

УДК 631.47

Л.В. Захарихина

*Научно-исследовательский геотехнологический центр
ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский)*

ОСОБЕННОСТИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ АКТИВНОГО ВУЛКАНИЗМА (НА ПРИМЕРЕ КАМЧАТКИ)

Аннотация. Показано, что для раннего базальтоидного вулканизма и для его зрелой кальдерообразующей стадии характерны разные условия почвообразования. Названные стадии отличаются масштабами, частотой извержений и составом их продуктов, обуславливающих различия в строении почв, выраженности в них иллювиальных процессов, содержании гумуса, реакции среды (рН) органогенных горизонтов, степени насыщенности почв основаниями.

Ключевые слова: *стадии вулканизма; частота извержений; почвообразование.*

Проведено районирование почв Камчатки с выделением провинций и районов внутри них, диагностические отличия почв которых обусловлены вулканизмом, различающимся составом продуктов, масштабами, частотой извержений и принадлежностью вулканам, находящимся в разных стадиях активности. Влияние названных характеристик вулканической деятельности на почвообразование можно проследить при сравнении свойств почв районов отдельных провинций, где вулканы (вулканические центры) проходят в голоцене сходные стадии эволюции. По этим признакам достаточно контрастно различаются почвы, образованные вблизи северной группы вулканов Камчатки (Восточный район Северной провинции), и почвы, сформированные на пирокластических отложениях вулканов Южной Камчатки (Западный, Центральный, Юго-Восточный районы Южной провинции).

Целью работы являлось изучение влияния на почвообразование вулканической деятельности, отличающейся петрохимическим составом вулканических пеплов (от андезито-базальтового до риолито-дацитового), поступающих от источников (вулканов), деятельность которых различается частотой и масштабами извержений.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При сравнении свойств почв, развитых на различных по составу и возрасту вулканических пеплах, принадлежащих вулканам, находящимся в разных фазах активности, в них обнаруживаются отличия по следующим характеристикам:

- строение почвенных профилей;
- частота встречаемости в почвах охристых горизонтов;

- содержание растворимых форм кремния, железа и алюминия в средних и нижних частях профилей почв;
- степень насыщенности почв основаниями;
- реакция среды (рН) органогенных горизонтов;
- содержание гумуса в органогенных горизонтах.

Различное строение почв (количество элементарных профилей) связано с частотой извержений вулканов. Как отмечалось выше, ранняя стадия вулканизма сопровождается часто повторяющимися событиями. Отсюда – преимущественное развитие вблизи вулканов северной группы Камчатки, находящихся в этой фазе развития, слоисто-пепловых вулканических почв (Северная провинция). Почвы, развитые на этой территории, в основном, содержат в среднем от шести до восьми элементарных профилей, в каждом из которых выражены органогенные горизонты и подстилающие их вулканические пеплы. Все минеральные прослои, сложенные вулканическими пеплами, фактически не выветрены, слабо трансформированы.

Значительно более крупные и редкие по периодичности извержения вулканов Южной Камчатки, находящихся в зрелой кальдерообразующей стадии, способствовали формированию на территориях Западного, Центрального и Юго-Восточного районов Южной провинции характерных для региона вулканических охристых почв, в разрезах которых выделяется два-четыре элементарных профиля, имеющих обширные выдержанные ареалы распространения.

Учитывая характерные особенности строения почв, сформированных на пеплах вулканов северной группы Камчатки, и почв, образованных на пирокластических отложениях вулканов Южной Камчатки, можно говорить, что в целом для полуострова в ранней фазе активности вулканизма характерны слоисто-пепловые вулканические почвы, для зрелой кальдерообразующей стадии – вулканические охристые.

В почвах Южной провинции по сравнению с почвами Северной провинции значительно чаще, фактически повсеместно, развиты охристые горизонты BAN. Как отмечено выше, специфика охристых горизонтов определяется пирокластической природой субстрата и ярко выраженным явлением псевдотиксотропии – выделением влаги при разминании структурных отдельностей, а также аномально высоким содержанием валового железа (8–10%) и алюминия (15–20%).

