

УДК 634.48

## ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ НА МОЛОДЫХ ЛАВОВЫХ ПОТОКАХ ВУЛКАНОВ ТОЛБАЧИК И КЛЮЧЕВСКАЯ СОПКА

**Комачкова И.В., Шляхов С.А.**

*ФГБУН «Биолого-почвенный институт Дальневосточного отделения Российской академии наук»,  
Владивосток, e-mail: komachkova@mail.ru*

Исследование процессов формирования почв на отложениях молодых лавовых потоков Камчатских вулканов проводится в нашей стране впервые. Проведены исследования на лавовых потоках с описаниями и отбором образцов: на Ключевской сопке – поток Апахончич (1946 г.), Пийпа (1966 г.), Псевдотуйла, имеющий возраст около 300 лет; на вулкане Толбачик – лавы Северного и Южного прорывов (1975–1976 г.), лавовый поток 1740 года и старый лавовый поток (1000 лет). Получены данные по содержанию органического углерода, величине pH, а также по содержанию элементов в почвах, формирующихся на лавовых потоках. Содержание органического углерода на молодых лавовых потоках северной группы вулканов Камчатки достигает 1 % не менее чем через 200 лет. Отмечена нейтральная реакция среды (pH водный) в образцах мелкозема отобранного с молодых лавовых потоков. По мере развития почвообразовательных процессов реакция среды сдвигается в сторону слабокислой.

**Ключевые слова:** первичное почвообразование, органический углерод, лавовый поток, тephра

## SOIL FORMATION ON YOUNG LAVA FLOWS OF VOLCANOES TOLBACHIK AND KLUCHEVSKOY

**Komachkova I.V., Shlyakhov S.A.**

*Institute Biologi and Soil Science Far Eastern Branch Russian Academy of Science,  
Vladivostok, e-mail: komachkova@mail.ru*

The study of soil formation on young lava flows Kamchatka volcanoes carried out in our country for the first time. Studies have been conducted on lava flows, with descriptions and sampling: on Kluchevskoy – lava flow Apakhonchich (1946), Piipa (1966), Psevdotuyla having an age of about 300 years, the volcano Tolbachik – lava flows of North and South breakthrough (1975–1975). Data were obtained on the content of organic carbon, pH, content of elements in the soil on lava flows. Formation of low-power humus layer (1–3 cm) with a humus content of more than 1 % on lavas is not less than 200 years. It was noted that a neutral reaction (pH H<sub>2</sub>O) in the samples of fine earth collected on young lava flows. The reaction environment soil solution shifts to slightly acid with the development of soil-forming processes.

**Keywords:** initial soil formation, organic carbon, the lava flow, tephra

Экосистемы значительной части Камчатки развиваются под постоянным воздействием вулканизма. На полуострове в настоящее время насчитывают около 30 действующих вулканов [4] и сотни вулканических образований, проявлявших активность в голоцене. Склоны и подножия активных вулканов на площади в десятки и сотни квадратных километров покрыты продуктами извержений. На мощных, зачастую многометровых толщах вулканических отложений начинается первичная сукцессия, которая на рыхлых вулканиках может длиться сотни лет, а на лаве даже тысячи лет [2]. Столь высокая длительность связана не только с суровыми климатическими условиями северной части бореальной зоны, но и с внешними воздействиями в ходе сукцессий.

В последние годы на Камчатке Л.В. Захарихиной [3] проведено изучение формирования почв на рыхлой вулканической тephре (тephра – отложения пеплопадов: совокупность вулканического пепла, песка, лапилли и бомб), а также формирование мощного профиля слоисто-пепловых почв

на лавовых потоках в районах интенсивных пеплопадов [5, 6, 7]. Однако в последнем случае процесс формирования почв нарушался многочисленными пеплопадами умеренной мощности, в результате чего формирующиеся почвы превращались в погребенные, а цикл образования гумусового горизонта начинался заново. При этом в ходе нарастания мощного, зачастую многометрового почвенно-пирокластического профиля терялась связь с материнской породой (лавой).

Таким образом, особенности формирования почв на лаве в «чистом» виде, без внесения тephры периодических пеплопадов, остаются неизученными на Камчатке.

