

УДК 069.015:551.21 + 581.55 + 597.552.51 (571.66)

ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННОГО 1956 ГОДА И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА БИОТУ

К.А. Скрипко¹

На стенде «Вулканы и Жизнь», находящемся в зале «Магматизм» на 28 этаже Учебно-научного Музея землеведения МГУ, показаны как разрушительная деятельность вулканов, так и благотворное воздействие вулканических извержений и их продуктов на живые организмы. В этой статье рассмотрено воздействие на окружающую среду одного из сильнейших извержений XX века – катастрофического эксплозивного извержения вулкана Безымянного на Камчатке, которое произошло около 60 лет назад, 30 марта 1956 г.

Ключевые слова: университетский естественнонаучный музей, экспозиция, Камчатка, извержение вулкана, направленный взрыв, вулканический пепел, тейфра, окружающая среда.

BEZYMIANNY VOLCANO ERUPTION OF MARCH 30, 1956: A BIOTIC IMPACT

K.A. Scripko

Lomonosov Moscow State University (the Earth Science Museum)

Destructive activity of volcanoes and the beneficial effects of volcanic eruptions and their products on living organisms are considered at the stand «Volcanoes and Life» located in the hall «Magmatism» on the 28th floor of the Earth Sciences Museum of Moscow State University. This article discusses the impact on the environments of Bezymianny volcano catastrophic eruption (March 30, 1956), one of the strongest eruptions in the twentieth century.

Keywords: University museum, museum exhibition, Kamchatka, volcanic eruption, direct blast, tephra, soils, impact on vegetation, impact on diatoms, impact on salmon fishes.

Введение. Разрушительная деятельность вулканических извержений у всех на слуху: гибель тысяч людей и животных, тысячи гектаров леса, уничтоженные лавовыми и пирокластическими потоками, города и посёлки, погребённые раскалённым пеплом и лавой... Ярким примером разрушительной деятельности вулканов является катастрофическое извержение вулкана Сент-Хеленс в Каскадных горах, на северо-западе США 18 мая 1980 г. Несмотря на своевременное оповещение и принятые меры по эвакуации туристов и жителей из опасной зоны, во время этого извержения погибло 57 человек. Площадь в 600 км², покрытая лесом, выгорела до состояния лунного ландшафта, в одно мгновение было уничтожено 18 млн деревьев. Погибло около 5000 чернохвостых оленей, 200 медведей, 1500 лосей, многие тысячи птиц и мелких млекопитающих. В озере Спирит-Лейк, расположенном у подножия вулкана, температура воды в результате схода раскалённой лавины поднялась до 100°C, вода закипела, и всё живое в нём погибло. Вулкан разрушил 200 домов, 47 мостов, 30 км железнодорожного полотна и около 300 км автомобильных дорог [23].

Меньше знают о существенной роли продуктов извержения в формировании почв, о влиянии их на динамику растительного покрова, о продуктах вулканических

¹ Константин Андреевич Скрипко – н.с. Музея землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова, kscripko@mail.ru.

извержений как источниках химических элементов, необходимых для жизнедеятельности организмов.

В данной статье рассмотрены ход извержения вулкана Безымянного в 1955–56 гг. и воздействие его на биоту Камчатки (как разрушительное, так и благотворное). Информация о благотворном влиянии продуктов извержения вулкана Безымянного на лесные и рыбные ресурсы Камчатки размещена на стенде «Вулканы и Жизнь» без дополнительных пояснений, и автор надеется, что приводимые здесь сведения об извержении Безымянного и его последствиях будут полезны как экскурсоводам и преподавателям, проводящим экскурсии и занятия в музее с использованием экспозиционного комплекса «Вулканы», так и всем, кто интересуется вопросами воздействия извержений вулканов на окружающую среду.

Вулкан Безымянный и его извержение в 1955–56 гг. Вулкан Безымянный расположен в центральной части Ключевской группы вулканов, к ЮЮЗ от вершины вулкана Ключевского. Его ближайшим соседом является потухший вулкан Камень (рис. 1). Окружённый вулканами-гигантами (Ключевским, Камнем, Острым и Плоским Толбачиками) Безымянный до самого начала его активности в 1955 г. оставался незаметным и малоизвестным даже местным жителям. Вероятно, поэтому горный инженер С.А. Конради, участник Камчатской экспедиции Императорского Русского географического общества, осуществлённой в 1908–10 гг. на деньги Ф.П. Рябушинского, и назвал его Безымянным [8].



Рис. 1. Ключевская группа вулканов. Слева направо: Безымянный, Камень, Ключевской. Фото А.Б. Белоусова.

Новый цикл активности вулкана Безымянного, продолжающийся до сих пор, начался 22 октября 1955 г., после почти тысячелетнего периода покоя [6].

Первый этап активности этого вулкана (1955–56 гг.) Г.С. Горшков [10] делит на пять стадий: (1) доэруптивная стадия – с 29 сентября по 22 октября 1955 г., от первого

зафиксированного землетрясения, связанного с подъёмом магмы к поверхности, до начала эксплозивного извержения; (2) стадия сильного извержения вулканского типа² с частыми взрывами и выбросом больших масс пепла – с 22 октября до конца ноября 1955 г.; (3) стадия умеренной эксплозивной деятельности и деформации конуса вулкана – с конца ноября 1955 г. до 29 марта 1956 г.; (4) пароксизмальный взрыв 30 марта 1956 г.; (5) стадия непрерывного роста экструзивного лавового купола в новом кратере – с начала апреля до начала июля³ 1956 г.

Кульминационное извержение вулкана Безымянного, которое произошло 30 марта 1956 г., как и извержение вулкана Сент-Хеленс 18 мая 1980 г., входит в десятку сильнейших вулканических извержений XX в. Извержение 30 марта 1956 г. включало гигантский взрыв, вызвавший разрушение вершины и обрушение восточного склона вулкана с образованием обломочной лавины направленного взрыва, и плингианскую активность с выбросом ювенильной пирокластики (тефры⁴ и пирокластических потоков).

