

**Динамика вымывания солей из пепла вулкана Шивелуч, извержение апреля 2023 г.
Назарова М.А., Сергеева А.В., Кузьмина А.А., Карташева Е.В.**

Dynamics of salt leaching from the ash of Shiveluch volcano, April 2023 eruption

Nazarova M.A., Sergeeva A.V., Kuzmina A.A., Kartasheva E.V.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;

e-mail: nazarovamar@mail.ru

Исследовано вымывание растворимых солей из пепла вулкана Шивелуч, извержение 10-13 апреля 2023 г. Смоделировано действие метеорных вод на пепловые отложения. Обнаружено, что вымывание солей из вулканического пепла происходит немонотонно, с максимумом, после которого вынос убывает по экспоненте. За один сезон пепел практически очищается от растворимых солей.

Введение

В апреле 2023 г. произошло пароксизмальное эксплозивное извержение вулкана Шивелуч, которое сопровождалось мощными пепловыми выбросами [1]. Пеплопад затронул ряд населенных пунктов в окрестности вулкана, особенно сильно повлиял на поселки Ключи, Майское и Козыревск, которые были покрыты слоем пепла мощностью до 8 см, в зоне выпадения пепла оказалось около 5600 чел.

Поступление растворимых солей пепла в воды питьевого и хозяйственно-бытового назначения могло привести к изменению их состава для потребителя. Например, в результате извержения вулкана Корякский в 2008-2009 гг. произошло понижение pH до ~4-5, повышение содержания сульфатов и хлоридов кальция, магния и натрия, а также солей алюминия [2]. Поэтому в настоящей работе были исследованы водные вытяжки пепла и динамика вымывания растворимых солей из него. Целью работы было установление динамики вымывания растворимых солей из свежеизверженного пепла в почвенные покровы и водоемы поселков.

Материалы и методы

Образцы пепла отобраны Д.В. Мельниковым в окрестностях поселка Ключи непосредственно во время извержения в апреле 2023 г. Были получены водные вытяжки свежего пепла, для чего 100 г пепла смешали с 1 л воды, через сутки профильтровали и определили макрокомпонентный состав по стандартным методикам.

Динамика вымывания солей из пепла была исследована с помощью портативного солемера Combo (Hanna) в ходе непрерывного эксперимента. Солемер измеряет электропроводность раствора и пересчитывает ее в содержание хлорида натрия, которое коррелирует с содержанием солей в растворе. Также была исследована динамика вымывания солей при порционном промывании навески пепла и высушивании фильтра. Непрерывный эксперимент отражает поступление растворимых веществ из пепла при попадании пепла в водоем. Дискретный или порционный эксперимент моделирует или отражает промывание пепла, который выпал на суше, метеорными водами.

Результаты и обсуждение

В солевом составе свежих пеплов доминируют сульфат кальция и хлорид натрия, в меньших концентрациях находятся сульфаты и хлориды калия, аммония, магния, алюминия, железа. Из микроэлементов в небольших количествах содержатся барий, стронций, мышьяк, кадмий.

На рис. 1 показаны временные зависимости массы вымываемых солей при дискретном промывании водой и при постоянном нахождении в воде. В обоих случаях вымывание солей немонотонное, имеет экстремум в начальные моменты времени. Немонотонность скорее всего связана с протеканием реакций при контакте растворимых солей пепла и воды. В противном случае наблюдалась бы монотонная

кривая, с постепенным замедлением. Наиболее вероятно, что в пепле вулкана Шивелуч содержатся не только сульфат кальция и хлорид натрия, но и хлорид кальция с сульфатом натрия, в этом случае при растворении между ними протекает реакция с образованием малорастворимого гипса. Наличие хлорида кальция и сульфата натрия в исходном пепле весьма вероятно, хлориды летучи и могут поступать из глубин или из магматического расплава при его дегазации. При образовании гипса уменьшается содержание солей, одновременно из раствора могут частично удаляться некоторые токсичные компоненты, такие как барий, стронций, мышьяк, кадмий. Барий, стронций и кадмий могут изоморфно заместить кальций в гипсе, а мышьяк наиболее вероятно выпадет в осадок в виде малорастворимого арсенита или арсената кальция. Таким образом, ожидается некоторое самоочищение вод, промываемых пеплом.

