, так и замечательной молодёжи.

Вообще за последние годы благодаря поддержке Минобрнауки и в какой-то степени за счёт тех денег, которые мы зарабатываем на прикладных проектах, мы сумели существенно обновить приборную базу. То есть у нас сейчас, наверное, уникальный для научных институтов комплекс по изучению физических всех свойств горных пород: от физико-механических до магнитных, их микроструктуры и состава.

Интересно, а как проходит день магнитолога?

Магнитологи имеют весьма разнообразную занятость

Коллективу удалось воссоздать направления разведочной геофизики и разработки месторождений минерального сырья, прежде всего, углеводородов.

в течение года. Собственно, как у всех геофизиков, есть и чистые теоретики, которые пишут уравнения, вычисляют, обрабатывают информацию, программируют, считают, анализируют данные. Это такая классическая работа теоретиков. А есть магнитологи-лабораторщики-экспериментаторы, у которых работа зависит от времени года. Летом они ездят в экспедиции, отбирают первичные материалы, которые потом изучают в лаборатории. В последнее время очень много работы в Восточной Сибири, в Арктике.

В экспедиции магнитологам далеко приходится забираться?

Забираются в очень глухие места, куда забрасывают вертолёт. Потом сплавляются на лодках по рекам, карабкаются по крутым скалам. На этих скалах отбивают молотками и специальными бурами брусочки камней — образцы. Важно ведь не просто отколоть кусок, а маркировать, как он ориентирован в пространстве. Это определяется по компасу: на камень наносят метку, что север — туда, вертикаль — сюда. И такие ориентированные образцы в ящиках отправляют в институт. Магнитологи возвращаются из экспедиции, получают свои ящики с образцами и начинают их сортировать, обрабатывать — пилят на кубики, сантиметр на сантиметр примерно. И каждый полученный кубик тоже должен быть ориентирован.

Дальше интереснее, второй этап работ. Начинается серия самых разнообразных исследований. Это эксперименты на различном оборудовании, в том числе уникальном — сверхпроводящем магнитометре, позволяющем определять намагниченность с очень высокой точностью. Он установлен в специальном помещении, немагнитном, обшитом железными листами, куда нельзя входить ни с чем железным, магнитным. Потому что там нулевое внешнее магнитное поле. Это чистый и тонкий эксперимент. Магнитометр работает на основе эффекта сверхпроводимости и постоянно охлаждается жидким гелием. И там эти вот кубики сотнями измеряются и определяется их намагниченность.

А потом результаты этих экспериментов поступают в математическую обработку, и на этой основе решается ряд задач, главная из которых — изучение истории магнитного поля, когда оно на протяжении времени своего существования постоянно претерпевало инверсии. То есть магнитное поле направлено то с севера на юг, то с юга на север. Соответственно, очень интересно, насколько часто происходит инверсия, и мы видим, что в истории Земли и в истории магнитного поля они проходили не регулярно. То есть были «суперхроны» десятки миллионов лет, когда поле было неизменно, сохраняло свою полярность. А были периоды, когда поле менялось достаточно часто. И вот один из основных фундаментальных результатов нашего института, благодаря которому мы как раз имеем мировую известность — это установление времени существования древнейших «суперхронов», когда магнитное поле очень долго не меняло свою полярность.

Можно ли сказать, структура магнитного поля детально исследована?

Магнитное поле Земли генерируется за счёт течения расплавленного металла во внешнем ядре. Существуют соответствующие математические модели. Но эти модели призваны не просто правильно предсказывать то, что было в прошлом, но правильно моделировать те инверсии, особенности, поведение магнитного поля, которое мы видим в эксперименте. Эксперимент магнитологам нужен не просто ради того, чтобы понять, как там было устроено магнитное поле, а для того, чтобы подобрать правильную модель. А уже модель имеет определённые прогностические возможности.



В сентябре 2022 года сотрудники лаборатории палеосейсмологии и палеогеодинамики ИФЗ РАН отправились в экспедицию в Чолпон-Атинский район Северного Прииссыккуля для исследования морфологических нарушений рельефа. На фото Долина реки Ак-Терек

Кстати, до сих пор ведутся споры вокруг темы инверсии магнитного поля Земли, некоторые утверждают, что планета скоро «остановится и остынет». Есть ли реальный повод для беспокойства?

Сразу скажу, что по оценкам учёных обсерватории «Борок», вероятность инверсии в ближайшее время невелика. Перед инверсиями убывает так называемый дипольный компонент магнитного поля. А те вариации магнитного поля, которые мы наблюдаем сейчас, в частности «миграция» Северного магнитного полюса, связаны в основном с вариациями недипольного компонента поля. Дипольный компонент меняется слабо. Поэтому довольно высока вероятность, что мы живём в периоде продолжительной нормальной полярности, и вероятность инверсии в ближайшие тысячу–десять тысяч лет — на уровне первых процентов. Конечно, это пока гипотеза. Но мы постоянно работаем над тем, чтобы как можно точнее понимать, как что происходит. Это важно для человечества. Ведь магнитное поле Земли взаимодействует с космическим излучением и защищает нас от него.

А какая самая сильная магнитная буря была зафиксирована геофизиками? Моя соседка жаловалась, что будто позавчера...

Если только ваша соседка — долгожитель. Потому что сильнейшая магнитная буря зафиксирована ещё в прошлом, XIX веке, в 1859 году. Все телеграфные линии в Америке и Европе перестали работать — такой большой ток в них был наведён за счёт вариаций магнитного поля. В 1989 году тоже было сильное событие, но не настолько. Но надо знать, когда они будут, это важно, и этим Институт тоже занимается.