**Основной целью работы явилось** выявление особенностей начальных этапов формирования почв на молодых лавовых потоках (возраст – десятки лет) и продвинутых стадиях сукцессии (возраст потоков – первые сотни лет).

### **Материалы и методы исследований**

Исследования проведены на вулкане Ключевская сопка (лавовый поток Апахончич (1946 г.), Пийпа (1966 г.) Псевдотуйла (~300 лет) и на вулкане

Толбачик – прорыв Северный 1975 г. и Южный 1975–1976 гг., лавовый поток Звезда (~ 270 лет), старый лавовый поток (~1000 лет). Оба вулкана принадлежат к Ключевской группе вулканов (центральная Камчатка) – гигантскому массиву, состоящему из 12 крупных и особо крупных вулканов. Лавовые потоки Апахончич и Псевдотуйла были исследованы в 2006 г., остальные потоки – в 2012–2013 гг.

Определение общего углерода проведено на анализаторе Flash 2000, актуальную и потенциальную кислотность почв исследовали потенциометрически, содержание органического углерода исследовали общепринятыми методами (Аринушкина, 1970), элементный состав почв определен с помощью рентген-флуоресцентного анализатора Shimadzu EDX-800.

### Результаты исследований и их обсуждение

Мощность и другие морфологические особенности изученных почв определялись в первую очередь возрастом лавовых потоков, на которых они сформировались.

Так, на лавовом потоке Апахончич (60 лет на момент изучения), лавовом потоке Пийпа (47 лет) и лавовых потоках вулкана Толбачик (Южный, Северный прорывы 36–37 лет) почвообразование находится лишь в инициальной стадии. Потоки представляют собой нагромождение лавовых глыб, в понижениях между которыми идет аккумуляция мелкозема. Поверхностный слой мелкозема в таких понижениях на лавовом потоке Пийпа составляет от 0 до 2 см, по бортам потока достигает 4 см. Глыбы лав сплошь покрыты лишайником, в понижениях между глыбами селится мох, выбирая более увлажненные места. Лишайники вносят существенный вклад в процессы почвообразования. Они являются «пионерами», т.е. первыми организмами, заселяющими субстрат в процессе первичной сукцессии. Как известно, лишайники выделяют кислоты, способствующие разрушению субстрата, и тем самым участвуют в процессах выветривания. Наши наблюдения показали, что под лишайниками самый поверхностный слой лав становится более рыхлым, рассыпается на мелкие отдельности.

Мелкозем на лавовом потоке Пийпа представляет собой серый (при высыхании светло-серый) мелкий песок. Содержание органического углерода в мелкоземе не превышает 0,25%, величина актуальной кислотности (рН<sub>вод.</sub>) составляет 6,5 и характеризуется как нейтральная, величина обменной кислотности (рН<sub>сол.</sub>) – 5,2 (среднекислая).

На молодом лавовом потоке Апахончич, аккумулирующийся в понижениях между лавами мелкозем имеет мощность от 0 до 7 см. С поверхности (2–3 см) мелкозем

представлен серым (при высыхании – светло-серым) мелким песком, ниже – желтовато-палевой супесью. Растительность здесь весьма разреженная, в виде отдельных растений или небольших куртин, представлена ивой арктической, злаками, бобовыми, разнотравьем, есть отдельные ивы высотой до 2 м. Почти повсюду на поверхности моховой покров разной степени плотности, на глыбах лавы – лишайники. В мелкоземе определено содержание общего углерода, которое соответствует очень низким значениям до 0,15%. Согласно показателям рН водной вытяжки мелкозем имеет нейтральную реакцию среды. По данным рН солевой вытяжки отмечена среднекислая реакция среды (рН 5–5,1).