Началу извержения вулкана Безымянного предшествовал рой землетрясений. Общее количество их до начала извержения составило 1285 [6]. Число землетрясений в сутки и их энергия росли день ото дня. Первый толчок был отмечен 29 сентября 1955 г. в 19 час. 39 мин. Смещение почвы на сейсмостанции в пос. Ключи составило 11 мк (0,011 мм). Затем со 2 по 5 октября регистрировалось по одному землетрясению в сутки, 6 октября их было четыре, 7 октября – пять, 8 октября число их превысило 10. Энергия землетрясений в этот период не превышала 10^{16} – 10^{17} эрг (10^9 – 10^{10} Дж). Начиная с 9 октября землетрясения происходили сначала десятками в сутки, а к 20 октября число их перевалило за 200. 11 октября смещение почвы в Ключах превысило 100 мк. Энергия возросла до 10^{18} эрг. 11 октября впервые были определены координаты эпицентра – район вулкана Безымянного – и глубина (порядка 50 км).

После 18 октября энергия отдельных землетрясений достигла значений порядка 10^{19} эрг, появились толчки с амплитудой 1000 мк и более [8, 11]. Характер этого роя землетрясений указывал на постепенный подъём магматического расплава, прокладывающего себе путь к поверхности. Эпицентры землетрясений ложились в район вулкана Безымянного. Это позволяло с большой долей уверенности ожидать извержение именно этого вулкана. Однако никто не связывал рост сейсмической активности с возможным пробуждением вулкана Безымянного, так как он считался потухшим [8, 6]. Предполагали, что, скорее всего, прорвётся новый побочный кратер на южном подножье Ключевского вулкана [11].

Извержение началось около 6 часов утра 22 октября с выброса белого газового облака, вслед за которым над кратером поднялся столб газов с пеплом. В течение последующего месяца происходили частые сильные взрывы вулканского типа, которые сопровождалось обильными пеплопадами в радиусе до 100 км. Столб газов с пеплом поднимался на высоту 1–2 км, при сильных взрывах – на 6,5–7,5 км. В начале извержения кратер Безымянного достигал 300 м в поперечнике. В результате взрывов он расширился до 600–700 м и захватил всю вершину [7].

² Извержение вулканского типа (названо по острову Вулькано в группе Липарских островов) – извержение вулкана с вязкой лавой, обычно андезитового состава. Характерны сильные взрывы с образованием и выбросом больших масс пепла и излияние коротких вязких лавовых потоков глыбового типа.

³ В июле 1956 г. рост купола резко замедлился и затем стал происходить не непрерывно, а как бы слабыми короткими «толчками», которые были разделены длительными промежутками покоя [10].

⁴ Термин «тефра» применяют для обозначения пирокластического материала любого размера (вулканического пепла, песка, лапилли), переносимого по воздуху, в эруптивном облаке.

В декабре 1955 г. и в начале 1956 г. эксплозивная активность вулкана снизилась, взрывы стали слабее и реже, но были отмечены подъём старого лавового купола в юго-восточной части постройки вулкана, который происходил под давлением внедряющейся вязкой магмы, деформация и расширение вершинной части постройки вулкана и увеличение крутизны конуса с 30° до 35° . В январе 1956 г. началось выжимание свежей вязкой лавы. Рост этой внутрикратерной экструзии, вместе с продолжающимся подъёмом древнего купола, сопровождался вертикальными взрывами вулканского типа и раскалёнными лавинами, скатывающимися по склону. 9 февраля одна из таких лавин, по наблюдению Н.К. Классова, прошла путь до подножья вулкана за 50 сек. Скорость её составляла приблизительно 50–60 м/сек. (около 200 км/час) при крутизне склона 35° [11].

В пос. Ключи, приблизительно в 43 км от вулкана, за период с 22 октября 1955 г. по 29 марта 1956 г. выпало 25 мм пепла (16 кг/м^2) [22]. Общее количество пепла, выброшенного вулканом на докульминационной стадии, составило не менее $0,4\text{--}0,5 \text{ км}^3$ [5, 11].

В последнюю неделю февраля и в марте число землетрясений уменьшилось с 200–400 до 40–50 в сутки. При этом с конца февраля наметилось уменьшение и энергии землетрясений. В марте максимальная энергия толчков не превышала 10^{18} эрг [10].

30 марта 1956 г. неожиданно, на фоне ослабления вулканической и сейсмической активности, произошло катастрофическое извержение, сходное с извержением Везувия 24 августа 79 года н.э., описанным Плинием Младшим. Гигантский взрыв в мгновение уничтожил вершину вулкана и юго-восточную часть постройки⁵ и совершенно изменил облик вулкана и рельеф окружающей местности. Высота вулкана уменьшилась почти на 200 м, с 3075 до 2886 м, а юго-восточная часть постройки была разрушена почти до основания конуса. В этой части постройки вулкана был уничтожен и старый лавовый купол. Вулкан Безымянный из почти правильного, слегка усечённого конуса, каким он был до извержения, превратился в подковообразную кальдеру с кратером размером $1,3 \cdot 2,8$ км и глубиной 700 м, открытым к юго-востоку. Обломки пород, слагавших постройку вулкана, были выброшены направленным взрывом в восточном направлении и отложились в пределах узкого сектора подножья вулкана, покрыв площадь 60 км^2 [5]. Объём их составил около $\frac{3}{4} \text{ км}^3$, что соответствует объёму образовавшегося кратера, масса (при плотности 2,4) оценивается в $1,8 \cdot 10^9$ т, начальная скорость выброса обломков⁶ достигала 360–600 м/с, кинетическая энергия составила $1,2 \cdot 10^{17}$ Дж [5, 6, 11].

В статье Г.Е. Богоявленской и др. [4] эти отложения были названы агломератом направленного взрыва. А.Б. и М.Г. Белоусовы [2, 3], вслед за исследователями катастрофического взрыва вулкана Сент-Хеленс, называют их отложениями обломочной лавины.

Сразу за взрывом, разрушившим постройку, из образовавшегося кратера в юго-восточном направлении под углом около 30° к горизонту вырвалась веерообраз-

⁵ Довольно сильное вулканическое землетрясение, которое произошло 30 марта, очевидно, соответствует началу кульминационного взрыва и разрушения постройки вулкана. Энергия землетрясения – $2 \cdot 10^{19}$ эрг [11]. Время в его очаге – 17 час. 11 мин. 05 сек. местного времени – хорошо согласуется со временем, определённым по скорости распространения воздушной ударной волны, записанной барографами всех метеостанций в радиусе по крайней мере 1000 км. В Ключах скачок давления составил 23,5 мб [9, 11]. Энергия воздушной волны взрыва оценена в $10^{21}\text{--}10^{22}$ эрг [11].

