



УДК 551.21

В. И. Андреев¹, Т. Ю. Самкова¹, В. А. Горбач²

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский*

² *Научно-исследовательский геотехнологический центр*

Положительный экологический эффект извержений вулканов и некоторых природных и техногенных аналогов обрушений

Горячие лавы, раскалённые обломки пирокластики и вулканические газы выделяющиеся из вулканитов оставляют безжизненную пустыню на месте зелёных лесов и лугов. Раскопки в Геркулануме и Помпеях показали, что вулканические газы вызвали гибель населявших эти города людей и животных.

Выходы вулканических газов периодически вызывают гибель животных от мышей до медведей в «Долине Смерти», расположенной, как и «Долина Гейзеров» у подножия действующего вулкана Кихпинич (Камчатка). С вулканическими газами связана гибель населения и домашних животных в Центральной Африке в окрестностях озера вулканического происхождения Ниас в 80-х годах XX столетия [5].

Рассмотрим ряд крупных вулканических событий Камчатки. Катастрофическое извержение вулкана Безымянного (30 марта 1956 г.), существенно изменило рельеф вулкана и его окрестностей, сопровождалось лахаром, прошедшим по долинам рек Сухая и Большая Хапица более 50 км, влившимся в самую большую реку полуострова Камчатку с расходом в устьевой части более 200 м³/с и достигшим поселка Усть-Камчатск, где в течение месяца после этого вода была непригодна для питья [5].

Толбачинское извержение 1975–76 гг. извергло более 2,0 куб. км лавы и пирокластики. Несмотря на сравнительно невысокую интенсивность извержения пирокластики и относительно небольшую долю в ней вулканического пепла, растительность была полностью уничтожена на территории более 400 км² что в 20 раз больше площади излившихся лавовых потоков.

Гибель растительности была не одновременной и зависела от видов растений и вулканического воздействия. Так, в ближайших окрестностях Южного прорыва на расстоянии в 3–5 км от конуса и 1–2 км от лавовых потоков последовательность гибели растений была следующей: травянистые растения, ель, берёза, лиственница, кедровый стланик.

Отмечался падёж оленей, выпасаемых за 20 – 30 км от места извержения зимой 1975–76 гг. Гибель

«домашних» оленей, очевидно, была вызвана попаданием в пищу вулканического пепла, мощность отложений которого в местах выпаса была в пределах 1 см, хотя в некоторых местах могла быть значительно больше. Вероятно, кроме вредных для животных агрессивных растворимых соединений, преимущественно сернистых и хлорных, окклюдируемых на вулканиках, пепловые частицы оказывали абразивное воздействие на пищеварительные органы оленей. При этом отмечались редкие следы одиночных или небольших групп оленей, обходивших свежие лавовые потоки в непосредственной близости от извержения. Видимо, это были дикие олени, и защитный инстинкт, выводивший их из зоны извержения, сохранял оленей надежнее, чем пастухи-оленоводы. Весной 1976 г. неоднократно встречались в ближайших окрестностях извержения тушки зайцев и белых куропаток. Реже встречались погибшие чайки и вороны, привлеченные, видимо, восходящими потоками теплого воздуха и газами, на которых эти птицы «катались» [5].

Извержение кратера Токарева, случившееся в Карымском озере 1–2 января 1996 г., погубило немного скудной растительности на берегах озера, и существенно изменило тепловой режим, растопив лёд мощностью не менее 1 метра на поверхности площадью порядка 20 км² и нагрев порядка 105 м³ воды от 0 до 20–30 0С. При этом погибло порядка 1 млн штук ~100 тонн озёрной нерки кокани, выпущенной в озеро 20 л. н. (в 1975 г.) [4].

Обратим внимание на некоторые положительные стороны вулканической деятельности, ограничиваясь взаимосвязью с состоянием биоты. Спустя 15 лет после катастрофического извержения вулкана Безымянного 30 марта 1956 г. ода численность нерки в озере Азабачьем, подвергнувшись обильному пеплопаду, заметно превысила прежнее (до пеплопада) её количество [13]. Отмечались также явно повышенные урожаи овощей на полях, подвергнувшихся пеплопадам в 25–30 км от центра катастрофического извержения вулкана Шивелуч 12 ноября 1964 г.