На изученных лавовых потоках Южного и Северного прорывов (вулкан Толбачик) растительность единична, формируется в понижениях, где идет аккумуляция мелкозема и представлена в основном моховым и лишайниковым покровом. Мощность мелкозема в таких понижениях не превышает 5 см (часто от 0,5 до 1,5 см). На лавовом потоке Южного прорыва единично встречается листовница, ива (высота не более 20–30 см). На некоторых участках лав Северного прорыва отмечается молодой ольховый стланник (до 40 см в высоту), иван-чай, злаки. Мелкозем представлен темно-серым до черного мелким песком. Минимальное содержание органического углерода обнаруживается на глыбах лав под лишайниками (не более 0,1%), в понижениях между лавами накапливается мелкозем, содержащий от 0,2 до 0,5% органического углерода. Согласно показателям рН водной вытяжки, мелкозем имеет нейтральную реакцию среды (6,5–6,7 на лавах Южного прорыва и 6,7–7,0 – на лавах Северного), что в свою очередь благоприятно для развития растительности. По данным рН солевой вытяжки отмечена слабокислая реакция среды (рН 5,7–6,1) на лавовом потоке Северного прорыва и среднекислая (5,1–5,3) на лавах Южного прорыва.

Исследован также элементный состав мелкозема на лавовых потоках. В целях сравнения были выбраны 2 лавовых потока: Апахончич (вулкан Ключевская сопка) и лавовый поток 1975 г. (Южный прорыв, вулкан Толбачик). Изученные образцы имели некоторые отличия и по элементному составу. Установлено, что в мелкоземе на молодом лавовом потоке вулкана Толбачик содержание бария и меди выше, чем на лавовом потоке Апахончич в 1,5 и 3 раза соответственно. По остальным элементам (Fe, S, Cr, Ni, Zn, Ga, Y, Zr, Pb) особых различий не наблюдалось (таблица).

Содержание элементов и оксидов металлов в образцах тефры с лавовых потоков Южного прорыва (Толбачик) и Апахончич (Ключевская сопка)

Средние значения содержания элементов %									
Лавовый поток	F	S	Cr	Cu	Zn	Ga	Y	Zr	Ba
Южный прорыв	0,032	0,026	0,0105	0,0195	0,0055	0,001	0,002	0,0165	0,0705
Апахончич	0,03	0,027	0,009	0,006	0,004	0,001	0,001	0,01	0,04
Средние значения содержания оксидов металлов, %									
	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Южный прорыв	6,84	22,97	63,36	0,65	1,79	4,42	1,37	0,12	7,55
Апахончич	4,57	28,80	89,28	0,27	1,57	5,70	0,64	0,10	5,11

По содержанию оксидов металлов на лавовом потоке Апахончич отмечается более высокое содержание оксидов Al и Ca. Содержание оксидов Mg, P, Ti, Fe, напротив, несколько ниже, чем на молодом лавовом потоке вулкана Толбачик.

Строение почв на более старых лавовых потоках (первые сотни лет) можно проиллюстрировать следующими разрезами.

Разрез 12–06

N 56,08589 E 160, 48010,  $h = 897$  м.

В 500 м к северо-западу от базы вулканологов на Подкове. Лавовый поток Псевдотуйла (возраст 300 лет). Грядовый рельеф. Глыбы лавы выступают на поверхность, в понижениях между ними наблюдается накопление мелкозема. Растительность низкая, разреженная: ива арктическая, бобовые, злаки, разнотравье. Высота растительности примерно 5 см, редко выше, проективное покрытие – 30%. На поверхности, лишенной высшей растительности, видны следы поверхностного перемещения мелкозема (водой или ветром). Разрез заложен в верхней части гряды, на сравнительно плоском участке.

Ad 0–3 см. Дернина, состоящая из переплетенных живых корней и отмерших неразложившихся растительных остатков серо-коричневого цвета, в нижней части – присыпка пепельно-серого мелкого песка. Упругий, отделяется от нижележащей толщи, сырой, уплотнен, переход ясный.

A 3–6 см. Окраска более темная, чем в вышележащем горизонте – серо-темно-коричневая, горизонт на 70–80% состоит из густо переплетенных живых корней, по-видимому, обогащен разложившимся органическим веществом, минеральный мелкозем представлен мелким песком, горизонт сырой, уплотнен, переход ясный.

AC, 6–11 см. Более светлый, чем вышележащий горизонт (предположительно – пепел вулкана Безымянный), серовато-коричневый с палевым оттенком, мелкий песок, густые живые корни, уплотнен, переход ясный.

AC, 11–29 см. Темно-серо-коричневый мелкий песок, по-видимому, в какой-то мере обогащен хорошо разложившимся

органическим веществом, занимает промежутки между лавовыми глыбами, слегка уплотнен, сырой, густые живые корни.