⁶ Начальная скорость разлёта обломков при взрыве больше скорости распространения звука в воздухе (331 м/с).

ная струя раскалённого ювенильного материала – пепла, песка и газов – «палаящая туча». Область, покрытая этими отложениями, имеет форму овала шириной 25 км и длиной 30–32 км (рис. 2). Толщина большей части этого пирокластического покрова – 30–40 см, к краям она уменьшается до 1–2 см, площадь покрова – около 500 км², объём – не менее 0,15–0,2 км³ [11].

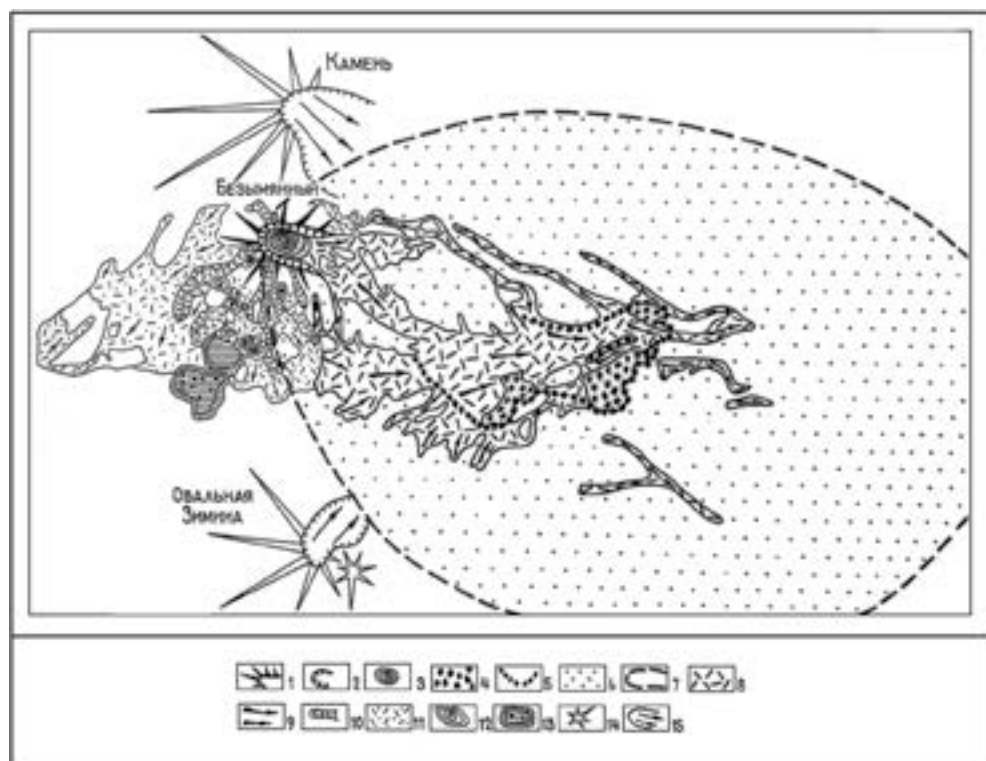


Рис. 2. Схематическая карта вулканических образований извержения вулкана Безымянного в 1955–1956 гг. [5]: 1 – постройка вулкана Безымянного; 2 – кратер 1956 г.; 3 – внутрикратерная экструзия; 4 – агломерат направленного взрыва (отложения обломочной лавины); 5 – зона агломерата направленного взрыва; 6 – песок направленного взрыва (отложения «палаящая туча»); 7 – граница зоны отложений направленного взрыва; 8 – пирокластические потоки; 9 – направление движения пирокластических потоков; 10–13 – вулканические образования более древнего цикла: 10 – лавовые потоки; 11 – пирокластические потоки; 12 и 13 – экструзивные куполы; 14 – вулканические постройки вулканов Камень и Овальная Зимица.

Одновременно через образовавшуюся брешь хлынули потоки агломерата – смеси раскалённых газов, песка и разного размера обломков лав ювенильных роговообманковых андезитов. Эта двухфазная смесь раскалённых газов и пирокластического материала была очень подвижной, и на крутых участках склона материал этих потоков не отложился. Скатившись вниз по склону, эти пирокластические потоки распространились несколькими рукавами [11] на площади более 30 км² и заполнили долины рек у подножия вулкана. Самый длинный из рукавов, в долине р. Сухой Хапицы, остановился на расстоянии 18 км от кратера. Мощность отложений потока в краевой части основного русла достигала 16–20 м, максимальная видимая мощность пирокластиче-

ского потока (в верховьях Сухой Хапицы) – 60–65 м. Общий объём пирокластических потоков этого извержения, по разным оценкам [6, 11], – от 0,7–0,8 км³ до 1 км³.

После катастрофического взрыва 30 марта 1956 г. рельеф у юго-восточного подножья Безымянного неузнаваемо изменился. Сильно расчленённая территория, с моренными холмами и грядами и с многочисленными долинами рек и временных водотоков, превратилась в слабо наклонённую к востоку равнину. Все неровности были погребены под многометровым покровом обломков старой постройки вулкана (отложениями обломочной лавины) и потоками рыхлого агломерата.

Вслед за формированием отложений направленного взрыва и одновременно с извержением на склоны вулкана масс раскалённого материала в виде отложений «паллящей тучи» и пирокластических потоков, вверх над кратером вулкана поднялась гигантская, нагруженная пеплом туча, достигшая высоты 35–45 км [11] и перемещаемая ветром на северо-восток. К северо-востоку от вулкана, в полосе шириной около 50 км и на расстоянии свыше 400 км, вплоть до восточного побережья полуострова, наблюдался интенсивный пеплопад.

Начальник Камчатской вулканологической станции Г.С. Горшков, находившийся в это время в пос. Ключи, в 42,5 км к северу от вулкана и наблюдавший это событие, так описывает свои впечатления об этой пепловой туче и последовавшем пеплопаде: *«Туча сильно клубилась и быстро меняла свои очертания... Она казалась очень плотной и почти осязаемо тяжёлой... Около 17 час. 40 мин., когда туча уже прошла область зенита, начался пеплопад..., а к 18 час. 20 мин. наступила такая непроницаемая тьма, что нельзя было видеть собственную руку, даже поднеся её к самому лицу. Возвращавшиеся после работы жители блуждали по посёлку в поисках своих домов... Оглушительно грохотали непрерывные раскаты грома. Воздух был насыщен электричеством, самопроизвольно звонили телефоны, перегорали точки радиотрансляции, из вводов антенн радиоприёмников сыпались искры... Сильно пахло сернистым газом...»* [9, с. 64–65]. За 3,5 часа в Ключах выпал слой пепла толщиной 20 мм, или 24,5 кг/м², в полтора раза больше, чем за четыре месяца извержения, с 22 октября 1955 г.