В результате извержения кратера Токарева, случившегося в Карымском озере 1–2 января 1996 г.

на юго-восточном побережье озера Карымское, сформировался вулканогенный элемент рельефа (полуостров Новогодний). Вулканические пеплы полуострова имеют слабо кислую — близкую к нейтральной реакцию среды (рН 5,4–6,8). Содержание гумуса, принесенного поверхностными водами с прилегающего склона низкое — 0,22–0,61%. В 2005 г., спустя 9 лет после извержения, на территории полуострова отмечалось слабое заселение пионерной растительностью. Максимальное заселение наблюдалось на участках с близким залеганием грунтовых вод: холодных слабо минерализованных на конусе выноса руч. Безымянный в западной части полуострова и минеральных термальных в районе руч. Горячий на северной окраине полуострова. На прогретых почвах в районе р. Горячий встречались фимбристилис охотский, полевница шероховатая, сушеница топяная, пальчатокоренник остистый, ирис щетинистый, бодяк камчатский, крестовник конопелистный, герань волосистоцветковая, полынь, шеломайник, волжанка двудомная, сурепка пряморогая и др.

К зонам первоочередного заселения относятся также пролювиальные конуса выноса временных водотоков, размывающих склон прилегающей к полуострову возвышенности. Большая часть вновь образованного элемента рельефа представляет собой вулканогенную пустыню с редкими единичными пионерными растениями.

Небольшой вклад в биологическую продуктивность вулканического ландшафта вносят — биофилы, поступающие со свежим растительным опадом. Возможно, определённую роль играют компоненты, поставляемые грунтовыми, поверхностными водами и осадками из атмосферы. Пеплы, регулярно поступающие на поверхность в результате продолжающихся извержений вулкана Карымский, являются здесь преобладающим фактором, влияющим на формирование всех компонентов природной среды [4, 5].

Безусловно, повышение биопродуктивности после вулканических извержений связано с привнесением дополнительных элементов питания минерального происхождения. Ещё в середине прошлого столетия специальные исследования вулканических пеплов Камчатки обнаружили высокие содержания водорастворимых форм катионов и анионов, заимствованных из газовой фазы. [8] Есть множество различных свидетельств о связанных с этим благоприятных свойствах свежего пирокластического вещества, как источника дополнительного минерального питания для живого (биоты). Есть мнение, что в ордовикский период палеозойской эры на первичном этапе освоения суши низкими растениями, до образования палеопочв, роль питающего субстрата для живого играли вулканические пеплы [3, 11, 12, 14].

О высокой биопродуктивности почв, развитых (преимущественно в условиях теплого климата)

вблизи действующих вулканов, издавна и широко известно. Во многих странах (Индонезия, Мексика, США (Гавайские острова), Италия, Япония) территории вблизи активных вулканов, несмотря на повышенную опасность от вулканической деятельности, густо заселены именно за счёт высокого плодородия вулканических почв [4, 5].

Наряду с постоянным привнесением в почвы окрестностей активных вулканов дополнительных элементов питания минерального происхождения, высокое плодородие вулканических почв (преимущественно в тёплых странах) обязано специфическому процессу преобразования (выветривания) вулканических пеплов при вулканическом почвообразовании. В результате последнего происходит интенсивное освоение аморфных форм Al, Fe и Si и образование специфических глинистых минералов (главным образом аллофанов), способствующих накоплению гумуса [4, 14].

На Камчатке постоянное влияние современного вулканизма испытывают почвы вблизи активных вулканов северной группы (Толбачик, Ключевской, Шивелуч, Безымянный). Исследования в окрестностях этих вулканов, показали, что в почвах наблюдаются превышения содержаний большого спектра химических элементов относительно регионального фона, т. е. в сравнении с почвами, сформированными в сходных природно-климатических условиях на удалении от активных вулканических центров. Для валовых (общих) содержаний элементов эти превышения составляют в среднем 1,5 раз, для концентраций их подвижных (доступных для растений) форм 2,5 раз [11].