С чем связана наиболее частая встречаемость охристых горизонтов в почвах Южной провинции? С различными биоклиматическими условиями, разным составом извергнутого материала, временем залегания пеплов в зоне активного почвообразования, различной частотой извержений вулканов Южной Камчатки и вулканов северной группы или степенью выраженности иллювиальных процессов?

Ранее большинство исследователей связывали специфику охристых горизонтов с формированием охристых пленок на пепловых частицах за счет иллювирувания подвижных соединений [1–3]. Другие [4] считали, что роль иллювиального процесса в охристых почвах Камчатки сильно завышена и наибольшее значение в формировании охристого горизонта играют процессы внутрипочвенного выветривания.

В работе, посвященной почвам Камчатки [5], было отмечено, что охристый горизонт формируется в пеплах любого состава, находящихся в зоне активного почвообразования на протяжении 4–5 тыс. лет и более.

Как видно из представленных нами данных (табл. 1), охристые горизонты формируются в разных биоклиматических условиях – на западе, юге, юго-востоке и севере полуострова. Состав материала, его слагающего, различен – от андезитового до риолитового. То есть первые два из вышеназванных факторов не оказывают существенного влияния на формирование специфических свойств этих образований.

Таблица 1

Характеристики охристого горизонта

Район распространения	Состав материала	Календарный возраст, лет	Время нахождения в зоне активного почвообразования, под поверхностным органомным горизонтом, лет	Возраст приповерхностных пеплов приблизительно, лет	Содержание несиликатных форм Al_2O_3/Fe_2O_3 , %
Западное побережье, р. Утка	А	~ 6900	3980	2920	4,5/11,7
Западное побережье, р. Ича	А	~ 6900	3980	2920	3,7/5,0
Западное побережье, р. Ага	А	~ 6900	3980	2920	–
Юг Камчатки, оз. Толмачево	Р	~ 3500	3400	1400	3,1/8,6
Юг Камчатки, среднее течение р. Карымчина	Р	~ 3500	3400	1400	3,3/10,7
Юг Камчатки, окрестности п. Начики	А	~ 6900	5140	1400	3,4/11,3
Север полуострова, р. Лев. Озерная	–	Более 3000	622	350	4,8/13,8
Юго-восток, р. Вилоча	А	~ 6900	5140	100	2,7/8,6
Юго-восток, г. Петропавловск-Камчатский	А	~ 6900	5140	100	2,0/3,5
Окрестности вулкана Карымский	А	~ 3000–6100	3300	Современные пеплы	1,5/4,0

Примечание. «–» нет данных; А – андезитовый; Р – риолитовый.

В охристых почвах нередко диагностируются слабо трансформированные вулканические пеплы более древнего возраста, залегающие глубже охристых горизонтов и не обнаруживающие их характерных признаков: ни по степени

выветрелости (явление псевдотиксотропии), ни по содержанию несиликатных форм железа и алюминия.

На Западе Камчатки такие древние слаботрансформированные пепловые горизонты, залегающие глубже охристых, сформированы пеплом извержения вулкана Хангар, возраст ~ 7769 лет, на юге полуострова – образованы извержением вулкана Курильское Озеро, возраст пепла составляет ~ 7600 лет. Отличает их от охристых горизонтов сравнительно непродолжительный период времени, в течение которого они находились под поверхностными органо-генными горизонтами.

В отличие от них пеплы, слагающие охристые горизонты, достаточно длительно не перекрывались молодыми пирокластическими образованиями.

Как видно из табл. 1, в разных районах этот период составил от 622 до 5140 лет. Это обстоятельство послужило фактором, определившим хорошую проработанность (явление псевдотиксотропии) пеплов, слагающих охристые горизонты. В зоне, в которой протекают активные процессы почвообразования, преобразующие свежий пирокластический материал (зона активного почвообразования), находятся только пепловые прослои, подстилающие поверхностные органо-генные горизонты. После перекрытия почвы вулканическим пеплом процессы выветривания уже погребенных пепловых горизонтов фактически не происходят (пример – пепел вулканов Хангар и Курильское Озеро).

Это объясняет отсутствие охристых горизонтов и соответственно охристых почв в Восточном районе Северной провинции, вблизи активно действующих вулканов Северной группы. Частое перекрытие почв вулканическими пеплами не позволило образоваться в них охристым горизонтам, которые находились в зоне активного почвообразования (под поверхностными органо-генными горизонтами) непродолжительные промежутки времени.