Столь же интенсивным пеплопад был и в 80 км от Безымянного, в районе вулкана Шивелуч, где работала группа сотрудников Вулканологической станции во главе с И.И. Гуценко. Когда начался пеплопад, группа, возвращавшаяся из маршрута, находилась в долине горной речки и поднималась по склону к базовому домику. *«Но к 18 час. 50 мин. наступила такая чернильная темнота, что пришлось кое-как ставить палатку, не дойдя 300 м до базового домика. Кругом стоял лес, но натянуть палатку пришлось на лыжах, так как не было возможности отойти от нарт даже на пару шагов... Как и в Ключах, непрерывно грохотал гром. К 03 часам 31 марта мела рассеялась, на снегу лежал слой пепла в 2 см (или 22,3 кг/м²)»* [11, с. 42].

А в окрестностях вулкана толщина слоя пепла составляла десятки сантиметров. Участники экспедиции, работавшие на вулкане Безымянном в апреле, передвигались почти по колено в пепле [18]. Объём пепла, выпавшего из эруптивной тучи, оценён в 0,4 км³ [11].

Общий объём раскалённого рыхлого материала (пепла, песка, агломератовых потоков), извергнутого Безымянным 30 марта 1956 г., составил около 1,8 км³ [22]. Тепловая энергия этого материала оценена Г.С. Горшковым в 3,6·10²⁵ эрг [9]. Таким образом, тепловая энергия извергнутого материала была в 30 раз больше, чем энергия мощнейшего кульминационного взрыва, разрушившего постройку вулкана, и более чем на три порядка превосходила энергию воздушной ударной волны, сопровождавшей этот взрыв.

Тонкий пепел, вынесенный вулканом в стратосферу, был подхвачен струйными течениями и быстро распространился вокруг Земного шара. 1–2 апреля пепел в стратосфере был замечен на Аляске и над Северным полюсом, 3–4 апреля на высоте 15 км над Британскими островами. В Лондоне наблюдались необычные по красоте закаты солнца [11, 14].

После извержения 30 марта было вновь отмечено уменьшение числа сейсмических толчков и их энергии. В первой половине апреля число толчков составляло 10–12 в сутки. Энергия максимальных по силе толчков в апреле имела порядок 10^{17} эрг, в мае – 10^{16} эрг. С 9 июня отмечались только единичные толчки с энергией порядка 10^{14} эрг [10].

С апреля 1956 г. во вновь образованном кратере началось формирование внутрикратерной экструзии – лавового купола, достигшего к июлю 1956 г. высоты 320 м; диаметр основания составлял 600–650 м. Периодически выжимание вязкой лавы происходило и в последующие годы. К лету 1963 г. экструзивный купол был уже высотой 470 м, его основание имело форму эллипса размером $1,25 \cdot 1,8$ км, объём достигал ок. $0,35$ км³. Рост лавового купола сопровождался эксплозиями с выбросом тefры (рис. 3), а также сходом раскалённых лавин и образованием небольших пирокластических потоков [11].



Рис. 3. Эксплозивное извержение вулкана Безымянного, 2005 г.
На переднем плане справа – вулкан Ключевской. Фото Ю.В. Демянчука.

В ходе катастрофического извержения 30 марта 1956 года была полностью уничтожена древесная растительность на юго-восточном склоне и у подножья вулкана Безымянного на расстоянии до 25–32 км от кратера.

Воздействие извержения вулкана на растительность. Уничтожение древесной растительности в окрестностях вулкана было обусловлено воздействием воздушной ударной волны, обломочной лавины, пирокластических потоков, «палящей тучи», а также грязевых потоков, образовавшихся при бурном таянии снега.

Воздушная ударная волна от взрыва сломала, повалила деревья диаметром 25–30 см на расстоянии до 25 км от вулкана. Базовый домик вулканологов, находившийся в 12 км от вулкана, был буквально сметён ударной волной.

В пределах поля отложений обломков разрушенной взрывом части вулканического конуса – агломерата направленного взрыва (или обломочной лавины, по [2]) и речных долин, заполненных потоками раскалённого пирокластического материала, деревья и кустарники были погребены под многометровой толщей этих пород.

За пределами этого поля раскалённые пепел и песок, с колоссальной скоростью вырвавшиеся из кратера сразу после образования обломочной лавины, подобно струе гигантского пескоструйного аппарата, ободрали кору оставшихся стоять, не поломанных воздушной ударной волной деревьев и кустарников и обуглили их стволы со стороны, обращённой к вулкану. При этом сухостойные деревья возгорались.

Раскалённый материал этой «палящей тучи», отложившийся на площади около 500 км², и мощные пирокластические потоки, заполнившие долины рек, вызвали дружное таяние снега. Талые воды, смешавшись с пеплом и камнями, образовали бурные грязевые потоки (лахары), которые устремились вниз по горным долинам и склонам, уничтожая на своём пути деревья и кустарники. О страшной разрушительной силе движущегося грязевого потока можно было судить по переломанным, расщеплённым и буквально измочаленным концам стволов каменных берёз и тополей, достигающих толщины более метра [18]. Эта смесь талых вод, вулканического пепла и обломков пород обладала высокой подвижностью и скоростью в десятки километров в час. При этом она имела настолько высокую плотность и вязкость, что могла перемещать не только стволы деревьев, но и ледниковые валуны и блоки магматических пород объёмом в десятки кубических метров и весом в сотни тонн [11]. Грязевые потоки распространились на расстояние до 90 км от вулкана, до долины реки Камчатки. Перед впадением в Камчатку слившиеся грязевые потоки достигли почти шестикилометровой ширины.

Разрушительное воздействие пеплопадов на растительность обусловлено термическим, механическим и, в меньшей степени, химическим воздействием вулканокластов. В ближайших окрестностях извергающегося вулкана, где тефра сохраняет высокую температуру, частые и обильные пеплопады могут полностью уничтожить растительность на большой площади. Наиболее активные, часто извергающиеся вулканы окружены безжизненным пространством, покрытым толщей вулканических пеплов и шлаков. Эти пустынные пространства окружены зоной умеренных пеплопадов. Здесь наблюдаются угнетённые леса с разреженной травянистой растительностью и обычно лишённые кустарникового яруса [21].