Ниже идет сплошной слой лавы.

Максимальное количество органического углерода (Сорг.) обнаруживается в поверхностных горизонтах Ad (0,9%) и A (1,2%), вниз по профилю отмечается постепенное снижение углерода: AC (0,53%) – 2AC1 (0,35%) – 2AC2 (0,23%). Поверхностный 10-сантиметровый слой почвы имеет несколько более низкие значения pH, чем нижележащие горизонты, что, по-видимому, связано с накоплением органического вещества на поверхности почвы. В нижних горизонтах реакция среды нейтральная. Подобная картина наблюдается и по показателям pH<sub>сол.</sub> – реакция среды в верхней 10-сантиметровой почвенной толще – кислая. Вниз по профилю отмечается снижение кислотности до среднекислой и слабокислой.

Разрез 5–13

N 55, 63 404 E 160, 20512,  $h = 560$  м.

В 1 км на юг от конуса Звезда (вулкан Толбачик). Лавовый поток приблизительно 1740 г. (273 года) сверху засыпан тефрой после извержения 1975 г. На поверхности виднеются выходы лавы, на которой селится мох и лишайник. Древесная растительность на лавовом потоке до извержения 1975 г. была в основном представлена кедровым стлаником и лиственницей (судя по сохранившимся сухим стволам деревьев). В настоящее время растительность на тефре представлена тополем и кедровым стлаником. В западинах между глыбами лавы наблюдается аккумуляция листового опада мощностью от 1–2 до 7 см. Проективное покрытие растительности 10%. Разрез заложен на ровном участке, практически без выходов лавы между двумя тополями.

С 0–15 см – Тефра, темно-серого, почти черного цвета, преобладающий диаметр частиц 0,2–0,4 см, макс. до 1 см, встречаются растительные остатки в виде мелких корешков, фрагментов мха.

2A 15–17 см – Темно-коричневого цвета погребенный горизонт, максимальная мощ-

ность достигает 2 см, тонкодисперсный с примесью тефры (10%), влажность 21–23%, много растительных остатков в виде корешков.

Ниже идет сплошной слой лавы.

Содержание органического углерода в тефре составляет 0,1%, в погребенном гумусовом горизонте достигает 1%. Тефра, согласно данным актуальной кислотности, имеет нейтральную реакцию среды (рНвод. 6,3), погребенный гумусовый горизонт – слабокислую (6,0). Согласно данным обменной кислотности реакция среды в поверхностном слое и погребенном горизонте кислая (рНсол. 4,7–5,0).

Таким образом, аккумулирующаяся в понижениях между глыбами лавы тефра имеет нейтральную реакцию среды. С развитием почвообразовательных процессов и накоплением некоторого количества гумуса реакция среды сдвигается в сторону слабокислой и кислой.

Для сравнения отобраны образцы на лавовом потоке, имеющем возраст около 1000 лет. Разрез 12–13

N 55,7428 E 160,18941,  $h = 667$  м

Старый лавовый поток (приблизительно 1000 лет) засыпан тефрой 1975 г. (вулкан Толбачик). Небольшой молодой березовый лес с ольхой, подростом рябины, смородины, вейником.

О 0–2 см – подстилка, состоящая в основном из лиственного опада.

АС 2–6 см – мелкий шлак (тефра), переплетенный корнями, темный с коричневым оттенком, песчаный, задернован, отделяется от нижележащей толщи.

С<sub>1</sub> 6–15 см – крупный шлак темно-серого цвета, преобладающий диаметр частиц 7–8 мм.

С<sub>2</sub> 15–24 см – мелкий темно-серый шлак диаметром 1–2 мм.

2А. 24–26 см. – погребенная почва, опесчаненный легкий суглинок, темно-бурого цвета, влажный

Ниже идет слой лавы.

Определено содержание органического углерода в поверхностном горизонте АС, которое составляет 1,1% и в погребенном гумусовом горизонте – 4,1%. По данным актуальной кислотности (рН вод.) поверхностный горизонт имеет нейтральную реакцию среды (6,1), погребенный – слабокислую (5,5). Обменная кислотность составляет 4,7 в поверхностном горизонте АС, что соответствует кислой реакции среды. В погребенном горизонте отмечена сильнокислая реакция среды (рНсол. 4,3).