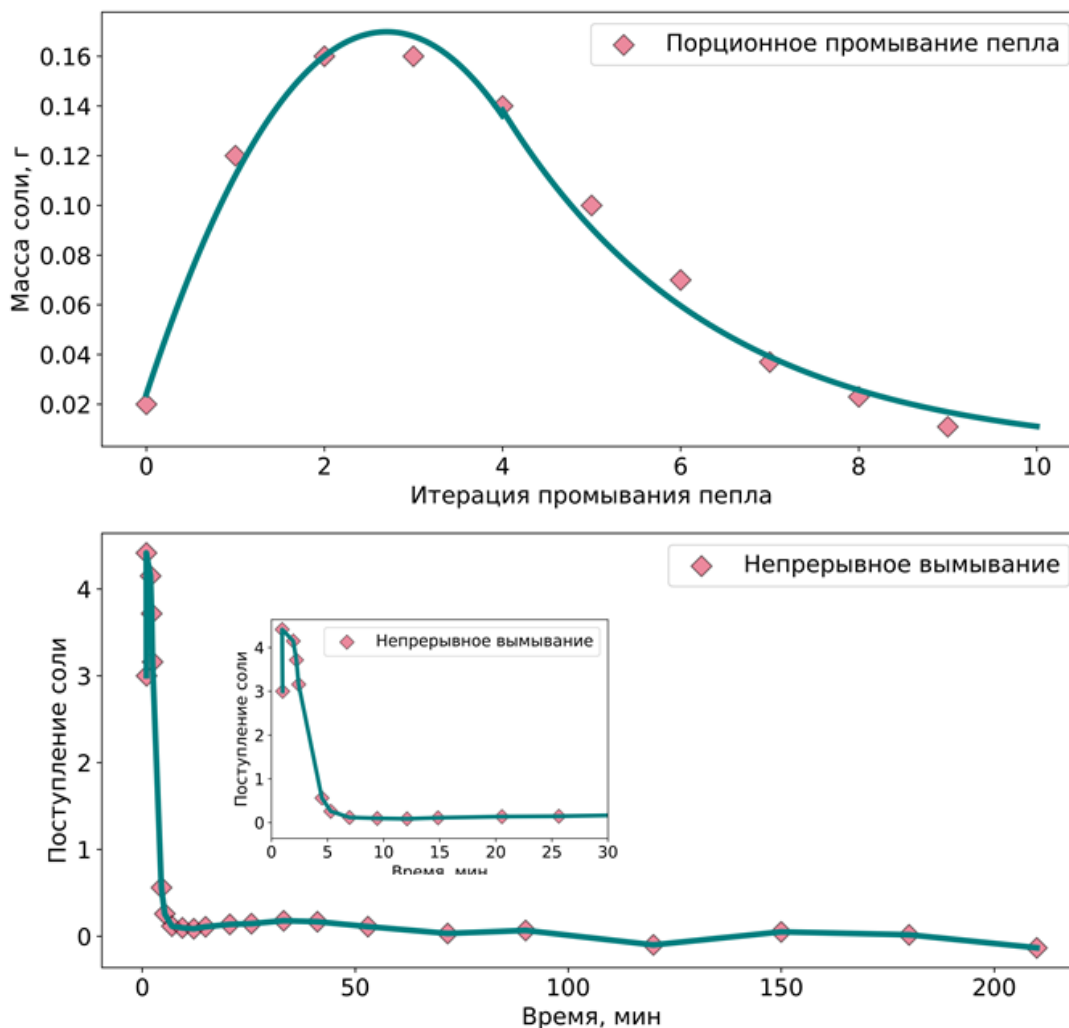


Рис. 1. Сравнение порционного и непрерывного режимов промывания пепловых отложений.