А.П. Кораблёвым [17] при изучении территории, затронутой Большим трещинным Толбачинским извержением (БТТИ) 1975–76 гг., были получены количественные данные, позволяющие судить о степени устойчивости отдельных видов деревьев к шлако-пеплопадам. Наименее устойчивыми оказались кедровый стланик (*Pinus pumila*) и береза каменная (*Betula Ermanii*), гибель которых наблюдалась при 30–35 см выпавшей тефры. Так же чувствительна к пеплопадам ель аянская (*Picea ajanensis*), но в отдельных случаях она может выживать и при мощности пеплово-шлакового чехла в 40 см. Более устойчивы к засыпанию шлаком и пеплом лиственница Каяндера (*Larix Cajanderi*) и ольховый стланик (*Alnus fruticosa*), которые выживают при мощности тефры в 60 см. Наиболее устойчивым оказался тополь душистый (*Populus suaveolens*), который может выдерживать погребение даже 85-сантиметровым слоем тефры.

В то же время вдали от вулканов пеплопады не только не оказывают угнетающего воздействия на растительность, но, напротив, химические элементы, выщелоченные из пепла, ускоряют рост растений и способствуют повышению урожайности. Так, В.А. Шамшин указывает, что в 1956–60 гг., после извержения вулкана Безымянного, наблюдалось увеличение прироста древесины лиственницы в 1,5 раза по сравнению с предшествующими тремя десятилетиями, а Е.К. Мархинин сообщает, что в пос. Ключи и в других местах Камчатки, где выпал пепел, в 1956 и в последующие годы были необычно высокие урожаи овощей [20].

Свежие вулканические пеплы обогащены подвижными формами большинства микроэлементов, необходимых растениям, и в условиях замедленной трансформации органического вещества пеплы являются основным источником микроэлементов [16]. Эти микроэлементы сорбируются в пеплово-газовой туче на поверхности частиц вулканического пепла, затем вымываются из пеплов атмосферными осадками и, переходя в почву, усваиваются растениями.

Процессы формирования адсорбционных плёнок на поверхности частиц пепла и последующей десорбции в виде растворимых в воде соединений рассмотрены в работах И.И. Гущенко [12, 13]. При дроблении вулканических пород взрывом на поверхности частиц вулканического стекла и минералов-силикатов в доли секунды образуется коллоидная плёнка кремниевой кислоты толщиной 10–14 Å (от 1 до 1,4 нм). Эта плёнка интенсивно сорбирует полярные молекулы (H_2O , HCl , SO_2 , H_2SO_3 , CO_2 и др.), а также ионы и коллоидные частицы. Толщина адсорбированного слоя может достигать 500 Å [12, 13].

Анализ водных вытяжек из пеплов вулкана Безымянного, выполненный Л.А. Башариной [1] и И.И. Товаровой [22], показал, что общая масса веществ, адсорбированных на поверхности частиц вулканического пепла и затем извлекаемых из них в виде легкорастворимых в воде соединений, может достигать 2% веса пепла. Свыше $\frac{2}{3}$ массы этих веществ составляют сульфат- и хлорид-ионы.

Сравнение составов водных вытяжек из пеплов, отобранных на разных этапах извержения вулкана Безымянного, показал, что общая минерализация водных вытяжек и содержания в них отдельных ионов зависят от типа извержения и интенсивности эксплозий, а также от гранулометрического состава пепла [13].

Общая минерализация водных вытяжек из образцов пепла возрастает с увеличением удельной поверхности частиц, которая зависит от их размера. Удельная поверхность 1 г вулканического пепла вулкана Безымянного, в зависимости от гранулометрического состава, по оценкам И.И. Гущенко [13], составляла от 7,4 до 13,2 dm^2 .

В связи с этим суммарная поверхность пепловых частиц, извергнутых вулканом, огромна и иногда может составлять миллионы кв. км. Например, суммарная площадь поверхности частиц пепла, выпавшего из тучи кульминационного взрыва 30 марта 1956 г., при объёме пепла 0,4 km^3 , объёмном весе рыхлого материала 1,8 t/m^3 и удельной поверхности 10 dm^2/g , оценивается в 7,2 млн km^2 .

Столь же огромна и масса химических веществ, сорбированных пеплами. И.И. Товарова [22] оценила, что за пять месяцев активности, с 22 октября 1955 г. до 29 марта 1956 г., вулкан Безымянный вместе с рыхлым пирокластическим материалом извергнул в виде легко растворимых в воде соединений 450 тыс. т аммонийного азота, 88 – калия, 36 – магния и 35 тыс. т кальция.

Процесс преобразования вулканического пепла в почву начинается с быстрого вымывания водорастворимых веществ, сорбированных на поверхности частиц пепла. Затем происходит выветривание частиц стекла и минералов в следующем порядке:

вулканическое стекло основного состава, плагиоклазы, пироксены, роговые обманки, кислое вулканическое стекло. При выветривании происходит вынос кремнезёма, щелочных и щёлочноземельных элементов и накопление полуторных оксидов алюминия и железа [21]. Более быстрому химическому выветриванию пеплов способствуют и «кислотные дожди», возникающие вследствие растворения вулканических газов в атмосферных осадках. Процессы переноса подвижных продуктов выветривания вулканических пеплов при почвообразовании и участие в них фульвокислот и гумусовых веществ были изучены Л.В. Захарихиной [15].

Воздействие пеплопадов и грязевых потоков на ихтиофауну и её кормовую базу. Грязевые потоки, вызванные бурным таянием снега, достигли долины р. Камчатки. Дополнительный объём воды, поступивший в реку с этими потоками, составил примерно 15 млн м³ [18]. Разветвлённая сеть протоков и обилие тундровых озёр на этом участке долины реки предохранили большую часть вод этой важной нерестовой реки от загрязнения взвесьями. Однако ниже «щёк», где р. Камчатка прорезает хребет Кумроч и все протоки собираются в одно русло, взвесь вулканического пепла настолько загрязнила всю воду реки ниже по течению, что даже в Усть-Камчатске, в 120 км от Безымянного, в течение целой недели речную воду нельзя было не только пить, но даже использовать для технических нужд [11].

