

Кислые вулканические воды. Что и зачем о них нужно знать?

Одна из задач вулканологии – предсказать извержение вулкана.

Решить её иногда помогает мониторинг химического состава подземных вод

Доктор геолого-минералогических наук Юрий Александрович Таран и кандидат геолого-минералогических наук Елена Геннадьевна Калачёва из Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН стали лауреатами премии ДВО РАН имени выдающихся учёных Дальнего Востока России в 2024 году. Им присуждена премия ДВО РАН имени профессора С.И. Набоко за серию работ «Ультракислые сульфатно-хлоридные воды и их роль в транспорте магматических и породообразующих компонентов».



Елена Геннадьевна Калачёва.
Фото Дмитрия Мельникова

Кратко об авторах

Юрий Александрович Таран окончил химический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, защитил диссертацию, став кандидатом химических наук. Через десять лет работы в МГУ перевёлся в Институт вулканологии ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский), где написал монографию «Геохимия геотермальных газов» и защитил докторскую диссертацию. Работал на вулканах Латинской Америки по приглашению Государственного университета Мексики. В настоящее время – главный научный сотрудник ИВиС ДВО РАН. Автор более 150 статей. С 2003 по 2011 годы возглавлял международную Комиссию по химии вулканических газов (CCVG IAVCEI).

Елена Геннадьевна Калачёва окончила Читинский политехнический институт, кафедру «Гидрогеология и инженерная геология», получив специальность «горный инженер – гидрогеолог». С 1994 года работает в Институте вулканологии, с 2004 года – ИВиС ДВО РАН. Кандидат геолого-минералогических наук. В институте прошла путь от инженера до заместителя директора по научной работе. Автор более 70 научных работ.

Юрий Александрович и Елена Геннадьевна получили премию имени Софьи Ивановны Набоко. Софья Ивановна проработала на Камчатке всю свою жизнь, с 30-х по 90-е годы прошлого века, изучала последствия извержений вулканов методами минералогии и геохимии. Руководила лабораторией постмагматических процессов. Сейчас этой лабораторией руководит Е.Г. Калачёва.

Чем интересен транспорт магматических и породообразующих компонентов

Известно, что вулканы иногда извергаются, но обычно находятся в покое. «Спят», говорят вулканологи. Многие спящие вулканы дегазируют. То есть выделяют в атмосферу растворённые в магме газы

в виде так называемых фумарол – парогазовых выходов. Из окон ИВиС ДВО РАН в хорошую погоду виден Авачинский вулкан с фумаролами на кромке кратера.

Иногда вулканические газы не доходят до поверхности, а перехватываются подземными водами. Поскольку основные компоненты газов – водяной пар, углекислота, сернистый газ и хлористый водород, то в результате получаются смеси серной и соляной кислот, называемые ультракислыми сульфатно-хлоридными водами. Водородный показатель (pH) этих вод иногда < 1, что свидетельствует об их высокой кислотности, поэтому они активно взаимодействуют с породой, в которой циркулируют. Смешиваясь с осадками, проникающими в вулканическую постройку в виде дождей и снега, они находят выход у подножья вулкана, образуя источники с очень кислой и, как правило, горячей водой. Источники несут воды в океан, таким образом, магматические хлор и сера уносятся в гидросферу Земли. Попутно эти воды переносят продукты взаимодействия с породой в виде набора растворённых солей.

Летучие и растворённые вещества

В геохимии, науке о химическом составе Земли, есть целый раздел, связанный с вулканологией, изучающий баланс-дисбаланс земного вещества. Во время полевых работ Юрий Александрович и Елена Геннадьевна определяют составы и количества веществ, выносимых из вулканов, находящихся в спокойном состоянии. Они отбирают пробы воды из источников на склонах вулканов, измеряют расходы источников и ручьёв их дренирующих, учитывают составы и потоки газов, отбирая образцы в кратерах вулканов. И, конечно, исследуют сопутствующие минералы и породы. А в лабораториях анализируют пробы, изучают их химические и изотопные составы, минералогию осадков и пород.