Как думаете, нужно ли бороться с возникающими конспирологическими теориями вокруг нашей планеты: от плоской Земли до неизбежной инверсии «завтра»? Что нужно, чтобы их искоренить?

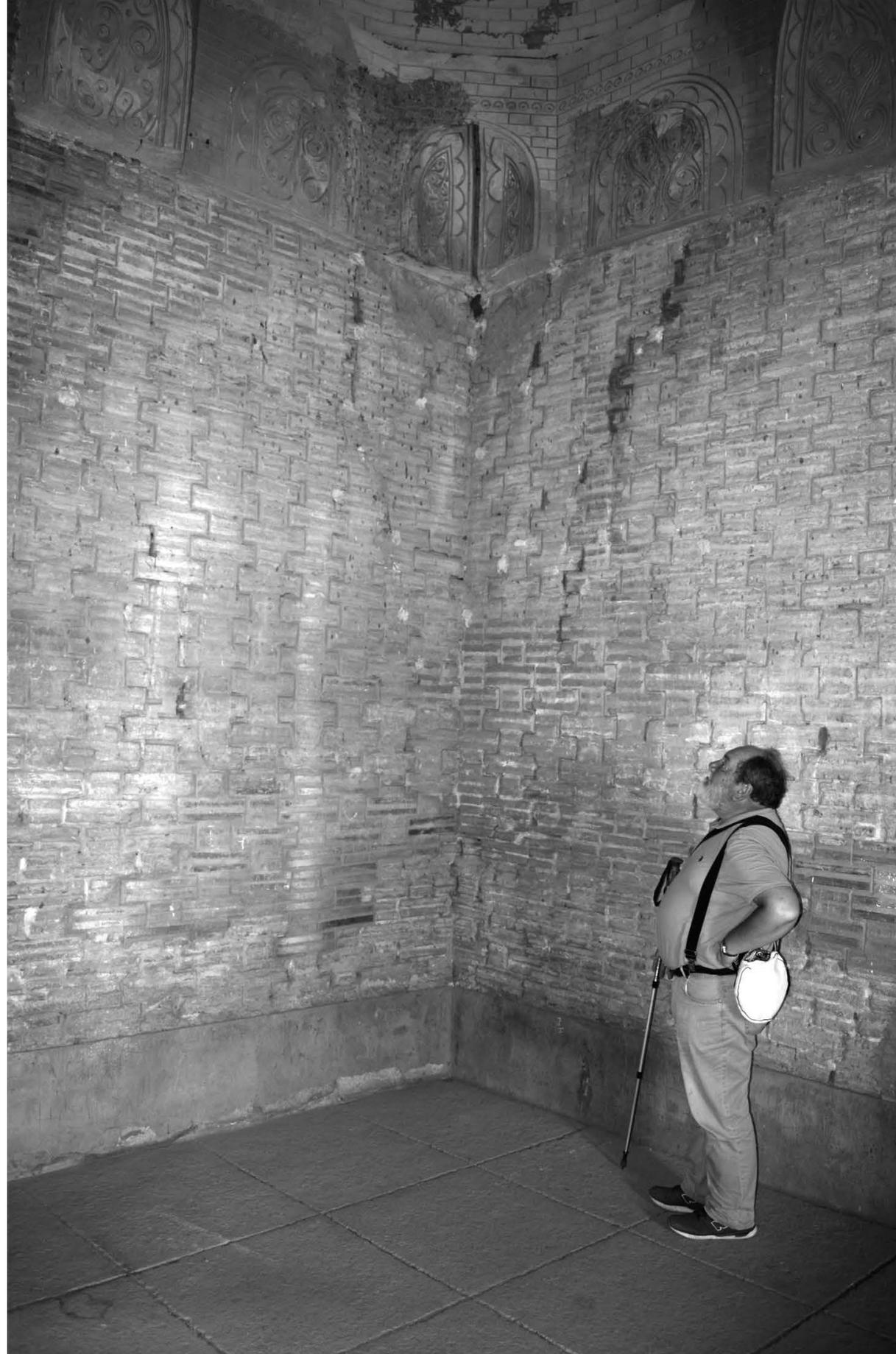
Нужно изучать различные источники и спокойно объяснять, как дело обстоит на самом деле. Если есть предмет для обсуждения, то есть возможность приводить разумные аргументы.

Сергей Андреевич, немного о личном. Как Вы пришли в профессию? Мечта с детства?

Я всегда очень любил физику. Мой отец — физик, я вырос в этой атмосфере. Увлекался и увлекаюсь историей физики. Но всегда было и желание много ездить, смотреть, путешествовать — охота к перемене мест, как говорится. Сложив два плюс два, я получил геофизику.

В нашей профессии есть это удивительное сочетание: хорошая физика и возможность путешествовать. Конечно, в экспедиции я в последнее время езжу уже достаточно мало, должность не очень располагает. Я никогда, в общем-то, не думал, что стану администратором. Тем не менее я продолжаю активно заниматься наукой, но больше как теоретик: пишу уравнения, решаю их, в последнее время разрабатываю аппаратуру для геофизических исследований — это очень важно сейчас. Важно отвечать на потребности экономики и общества. И в этом смысле геофизика тоже предоставляет редкую возможность: можно делать важное для людей и государства дело и при этом быть учёным, заниматься хорошей наукой. Потому что практические задачи в нашей области — очень сложные и интересные. ■

Для того, чтобы понять, как устроена грозовая деятельность нужно изучать электричество хорошей погоды.



Заведующий лабораторией палеосерологии и палеодинамики ИФЗ РАН Андрей Корженков изучает внутреннюю деформацию в тромах мавзолея Караханидов для новой оценки сейсмической опасности, г. Узген, Киргизия.