Обращает на себя внимание связь возрастных характеристик приповерхностных пепловых горизонтов современных почв и содержание в их охристых горизонтах несиликатных форм железа и алюминия (см. табл. 1), а также количество элементарных профилей в почвах и содержание в нижних горизонтах почв подвижных продуктов почвообразования.

Спорную роль иллювиальных процессов в формировании характерных особенностей охристых горизонтов, в первую очередь накопление в них несиликатных форм железа, алюминия, можно оценить путем сравнения степени выраженности иллювиальных процессов в почвах, поверхностные горизонты которых имеют разный возраст (рис. 1). Рассмотрим охристые почвы Южной провинции, которые сформированы преимущественно в риолито-дацитовых и риолитовых пеплах вулканов Южной Камчатки, и слоисто-пепловые вулканические почвы Восточного района Северной провинции, образованные в молодых андезитовых пеплах северной группы вулканов. Районы исследований почв вулканов Южной провинции попадают в три района с разными возрастными приповерхностных пеплов (ПП).

Из них территория Западного района дольше других не перекрывалась пеплами молодых извержений (~ 2920 лет), почвы здесь несут в своем профиле современные органо-генные горизонты, образование которых происходило наиболее длительный для Камчатки срок.

Почвы, распространенные в пределах Центрального района Южной провинции (вблизи пос. Начики, оз. Толмачева и в среднем течении р. Карымчина), имеют возраст ПП ~ 1400 лет. Здесь дневная поверхность последний раз перекрывалась пеплом вулкана Опала в 606 г. н.э. В Юго-Восточном районе Южной провинции, в окрестностях г. Петропавловска и в районе верховий р. Вилюча возраст ПП составляет 100 лет. Эта зона сравнительно недавно (1907 г.) перекрывалась пеплом извержения вулкана Ксудач. Для почв, образованных в пеплах северной группы вулканов, использованы данные по Восточному району Северной провинции, попадающему в центральные части ореолов распространения тефры, где наиболее ярко проявлено характерное влияние на формирование почв вулканизма ранней фазы развития. Современные органогенные горизонты изученных почв территории Восточного района Северной провинции образованы на андезитовых молодых пеплах извержений вулкана Толбачик в 1975–1976 гг. и вулкана Безымянный в 1956 г. То есть возраст этих образований составляет ~ 50 лет.

Распределение несиликатных форм железа и алюминия в почвах с ПП 2920- и 1400-летнего возраста показывает накопление подвижных полуторных оксидов и кремния в погребенных гумусовых и иллювиальных горизонтах. Содержание железа составляет в среднем 3–4%, алюминия – 7–11%. В почвах с возрастом ПП 100 лет увеличение содержания этих элементов в нижней части профиля менее значительно (2–3 и 3–8% соответственно).

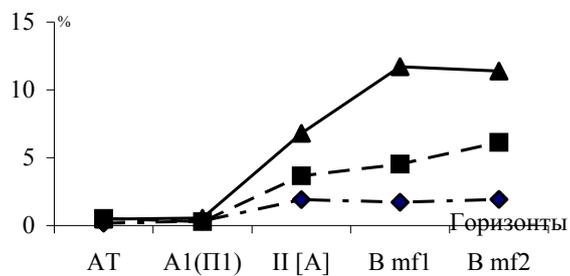
В почвах, сформированных в молодых пеплах вулканов северной группы Камчатки, содержание несиликатных форм железа и алюминия по всему профилю низкое и фактически не варьирует.

Приведенные характеристики распределения подвижных форм элементов по профилям почв с разновозрастными ПП показывают слабую выраженность иллювиальных процессов в почвах с молодыми поверхностными горизонтами и очевидную зависимость степени их развития от фактора времени. Очевидно, перекрытие почвы вулканическим пеплом имеет определенный «консервирующий» эффект для иллювиальных процессов. На свежесвыпавших пеплах образуются новые почвенные профили с преобладанием процесса гумусонакопления. Именно поэтому в почвах Восточного района Северной провинции, достаточно часто перекрывавшихся вулканическими пеплами, не отмечается накопления продуктов иллювиирования.