В районе пеплопадов зимнего Трещинного Толбачинского извержения имени 50-летия ИВиС ДВО РАН, произошедшего в ноябре 2012 г., и летнего извержения вулкана Шивелуч (июнь 2013 г.) в условиях камчатского холодного гумидного климата изменения геохимического состава почв после поступления в них вулканических пеплов зависят от петрохимического состава продуктов извержений, способа и форм поступления химических элементов в почвы и метеорологических условий пеплопадов. Подавляющая часть подвижных форм элементов (90–95%) поступают в почвы при пеплопадах в газо- и водорастворённых формах непосредственно из дисперсионной среды вулканического аэрозоля.

Факт поступления ряда элементов при извержении преимущественно с вулканическим аэрозолем подтверждён исследованиями, проведёнными с помощью самолёта-лаборатории в сентябре 1975 г. при извержении Северного прорыва Толбачинского извержения. На удалении 50 и 100 км от центра извержения на высоте 4000 м были установлены концентрации аэрозоля (CO₂, SO₂ и пр.) 5–2 мг/м³, на несколько порядков превышающие фоновые значения [1].

Несмотря на совершенно очевидную постоянную опасность извержений люди с давних пор селились

в непосредственной близости от действующих вулканов, как в субтропических, так и в субполярных районах. Можно упомянуть Италию, Индонезию. На Камчатке наиболее древняя известная на Северо-Востоке нашей страны стоянка Ушковская, возраст которой 16 тыс. лет, расположена вблизи от Ключевской группы вулканов и на протяжении жизни многих поколений древних её обитателей, очевидно, неоднократно подвергалась более или менее сильным пеплопадам, и, возможно, другим неприятным явлениям, связанным с извержениями вулканов.

Вблизи действующего вулкана Ньирагонго в Африке живут самые крупные из наших ближайших родственников или «меньших братьев» — горные гориллы, описанные Дж. Шаллером, [10].

Вряд ли одно только любопытство, хотя и оно может быть уважительной причиной, побуждало «разумных существ» с древности и до наших дней селиться в местах повышенного риска. Поскольку наиболее разумные, способные быстро адаптироваться существа находятся в конце материально-пищевой цепочки, обеспечивающей их необходимыми для жизни продуктами и материалами, они стремятся туда, где больше необходимых для жизни ресурсов и часто оказываются в окрестностях действующих вулканов.

Вулканы могут не только губить жизнь, но и очень активно способствовать её возрождению, это даже послужило основой для одной из гипотез о возникновении жизни, под влиянием вулканической деятельности, выдвинутой известным писателем-вулканологом Е. К. Мархининым. [14]. Причин высокой продуктивности вулканов несколько. Большая часть вещества извергается в тонкодисперсном состоянии, имеет большую удельную поверхность и потому способна очень быстро усваиваться простейшими организмами, преобразовываться в органическое вещество и совершенствоваться далее (вплоть до млекопитающих). Вулканы извергают большое количество активных воднорастворимых веществ, преимущественно соединений серы, хлора, фтора, часть из которых может сразу включаться в образование питательной среды для растений и животных. Изверженные вулканами вещества, шлаки и пеплы создают макро — и микроструктуру почв, наиболее благоприятную для многих видов растительности. На примере пемз вулкана Шивелуч и шлаков Толбачинского дола прослеживается образование более или менее концентрических по отношению к центрам извержения зон, обладающих хорошей водопроницаемостью и одновременно способных удерживать часть воды в мелких порах и пустотах [2]. Возможно, именно такой режим водного питания оптимален для наиболее ценного камчатского дерева — лиственницы. Микро — и макроструктура вулканических пород может весьма существенно влиять на промерзание пород. Так, у северного подножья Ключевского