#### Заключение

Стоит отметить, что аккумуляция первичного рыхлого материала на молодой лаве (первые десятилетия) главным образом происходит не за счет выветривания лавы, а за счет поступлений извне (тефра). При перекрывании или частичном перекрывании лавовых потоков рыхлыми продуктами

последующих извержений теряется связь с материнской породой (лавой). Такая специфика почвообразования перестает соответствовать развитию почвенного покрова на лавовом субстрате и начинает быть сходной с формированием почв на рыхлой тефре. При этом процессы почвообразования на таких территориях проходят гораздо интенсивнее, чем на лаве без внесения тефры.

Формирование маломощного гумусового горизонта (1–3 см) с содержанием гумуса более 1% на свежих лавах происходит не менее чем через 200 лет.

В образцах тефры и мелкозема, собранных с молодых лавовых потоков, отмечена нейтральная реакция среды (рН водный 6,5–7). По мере развития почвообразовательных процессов реакция среды сдвигается в сторону слабокислой.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-04-32031 мол\_а.*

#### Список литературы

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Моск. ун-т, 1970. – 487 с.
2. Гришин С.Ю. Сукцессии подгольцовой растительности на лавовых потоках Толбачинского дола // Ботанический журнал. – 1992. – Т. 77, № 1. – С. 92–100.
3. Захарихина Л.В., Литвиненко Е.С. Генетические и геохимические особенности почв Камчатки. – М.: Наука, 2011. – 245 с.
4. Вулкан Шивелуч / И.В. Мелекесцев, О.Н. Волюнец, В.А. Ермаков, Т.П. Кирсанова, Ю.П. Масуренков // Действующие вулканы Камчатки. – М.: Наука, 1991. – Т. 1. – С. 84–97.
5. Шляхов С.А., Гришин С.Ю. Морфологическое разнообразие и особенности кислотно-основных свойств слоисто-пепловых вулканических почв района вулкана Карымский (Камчатка) // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 5. – С. 9–15.
6. Шляхов С.А., Гришин С.Ю. Морфологические особенности и кислотно-основные свойства слоисто-пепловых вулканических почв Камчатки // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2010. – № 2. – С. 86–93.
7. Шляхов С.А., Гришин С.Ю., Круголь К.С. Почвы субальпийского пояса вулкана Ключевская сопка // Вестник КрасГАУ. – 2011. – Вып. 7. – С. 52–57.

#### References

1. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv [Manual on chemical analysis of soils]. Moscow, 1970. pp. 487.
2. Grishin S.Ju. Botanicheskij zhurnal – Journal of Botany, 1992, vol. 77, no. 1, pp. 92–100.
3. Zaharikhina L.V., Litvinenko E.S. Geneticheskie i geohimicheskie osobennosti pochv Kamchatki [Genetic and geochemical characteristics of soils of Kamchatka]. Moscow: Nauka, 2011. 245 p.
4. Melekesev I.V., Volynec O.N., Ermakov V.A., Kirsanova T.P., Masurenkov Ju.P. Dejstvujushhie vulkany Kamchatki [Active volcanoes of Kamchatka]. Moscow: Nauka, 1991. pp. 84–97.
5. Shljahov S.A., Grishin S.Ju. Vestnik KrasGAU – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agricultural University, 2009, no. 5, pp. 9–15.
6. Shljahov S.A., Grishin S.Ju. Vestnik SVNC DVO RAN – Bulletin of the North-Eastern Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 2010, no. 2, pp. 86–93.
7. Shljahov S.A., Grishin S.Ju., Krugol' K.S. Vestnik KrasGAU – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agricultural University, 2011, Vol.7, pp. 52–57.

#### Рецензенты:

Пуртова Л.Н., д.б.н., зав. сектором органического вещества почв Биолого-почвенного института ДВО РАН, г. Владивосток;

Костенков Н.М., д.б.н., профессор, зав. сектором почвоведения и экологии почв БПИ ДВО РАН, г. Владивосток.

Работа поступила в редакцию 17.10.2013.