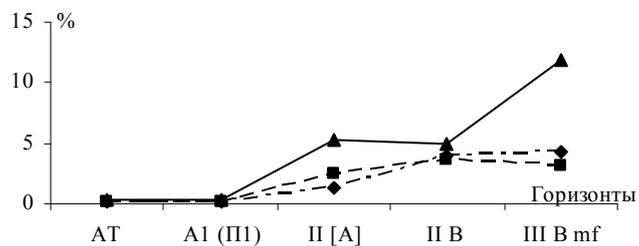
Свидетельством развития в вулканических почвах Камчатки процесса иллювиирования и соответственно его роли в формировании характерных особенностей охристых горизонтов надо считать уже сам факт различий в распределении несиликатных форм железа и алюминия по профилям почв с разновозрастными ПП.

Максимальные содержания этих соединений в охристых горизонтах характерны для почв, редко и относительно долго не испытывавших эффект «омоложения» за счет перекрытия поверхности пепловым материалом. В почвах, перекрывавшихся вулканическими пеплами сравнительно недавно, содержание полуторных оксидов в охристых горизонтах ниже. Если бы присутствие несиликатных форм R_2O_3 было связано лишь со степенью выветренности пеплов, то концентрации этих соединений во всех почвах, содержащих охристые горизонты, были бы схожи.

Возраст ПП 2920 лет (Западный район Южной провинции)

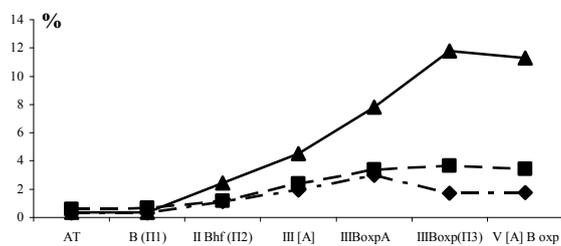


Разр. К15-02 (среднее течение р. Утка)

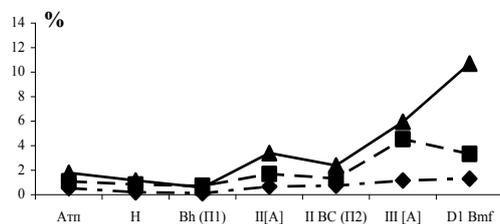


Разр. Ш8-02 (среднее течение р. Ича)

Возраст ПП 1400 лет (Центральный район Южной провинции)



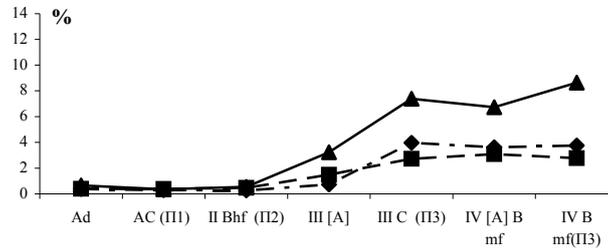
Разр. К13-02 (пос. Начики)



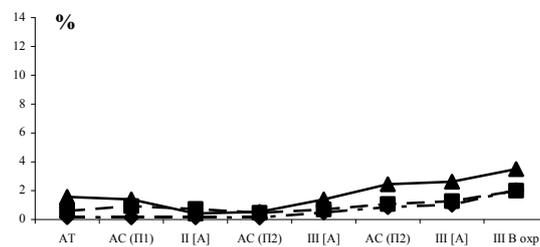
Разр. Кр 37-05 (р. Карымчина)

Рис. 1. Зависимость распределения растворимых форм кремния, железа, алюминия (%)

Возраст ПП 100 лет (Юго-Восточный район Южной провинции)

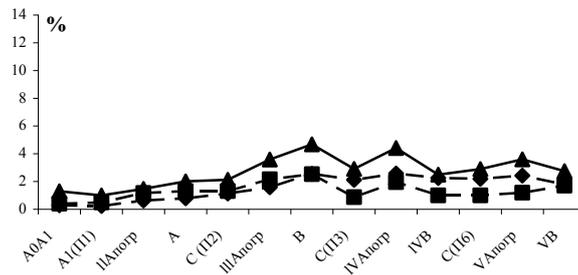


Разр. Н1-00 (окрестности г. Петропавловска)