вулкана нижняя граница многолетнемёрзлых толщ располагается выше 1200 м, а у южного подножья Толбачинских вулканов на расстоянии 30–40 км опускается до 800 м, что, по данным наших исследований, объясняется различной микроструктурой шлаков. В первом случае шлаки массивные имеют сравнительно ровную поверхность и крупные поры, через которые вода свободно просачивается. Во втором случае шлаки имеют ажурную микроструктуру, способны удерживать воду, и это является одним из необходимых условий для образования многолетнемёрзлых пород криолитозоны. [2]. Некоторые типы застывших лавовых потоков, в особенности потоки с волнистой поверхностью, создают благоприятные условия для жизни мелких и средних животных: мышей, сусликов, сурков, использующих природные полости и легко поддающийся землеройным работам материал. Природные полости в лавах широко используют для берлог медведи, поднимающиеся осенью на склоны вулканов. Возможно, такие укрытия использовались и первобытными людьми [5].

Хотя положительный эффект активной вулканической деятельности проявляется значительно медленнее отрицательного, иногда его можно увидеть сравнительно быстро. Так, всего через 2–3 года после катастрофического извержения вулкана Безымянного вслед за увеличением концентрации планктона после сильного пеплопада в нерестовом озере Азабачьем стало резко увеличиваться количество лосося, достигшее максимума через 7–10 лет, то есть за 2–3 поколения нерестящихся и затем вырастающих из икринки до малька лососей. Заметное увеличение заходящего на нерест лосося наблюдалось в крупнейшем нерестовом озере Курильском после извержений и пеплопадов вулканов Алаид и Горелый. Это послужило предпосылкой для фертилизации — искусственного удобрения с самолётов нерестовых озёр, успешно применявшегося на Камчатке с тех пор [5, 13].

Известны также весьма заметные увеличения урожаев картофеля и других сельскохозяйственных культур после пеплопада от извержения вулкана Шивелуч в 1964 г. Особенно заметные изменения ландшафта произошли во время и после Толбачинского извержения. Новый рельеф, образованный изверженными породами, был на большей части площади пологий с плавными очертаниями, поскольку лавовые потоки были преимущественно жидкими и на большей части их распространения заполняли всевозможные понижения и выравнивали рельеф, пирокластика — шлаки и пеплы довершали выравнивание.

Довольно быстро, уже через 4–6 лет на совершенно безжизненных подножиях свежих шлаково-лавовых конусов появилась пионерная растительность: иван-чай, полярный мак, карликовая ива, камнеломка. На прогретых участках около кратера конуса Южного прорыва через 1–2 года после

извержения появился налет зелёного лишайника. Через восемь лет после окончания извержения в непосредственной близости от Южного прорыва, за 400–600 метров, возродились совершенно засохшие с виду лишайники. Появились и молодые лишайники, одна из них выросла у подножия конуса Южного прорыва на шлако-лавовой толще извержения 1975–76 гг.; в 1984 г. её высота достигла 1 метра. В окрестностях Толбачинского извержения, особенно в зоне распространения субщелочных глинозёмистых пород Южного прорыва, в последующие десятилетия начался бурный рост деревьев и кустарников. Среди кустарников широко распространилась малина, раньше встречавшаяся редко вблизи пересыхающих ручьёв, жимолость и шиповник, также встречавшиеся до извержения значительно реже. Местами у влажных подножий вулканических конусов и лавовых потоков появились густые заросли осоки. Из деревьев широко распространился тополь, до извержения встречавшийся лишь в небольших рощах около озёр и холодных водных источников в 7–10 км от места будущего Южного прорыва, и лишайники, занявшая засыпанные шлаком и пеплом участки тундры и кекурника среди старых лавовых потоков, покрытых местами редкой травянистой и кустарниковой растительностью. Следует отметить также большие урожаи ягод: брусники, жимолости, красной смородины в окрестностях Толбачинского извержения 1975–76 гг. и извержения Шивелуча 1964 г.