Е. Калачёва (впереди) и Т. Котенко на маршруте в ущелье ручья Горчиного на острове Кетой. Фото Юрия Тарана

Для чего нужен мониторинг химического состава источников

Ультракислые источники вулканических построек имеют непостоянный состав, зависящий от состояния вулкана-хозяина. Одна из задач вулканологии – предсказание извержения вулкана – решается с помощью сейсмологии, геодезии, путём измерения потока вулканических газов. Но её можно решать и с помощью мониторинга химического состава таких источников. Юрий Александрович и Елена Геннадьевна показали это на примере вулкана Эбеко на острове Парамушир.

Выходящие на поверхность вулканические воды образуют источники, выносят растворённое вещество в океаны, рассеивая его на больших пространствах. Но, если выхода на поверхность у этих вод нет, они, оставаясь под землёй, контактируя со всё большим и большим количеством породы, нейтрализуются и осаждают минералы. При определённых условиях, на так называемых геохимических барьерах, локально осаждаются минералы, обогащённые теми или иными металлами, формируются эпitherмальные рудные месторождения.

Ультракислые воды создают также геоэкологические проблемы. Кроме загрязнения воды соединениями хлора, серы, фтора, мышьяка, бора и других элементов, они ещё разрушают вулканические постройки, причём гораздо быстрее, чем обычные пресные ручьи и реки. Сели, обвалы, лавины в долинах кислых рек происходят гораздо чаще, чем в нормальных ландшафтах. Для точного описания происходящих процессов нужны количественные данные. Например, интенсивность эрозии в тоннах в год на квадратный километр. Получение этих данных – одна из задач Юрия Александровича и Елены Геннадьевны.

– Вот такими процессами мы занимаемся в последнее десятилетие, – продолжают Ю.А. Таран и Е.Г. Калачёва. – В основном работали на Курильских островах, где много и дымящихся вулканов, и ультракислых источни-

ков, где нужные нам образцы можно отобрать, а параметры – измерить. Но поскольку на средние Курилы попасть очень сложно, требовалось всё тщательно продумать и организовать. Например, нужны деньги на аренду судна с опытной командой, поскольку приходится работать в сложных для высадки местах. Но благодаря двум трёхгодичным проектам, поддержанным РНФ, удалось преодолеть многие трудности.

О планах

Выше говорилось о том, что подземная вода в постройках вулканов растворяет магматические хлор и серу. Углекислый газ (CO₂) находит выход на поверхность вулканических построек и кальдер, просачиваясь через верхний слой коры и почву, выделяясь в атмосферу в виде так называемого диффузионного потока. Измерение этого потока – тоже важное направление вулканологии и геотермии. Участки с высокими потоками перспективны для бурения скважин на минеральную и/или горячую воду. Изменение потока во времени может много сказать о состоянии вулкана.

– Мы начали и продолжаем работы по измерению диффузионного потока CO₂ на действующих вулканах Камчатки, – делятся своими планами лауреаты премии ДВО РАН. – Нами в прошлом году впервые измерен фантастически высокий поток CO₂ с поверхности знаменитой на Камчатке Долины смерти, расположенной на склоне вулкана Кихпинич недалеко от Долины гейзеров. Соответствующая статья опубликована в этом году.

Изучаем влияние вулканической и гидротермальной деятельности на пресноводные ресурсы Камчатки. Уже второй год подряд Елена Геннадьевна с командой проводит работы на самой главной водной артерии полуострова – реке Камчатка и её основных притоках. Эти работы по геоэкологии будут продолжены в будущем.

**Материал подготовила
Анастасия КУЛИКОВА
Фото из личных архивов
Юрия ТАРАНА
и Елены КАЛАЧЁВОЙ**



Юрий Александрович Таран. Фото Татьяны Котенко



Работа на ручье Кратерный на острове Шиашкотан. Измерение расхода ручья – сколько воды несёт ручей в единицу времени (литров или кубометров воды в секунду). Фото Татьяны Котенко