Динамика метеорных осадков поселка Ключи показана на рис. 2. Апрель и июль в 2023 г. характеризуются более высоким уровнем осадков по сравнению с медианным значением, а всего с апреля по август в поселке Ключи выпало 287 мм осадков, что эквивалентно 287 кг воды на квадратный метр. Средняя масса сухого пепла, приходящаяся на квадратный метр в поселке Ключи, в мае составляла порядка 30 кг, а непосредственно после извержения – порядка 50-60 кг на квадратный метр. Таким образом, соотношение масс метеорной воды и пепла на площади пос. Ключи – от 10:1 до 5:1. Этого достаточно для промывания пепла.

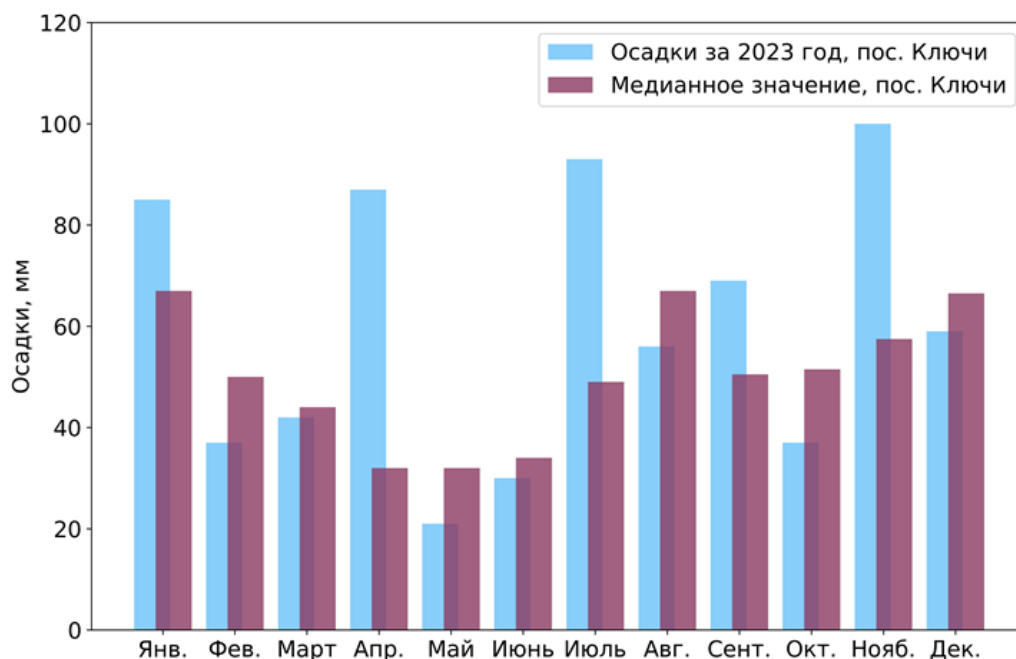


Рис. 2. Медианный уровень осадков в поселке Ключи за 1936-2023 гг. и осадки в 2023 г.

Исследование состава водных вытяжек пепла, пролежавшего до августа, показало, что контактные с пеплом воды потеряли до 90 % своей минерализации, произошло изменение состава вод: от хлоридно-сульфатного натриево-кальциевого состава к хлоридно-гидрокарбонатному кальций-натриевому. Практически за сезон произошло естественное промывание пепла.

Заключение

Пепел мощного эксплозивного извержения вулкана Шивелуч, произошедшего 10-13 апреля 2023 г., нес в себе высокие концентрации растворимых веществ. В основном, среди растворимых солей были сульфаты и хлориды натрия и кальция. За сезон, в результате естественного выпадения осадков, пепел промылся, и воды, контактирующие с ним, по составу приблизились к составу местных пресных источников.

Список литературы

1. *Гирина О.А., Лупян Е.А., Хорват А. и др.* Анализ развития пароксизмального извержения вулкана Шивелуч 10-13 апреля 2023 года на основе данных различных спутниковых систем // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 2. С. 283-291. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-2-283-291
2. *Мелекесцев И.В., Карташева Е.В., Кирсанова Т.П., Кузьмина А.А.* Загрязненная свежевыпавшей тефрой вода как фактор природной опасности (на примере извержения вулкана Корякский, Камчатка, в 2009-2009 гг.) // Вулканология и сейсмология. 2011. № 1. С. 19-32.