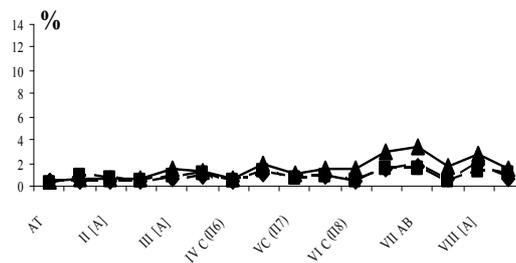


Разр. РД 4-03 (верховье р. Вилюча)

Возраст ПП 50 лет (Восточный район Северной провинции)



Разр. К3-02 (45 км на юго-запад от пос. Козыревск)



Разр. К5-02 (окрестности пос. Козыревск)



по профилям вулканических почв от возраста приповерхностных пеплов (ПП)

Вероятно, явление псевдотиксотропии, свидетельствующее о сильной выветрелости пеплов, слагающих охристые горизонты, связано с продолжительным периодом времени нахождения их в зоне активного почвообразования. В дальнейшем эти характерные свойства способствовали накоплению в охристых горизонтах подвижных продуктов почвообразования.

Как отмечено выше, почвы, образованные в различных по составу и возрасту вулканических пеплах, принадлежащих северной группе вулканов и вулканов Южной Камчатки, отличаются также степенью насыщенности почв основаниями, реакцией среды (рН) органогенных горизонтов и содержаниями гумуса (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительный анализ физико-химических свойств почв, образованных в разных вулканических пеплах

Территория	Содержание гумуса в органогенных горизонтах, %	рН (водный) органогенных горизонтов	Степень насыщенности основаниями органогенных горизонтов, %	Валовые содержания кальция/магния в подстилающих вулканических пеплах, %
Южная провинция, n = 12	5,010,4	4,8–5,9	6,7–42,5	3/1,9
Восточный район Северной провинции, n = 10	1,6–2,8	5,9–6,9	41,4–73,9	6,6/3,0

В таблице приведены усредненные данные по всем разрезам почв, изученных в пределах Южной провинции (Центральный, Западный, Юго-Восточный районы Южной провинции), и почв, развитых вблизи вулканов северной группы Камчатки (Восточный район Северной провинции).

Отличия в реакциях среды и степени насыщенности почв основаниями связаны с особенностями химического состава пеплов, в которых образованы почвы. Средние пеплы андезито-базальтового и андезитового составов по сравнению с тефрой кислого состава богаче щелочно-земельными основаниями. Повышенная насыщенность почв основаниями и соответственно более нейтральная реакция среды в северных почвах связаны с тем, что образованы они в пеплах, насыщенных большим набором легко подвижных элементов, в том числе кальцием и магнием.

Процессы современного почвообразования в ранней фазе вулканизма значительно чаще прерывались выпадением пеплов. Отсюда и замедленная гумификация органического вещества (в условиях регулярного поступления на поверхность свежего пирокластического материала) и связанное с ней низкое содержание гумуса в почвах, распространенных вблизи вулканов северной группы Камчатки.

Характерное время образования зрелых органогенных горизонтов, образующихся на свежих вулканических пеплах, можно установить, сравнив со-

держания гумуса в почвах районов выделенных провинций, поверхностные органогенные горизонты которых образованы в разновозрастных вулканических пеплах (рис. 2).

Близкие содержания гумуса в почвах с возрастом ПП 100 лет и почвах с более древними ПП позволяют утверждать, что на свежих вулканических пеплах зрелый поверхностный органогенный горизонт формируется за период порядка 100 лет.

Низкие содержания гумуса в поверхностных органогенных горизонтах почв, развитых в пределах Восточного района Северной провинции (возраст ПП ~ 50 лет), могут свидетельствовать о незрелости последних.