Освоение района извержения животными началось, видимо, с насекомых, привлечённых поствулканическими новообразованиями и теплом. За насекомыми последовали грызуны, прежде всего мыши и мелкие насекомоядные птицы. Мелкие птицы привлекли мелких ястребов, взявших «семейные наделы» и бдительно охраняющих «свои территории». Возгоны (предположительно, хлориды и сульфаты) привлекли редких в этих краях крупных копытных, которые учуяли эти дары природы и «не прошли мимо» [4, 5].

Таким образом, суммарный результативный эффект вулканических извержений на многие виды растений и животных положителен. Действие положительного эффекта охватывает гораздо большие площади и на много порядков дольше, чем локальное и относительно короткое время действия отрицательного. Приблизительно такая же аналогия возникает при всестороннем рассмотрении селей и лахаров, которые в момент движения могут вызывать крупные разрушения и повлечь гибель людей, как это было, например, в Колумбии в 1985 г., когда небольшое извержение вулкана эл-Руис спровоцировало мощный лахар, прошедший 90 км и уничтоживший крупное селение Армеро. В общих чертах механизм действия селя или лахара сходен с взрывным извержением. Крупный материал остаётся в большинстве своём у подножия склона, где

возник лахар или селя, и лишь средний и особенно мелкий, донный подхватывается водными потоками и, благодаря большой удельной поверхности, уносится на большие расстояния — десятки и сотни километров. Отлагаясь на сравнительно больших площадях, этот донный материал быстро осваивается растительностью, как и пепел вулканических извержений. [5, 9, 7] Так обычно у подножий горных гряд и в долинах рек с крутыми бортами конуса выноса выделяются среди окружающей местности более густой и развитой растительностью. Сходен механизм повышенной продуктивности заливных лугов, периодически удобряемых взвесью, приносимой весенними половодьями — паводками.

Из техногенных процессов с лахарами, селями и пеплопадами можно сравнить обработку рассыпных месторождений, в процессе которой поднимаются с глубины до первых десятков метров сотни тысяч кубометров грунта; его мелкие фракции вымываются и разносятся по долинам рек и ручьёв, что может иметь положительный экологический эффект, особенно в приполярных областях, где в связи с продолжительным холодным периодом и низкой минерализацией поверхностных вод химическое выветривание горных пород, образование почвы и освоение её растительным и животным миром идёт сравнительно медленно.

Каковы же перспективы изменения параметров окружающей среды в районе БТТИ? Преобразование рельефа будет продолжаться в двух основных направлениях. Во-первых, будет продолжаться выполаживание склонов и заполнение подвижным рыхлым материалом отрицательных форм рельефа. Во-вторых, будет продолжаться уплотнение рыхлого изверженного материала, сопровождаемое неравномерным понижением гипсометрических отметок (в местах большей мощности рыхлых отложений понижения, соответственно, будут больше). В связи с этим относительная высота скал-останцов в прикратерных зонах и на шлако-лавовых потоках будет увеличиваться. Дальнейшее захоронение снежников и наращивание криолитозоны без новых извержений в районе БТТИ маловероятно. Видимо, будет продолжаться частичное таяние криолитозоны и, соответственно, образование просянок к югу от центров извержения Северного прорыва в интервале высотных отметок 700–400 м. Поверхностные проявления объёмной активности радона будут локализоваться и уменьшаться. На глубине, в первые сотни метров, возможно образование эманулирующих коллекторов с преобладанием дочерних продуктов распада радиоактивных элементов. При образовании трещин возможно образование локализованных выходов газа с заметной величиной концентрации радона. Термоаномалии, очевидно, сохранятся ещё достаточно долго. Вероятно, они будут как бы самоизолироваться в результате образования корочки или зоны спёкшихся пород типа агглютинатов и туфобрекчий. В случаях образования водоупорных

ниш вблизи термальных зон не исключено образование термальных водных источников.