Грязевые потоки, влившиеся в воды р. Камчатки, вызвали массовую гибель рыб. 1–5 апреля, после прохода волны паводка, жители пос. Камаки, расположенного на берегу Камчатки в 25–30 км ниже места впадения селевого потока, обнаружили у берегов много погибших рыб, жабры которых были забиты грязью. Многочисленные тундровые озёра в долине р. Камчатки, славившиеся обилием карася, были завалены грязью, пеплом и обломками древесины [18]. Но наибольший ущерб грязевые потоки нанесли нерестилищам лососёвых рыб в долинах Б. Хапицы и её притоков, Аласной и Черновской, которые также были погребены под многометровым слоем грязи и переломанных деревьев. В долине Б. Хапицы, этой богатой нерестилищами реки длиной около 100 км, безусловно погибла вся зимующая молодь основных лососёвых рыб, приходящих сюда на нерест, – красной (*Oncorhynchus nerka*) и кижуча (*O. kisutch*), при этом была уничтожена и ещё не разившаяся икра лососей, и недавно проклюнувшаяся молодь, и всё поколение лососей, нерестившихся в Б. Хапице в 1955, а частично и поколения 1954 и 1953 гг. [18].

Вблизи вулкана не только грязевые потоки, но и интенсивные пеплопады существенно повлияли на кормовую базу лососёвых и, следовательно, на их выживаемость. Пепел, накопившийся как при выпадении на поверхность водоёмов, так и в результате смыва со склонов, покрыл дно слоем в несколько см, и это не могло не сказаться на жизни донных организмов, являющихся кормовой базой рыб. Так, в оз. Долгом в 1956 г. биомасса «мотыля» – личинок комаров-хирономид – составила 4,4 г/м² против 20,4 г/м² в 1955 г. Вчетверо, с 1,2 г/м² до 0,3 г/м², уменьшилось и количество кольчатых червей-олигохет. А двусторчатые моллюски *Sphaerium corneum* (Linnaeus, 1758), имеющие очень тонкую известковую раковину, исчезли полностью. Все эти изменения в бентосной биоте И.И. Куренков [18] связывает с понижением рН в илах и в придонном слое воды, поскольку водные вытяжки из пеплов имели кислую реакцию⁷.

Массовый замор рыбы в реке Камчатке, как полагает И.И. Куренков [18], мог быть вызван не только механическим воздействием взвешенного пеплового материала, за-

⁷ Значение рН водных вытяжек из пеплов вулкана Безымянного, собранных с 27 октября 1955 г. по 30 марта 1956 г., было в пределах от 3,2 до 4,5. рН вытяжки из пепла, выпавшего 30 марта 1956 г. на территории Вулканологической станции в пос. Ключи, – 3,8 [1].

бивавшего жабры, но и химическими веществами, поступавшими в воду из пепла. Не исключена также возможность того, что обилие органического материала (измельчённой коры деревьев, торфа, отмершей тундровой растительности), принесённого в реку селевыми потоками, привело к возникновению дефицита кислорода в воде и стало ещё одной причиной гибели рыбы.

Однако в относительно удалённых от вулкана районах Камчатки элементы, выщелоченные из вулканических пеплов, напротив, благотворно повлияли на кормовую базу лососёвых рыб. В этом отношении наиболее показательны многолетние наблюдения за изменением биологической продуктивности оз. Азабачьего, одного из нерестовых озёр в приустьевой части долины р. Камчатки и в 80 км от вулкана Безымянного, проведённые И.И. Куренковым [19].

В начале трофической цепи в этом озере находится фитопланктон, представленный диатомовыми водорослями *Melosira italica*, *Sinedra ulna* и *Asterionella formosa*. Клетки диатомей защищены снаружи кремнёвым (опаловым) панцирем в виде коробочки из двух пористых створок. В связи с этим рост их численности лимитируется содержанием в воде растворённого кремнезёма, необходимого для построения скелета.

Площадь зеркала оз. Азабачьего составляет 64 км², площадь бассейна водосбора – 480 км². Во время пеплопада 30 марта 1956 г. в районе озера выпало 20 мм пепла (ок. 20 кг/м²), и после таяния снега и вскрытия озера весь этот пепел стал источником растворённого кремнезёма.

Азабачье озеро обычно освобождается ото льда в конце июня, и максимум количества диатомовых водорослей приходится на июль–август. До 1956 г. численность диатомей в планктоне озера, колебавшаяся год от года, редко превышала 10 тыс. клеток на литр. Но в 1956 г. уже в июле число клеток диатомей возросло до 40 тыс., а в августе достигло невиданной за всё время наблюдений величины – почти 1 млн клеток на литр (рис. 4). В последующие годы содержание диатомей в периоды сезонных максимумов несколько понизилось, до значений 200–500 тыс. клеток на литр, продолжая оставаться на порядок более высоким, чем до пеплопада 1956 г.

Диатомовыми водорослями питаются мелкие ракообразные – циклопы (*Cyclops scutifer* Sars) и дафнии (*Daphnia longiremis* Sars, *D. galeata* Sars), и численность их зависит от обилия диатомовых водорослей. Эти рачки, в свою очередь, имеют важное кормовое значение для молоди лососёвых рыб.

До 1956 г. количество циклопов и дафний составляло от 1 до 5 экз. на литр. Через четыре года, вслед за ростом количества фитопланктона, скачкообразно возросло число циклопов и дафний. Рост численности рачков начался в 1960 г., и в 1963 г. число дафний достигло 10, а циклопов 240 экз. на литр. Спустя 5 лет на нерест в Азабачье вернулось рекордное за всё время наблюдений количество красной рыбы (*Oncorhynchus nerka* (Wabbaum, 1792)). Это было то поколение, которое вывелось из икры в богатом кормом 1963 г. и вернулось в озеро в 1968 г.⁸ [19].

На графике изменения численности диатомовых водорослей, рачков и лососёвых рыб (см. рис. 4) отчётливо видны максимумы численности красной⁹, связанные с увеличением

⁸ Основная часть молоди рыб после вылупления из икры два года живёт в озере, питаясь преимущественно озёрным планктоном. На третий год она скатывается в море, где проводит ещё два года. На пятый год, достигнув зрелости, красная возвращается в родной водоём на нерест, замыкая таким образом жизненный цикл своего поколения [19].

⁹ На этом рисунке И.И. Куренков [19, с. 129, рис. 4] для наглядности и удобства сопоставления численности ракообразных и лососёвых сдвинул график численности лососёвых при возврате на нерест влево на пять лет, к году их рождения, сообразно с пятилетним жизненным циклом красной.

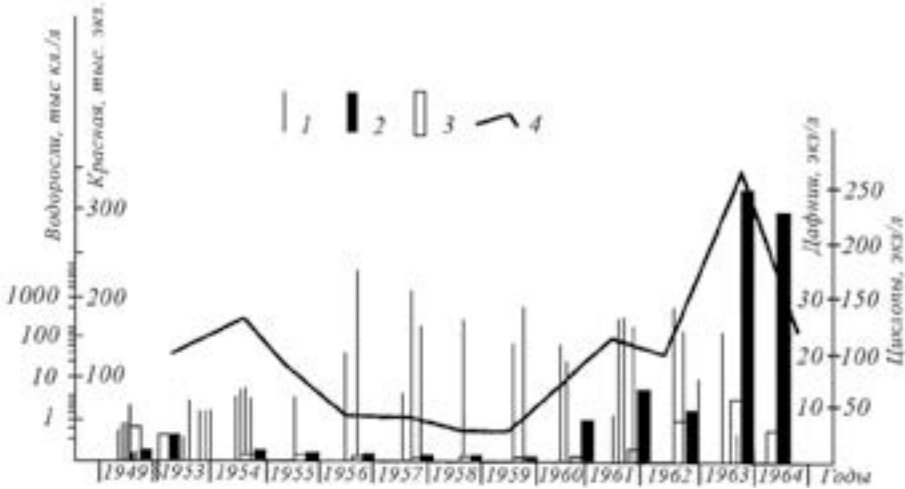


Рис. 4. Изменение численности диатомовых водорослей, циклопов, дафний и красной (нерки) в озере Азабачьем после пеплопада 1956 г. (по [19]): 1 – диатомовые водоросли, 2 – циклопы, 3 – дафнии, 4 – красная.

численности рачков в 1960–63 гг., и более ранний максимум, связанный с увеличением их численности в 1953 г., обусловленным пеплопадами вулкана Шивелуч.

Заключение. Сильные извержения вулканов, каким, в частности, был кульминационный взрыв вулкана Безымянного 30 марта 1956 г. (и катастрофический взрыв вулкана Сент-Хеленс 18 мая 1980 г.), приводят к полному разрушению окружающей среды в ближайших окрестностях вулкана: уничтожению растительности, гибели животных, уничтожению нерестилищ и кормовой базы рыб, гибели самих рыб. На удалении от вулканов, напротив, наблюдается благотворное воздействие продуктов извержения на биоту: извергнутые вулканом пеплы и шлаки способствуют повышению плодородия почв, а в реках и озёрах, как было показано на примере нерестового озера Азабачьево, кремнезём, извлечённый из пеплов, вызывает бурный рост численности нуждающегося в нём фитопланктона и, в конечном результате, приводит к резкому росту поголовья лососёвых рыб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башарина Л.А. Водные вытяжки пеплов и газы пепловой тучи вулкана Безымянного // Бюлл. вулканологической станции. № 27. М.: Изд. АН СССР, 1958. С. 38–42.
2. Белоусов А.Б., Белоусова М.Г. Отложения и последовательность событий извержения вулкана Безымянный 30 марта 1956 г. (Камчатка): отложения обломочной лавины // Вулканология и сейсмология. 1998. № 1. С. 25–40.
3. Белоусов А.Б., Белоусова М.Г. Отложения и последовательность событий извержения вулкана Безымянный 30 марта 1956 г. (Камчатка): отложения направленного взрыва // Вулканология и сейсмология. 2000. № 2. С. 3–17.
4. Богдавленская Г.Е., Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Кириянов В.Ю., Миллер С.Д. Катастрофические извержения типа направленных взрывов на вулканах Сент-Хеленс, Безымянный, Шивелуч // Вулканология и сейсмология. 1985. № 2. С. 3–26.
5. Богдавленская Г.Е., Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Максимов А.П., Иванов Б.В. Вулкан Безымянный // Действующие вулканы Камчатки. Т. 1. / Отв. ред. С.А. Федотов, Ю.П. Масуренков. М.: Наука, 1991. С. 166–197.

6. Богдавленская Г.Е., Гирина О.А. Вулкан Безымянный: 50 лет активности // Проблемы эксплозивного вулканизма. (К 50-летию катастрофического извержения вулкана Безымянный). Материалы I межд. симпозиума. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 2006. С. 11–16.
7. Богдавленская Г.Е., Кирсанов И.Т. Двадцать пять лет вулканической активности вулкана Безымянного // Вулканология и сейсмология. 1981. № 2. С. 3–13.
8. Горшков Г.С. Извержение сопки Безымянной (предварительное сообщение) // Бюлл. вулканологической станции. № 26. М.: Изд. АН СССР, 1957. С. 19–72.
9. Горшков Г.С. Необычайное извержение на Камчатке // Природа. 1958. № 1. С. 61–68.
10. Горшков Г.С. О связи вулканических и сейсмических явлений при извержении вулкана Безымянного (1955–1956 гг.) // Бюллетень вулканологической станции. № 31. М.: Изд. АН СССР. 1961. С. 32–37.
11. Горшков Г.С., Богдавленская Г.Е. Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения (1955–1963 гг.) / Отв. ред. Б.И. Пийп. М.: Наука, 1965. 172 с.
12. Гуценко И.И. Пеплы Северной Камчатки и условия их образования / Отв. ред. С.И. Набоко. М.: Наука, 1965. 144 с.
13. Гуценко И.И. Некоторые геохимические особенности пепловых отложений современных и недавних извержений // Современный вулканизм. Тр. Второго Всесоюзного вулканологического совещания. Т. 1 / Отв. ред. Б.И. Пийп. М.: Наука, 1966. С. 68–80.
14. Гуценко И.И. Извержения вулканов мира. Каталог. М.: Наука, 1979. 476 с.
15. Захарихина Л.В. Некоторые вопросы преобразования вулканических пеплов в процессе почвообразования // Вулканология и сейсмология. 2004. № 3. С. 54–62.
16. Захарихина Л.В., Литвиненко Ю.С. Роль вулканических пеплов в формировании почвенно-растительного покрова в зоне современного эксплозивного вулканизма // Вулканология и сейсмология. 2008. № 1. С. 19–34.
17. Кораблёв А.П. Формирование лесной растительности на вулканогенных отложениях Камчатки (на примере Толбачинского дола). Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. к.б.н. СПб: Ботанический ин-т им. В.Л. Комарова РАН, 2011. 26 с.
18. Куренков И.И. Воздействие вулканизма на речную фауну // Природа. 1957. № 12. С. 49–54.
19. Куренков И.И. Изменение биологической продуктивности озера под влиянием вулканического пеплопада // Круговорот вещества и энергии в озёрных водоёмах. Новосибирск: Наука, 1975. С. 127–130.
20. Мархинин Е.К. Вулканы и Жизнь. (Проблемы биоулканологии). М.: Мысль, 1980. 196 с.
21. Соколов И.А. Вулканизм и почвообразование / Под ред. Е.И. Ивановой. М.: Наука, 1973. 224 с.
22. Товарова И.И. О выносе воднорастворимых веществ из пирокластики вулкана Безымянного // Геохимия. 1958. № 7. С. 686–688.
23. Lipman P.V., Mullineax D.R. (eds.). The 1980 eruptions of Mount St. Helens, Washington // US Geological Survey Professional Paper. Vol. 1250. 1981. 844 p.