Несомненно, будет продолжаться дальнейшее развитие биоты и распространение её до прежних высотных отметок. Таким образом, шлако-лавовая пустыня района БТТИ — пока аналог ядерной зимы, с течением времени может превратиться в зелёную зону с горячими водными источниками.

Ориентировочное время такого превращения — первые сотни лет. Главные необходимые условия — отсутствие подобных БТТИ природных катастроф и возможного неграмотного техногенного вмешательства.

Характерное время образования зрелых органо-генных горизонтов почв, образующихся на свежих вулканических пеплах, установлено путём сравнения содержания гумуса в почвах, поверхностные органо-генные горизонты которых образованы в разновозрастных вулканических пеплах. Специальные исследования показали, что пеплы не токсичны для микроорганизмов, которые начинают свою деятельность сразу после извержения. [11, 12]. На свежих вулканических пеплах зрелый поверхностный органо-генный горизонт в природно-климатических условиях Камчатки формируется за период порядка 100 лет. [11].

Выводы

Экологические последствия извержений вулканов и поствулканической деятельности, а также лахаров и селей, деструктивные в первый момент, через годы, десятки и сотни лет положительны и способствуют жизнеобеспечению растительного и животного мира. Сходный положительный экологический эффект имеют и некоторые крупные техногенные перемещения грунтов, производимые, например, при отработке россыпных месторождений.

Список литературы

1. *Абрамовский Б. П., Ионов В. А., и др.* Газы и аэрозольные продукты выброса Северного прорыва Толбачинского извержения // *Вулканология и сейсмология*. 1979. № 3. С. 3–8.
2. *Андреев В. И.* Мёрзлые толщи в районе Толбачинского извержения // *Вопросы географии Камчатки*. 1982. № 8. С. 98–99.
3. *Андреев В. И., Ковалёв Г. Н.* Кристаллизация базальтовых стёкол (пирокластические материалы Толбачинского извержения 1975–1976 гг.) // *Вулканология и сейсмология* 1981. № 1. С. 37–51.
4. *Андреев В. И., Карпов Г. А., Магуськин М. А. и др.* О влиянии извержений в кальдере Академии Наук и вулкана Карымский 1996–2000 гг. на окружающую среду (Рельеф, водоёмы, растительность) // *Краунц* 2003. № 1. С. 61–73.
5. *Андреев В. И., Андреев А. В., Самкова Т. Ю., и др.* Влияние Большого трещинного Толбачинского извержения (БТТИ) 1975–1976 гг. на некоторые параметры окружающей среды в течение 30 лет // *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2007. № 8. С. 163–176.
6. *Андреев В. И.* Распределение естественных радиоактивных элементов в твёрдых вулканитах и радио-генных газах из вулканов и гидротерм Камчатки и Курил // *КамГУ им. Витуса Беринга. Петропавловск-Камчатский*. 2013. 158 с.
7. *Ашинов М. И.* Приёмы повышения качества посадочного материала плодовых культур при использовании органо-минеральных субстратов. Дис. канд. с. наук. Краснодар. 2013. 180 с.
8. *Башарина Л. А.* Водные вытяжки пепла и газы пепловой тучи вулкана Безымянного // *Бюл. вулканол. станции*. 1958. № 27. С. 47–68.
9. *Гуценко И. И.* Пеплы Северной Камчатки и условия их образования М.: Наука, 1965. 144 с.
10. *Шаллер Дж.* Год под знаком гориллы М.: Мир. 2012 151 с.
11. *Захарихина Л. В., Литвиненко Ю. С.* Генетические и геохимические особенности почв Камчатки. М.: Наука, 2011 г. 245 с.
12. *Кузьякина Т. И.* Экология и геохимическая деятельность микроорганизмов на активных вулканах и гидротермах. Дальнаука. 2004. 250 с.
13. *Куренков И. И.* Изменение биологической продуктивности озера под влиянием вулканического пеплопада. Новосибирск. «Наука». 1975. С. 127–130
14. *Мархинин Е. К.* Вулканы и жизнь М.: Мысль, 1980. 194 с