REFERENCES

1. Basharina L.A. Aqueous extracts from ash and gases of volcanic ash clouds of Bezymianny volcano. *Byulleten' Vulkanologicheskoy Stancii*. 27. 38–42 (1958) (in Russian).
2. Belousov A.B., Belousova M.G. The deposits and the sequence of volcanic eruption events of Bezymianny volcano (Kamchatka) on March 30, 1956: debris avalanche deposits. *Vulkanologiya i Seismologiya*. 1. 25–40 (1998) (in Russian).
3. Belousov A.B. & Belousova M.G. The deposits and the sequence of volcanic eruption events of Bezymianny volcano (Kamchatka) on March 30, 1956: deposits directional blast. *Vulkanologiya i Seismologiya*. 2. 3–17 (2000) (in Russian).

4. Bogoyavlenskaya G.Ye., Braitseva O.A., Melekestsev I.V., Kir'yanov V.Yu., Miller S.D. Catastrophic eruptions such as directional blasts at volcanoes St Helens, Bezymianny, Sheveluch. *Vulkanologiya i Seismologiya*. **2**. 3–26. (1985) (in Russian).
5. Bogoyavlenskaya G.Ye., Braitseva O.A., Melekestsev I.V., Maksimov A.P., Ivanov B.V. Bezymianny volcano. *Active Volcanoes of Kamchatka*. Vol. **1**. 166–197 (Ed. by S.A. Fedotov, Yu.P. Masurenkov. Moscow: Nauka, 1991).
6. Bogoyavlenskaya G.Ye., Girina O.A. Bezymianny volcano: 50 years of activity. *Problems of explosive volcanism. (For the 50th anniversary of the Bezmyannyi volcano catastrophic eruption)*. Proc. of the First Int. Symposium. P. 11–16. (Petropavlovsk-Kamchatsky: Institute of Volcanology and Seismology, 2006) (in Russian).
7. Bogoyavlenskaya G.Ye., Kirsanov I.T. Twenty five years of volcanic activity of the Bezymianny volcano. *Vulkanologiya i Seismologiya*. **2**. 3–13 (1981) (in Russian).
8. Gorshkov G.S. Eruption of Bezymianny volcano (preliminary report). *Byulleten' Vulkanologicheskoy Stancii*. **26**. 19–72 (1957) (in Russian).
9. Gorshkov G.S. The extraordinary eruption in Kamchatka. *Priroda*. **1**. 61–68 (1958) (in Russian).
10. Gorshkov G.S. On the relationship between volcanic and seismic phenomena during the eruption of the volcano Bezymianny (1955–1956). *Byulleten' Vulkanologicheskoy Stancii*. **31**. 32–37 (1961) (in Russian).
11. Gorshkov G.S., Bogoyavlenskaya G.Ye. *Bezymianny volcano and features of its last eruption (1955–1963)*. 172 p. (ed. by B.I. Piip. Moscow: Nauka, 1965) (in Russian).
12. Gushchenko I.I. Ashes of Northern Kamchatka and the conditions of their origin. 144 p. (Ed. by S.I. Naboko. M.: Nauka, 1965) (in Russian).
13. Gushchenko I.I. Some geochemical characteristics of ash deposits of modern and recent eruptions. *Modern volcanism*. Proc. of the Second All-Union volcanological meetings. Vol. **1**. P. 68–80 (ed. by B.I. Piip. Moscow: Nauka, 1966) (in Russian).
14. Gushchenko I.I. *Volcanic eruptions in the World. Catalogue*. 476 p. (Moscow: Nauka, 1979) (in Russian).
15. Zakharikhina L.V. Some problems of the transformation of volcanic ash to the soil. *Vulkanologiya i Seismologiya*. **3**. 54–62 (2004) (in Russian).
16. Zakharikhina L.V., Litvinenko Yu.S. The role of volcanic ashes in the formation of soil and vegetation cover in the area of modern explosive volcanism. *Vulkanologiya i Seismologiya*. **1**. 19–34 (2008) (in Russian).
17. Korablyov A.P. Formation of forest vegetation on volcanic deposits of Kamchatka (for example, in the Tolbachik dale). *Abstract of the paper for the candidate degree of biological sciences*. (St. Petersburg: V.L. Komarov Botanical Institute RAS, 2011) (in Russian).
18. Kurenkov I.I. The impact of volcanism on the river fauna. *Priroda*. **12**. 49–54 (1957) (in Russian).
19. Kurenkov I.I. Changing of the biological productivity of the lake under the influence of volcanic ash fall. *Circulation of matter and energy in the lake waters*. P. 127–130 (Novosibirsk: Nauka, 1975) (in Russian).
20. Markhinin E.K. *Volcanoes and the Life*. 196 p. (Moscow: Mysl', 1980) (in Russian).
21. Sokolov I.A. *Volcanism and Soil Formation*. 224 p. (Ed. by E.I. Ivanova. Moscow: Nauka, 1973) (in Russian).
22. Tovarova I.I. On the removal of water-soluble substances from the pyroclastics of Bezymianny volcano. *Geochimiya*. **7**. 686–688 (1958) (in Russian).
23. Lipman P.V., Mullineax D.R. (eds.). The 1980 eruptions of Mount St. Helens, Washington. *US Geological Survey Professional Paper*. Vol. **1250**. 844 (1981).