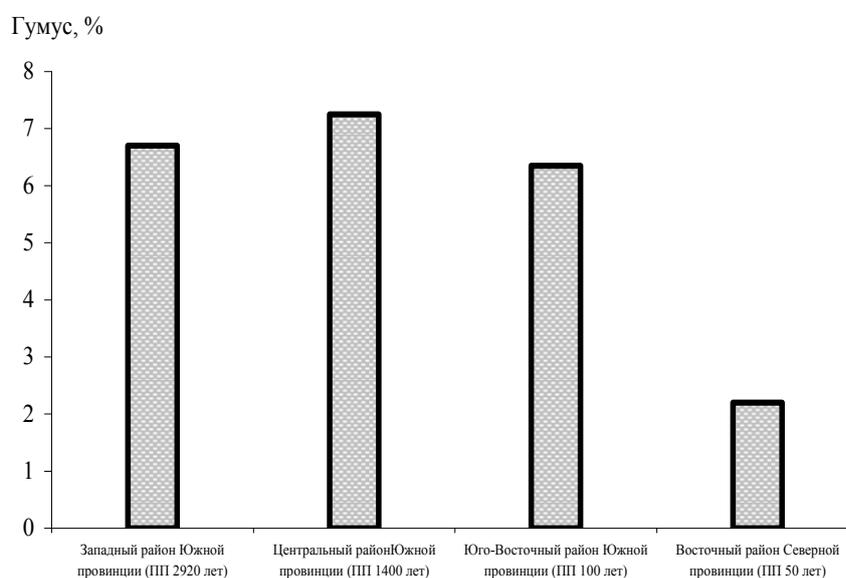


Рис. 2. Содержание гумуса в поверхностных органогенных горизонтах почв, образованных в разновозрастных приповерхностных вулканических пеплах

Еще одно свидетельство незрелости органогенных горизонтов почв, образованных на молодых пеплах северной группы вулканов, обнаружилось при сравнении свойств почв, развитых под различными типами растительных сообществ.

Почвы, сформированные под разными типами растительности на молодых пеплах Восточного района Северной провинции, ни по характеру сложения поверхностных горизонтов, ни по их физико-химическим свойствам не обнаруживают существенных различий, что, вероятно, также является доказательством их незрелости.

Выводы

1. Вулканические почвы, формирующиеся в разные стадии активности вулканизма, отличаются строением профиля, выраженностью иллювиальных процессов, зрелостью поверхностных органогенных горизонтов, содержанием в них гумуса, реакцией среды (рН) и степенью насыщенности почв основаниями.

2. Для ранней фазы активности вулканов (Восточный район Северной провинции Камчатки) характерны слоисто-пепловые вулканические почвы, образованные на андезитовых вулканических пеплах, с поверхности в них развиты органогенные горизонты, не достигшие субравновесного зрелого состояния, в почвах не выражены охристые горизонты и не проявлены иллювиальные процессы, содержание гумуса в них низкое и относительно повышены насыщенность основаниями и реакция среды (рН).

3. Для зрелой кальдерообразующей стадии активности вулканов типичны вулканические охристые почвы (Западный, Центральный и Юго-Восточный районы Южной провинции), сформированные на риолито-дацитовых пирокластических отложениях, в почвах выражены охристые горизонты, проявлены иллювиальные процессы, они характеризуются зрелыми поверхностными органогенными горизонтами, высокими содержаниями гумуса, кислой реакцией среды органогенных горизонтов и низкой степенью насыщенности почв основаниями.

4. Крупные и редкие по периодичности извержения вулканов Южной Камчатки способствовали образованию охристых горизонтов (BAN), формирование специфических свойств которых связано с продолжительным периодом времени (от 622 до 5140 лет) нахождения их в зоне активного почвообразования.

5. При перекрытии почвы пепловым материалом процессы иллювиации прерываются, и преобладающим становится процесс гумусонакопления. Зрелый поверхностный органогенный горизонт формируется за период порядка 100 лет.

Литература

1. Глазовская М.А. Стабильный гумус в пирокластических покровных отложениях и вулканических почвах Восточной Камчатки // Почвоведение. 1998. № 11. С. 1289–1302.
2. Соколов И.А. Вулканизм и почвообразование. М.: Наука, 1973. 224 с.
3. Соколов И.А., Белоусова Н.И. Органическое вещество почв Камчатки и некоторые вопросы иллювиально-гумусового почвообразования // Почвоведение. 1964. № 10. С. 45–67.
4. Зонн С.В., Карпачевский Л.О., Стефин В.В. Лесные почвы Камчатки. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 182–198.
5. Маречек М.С. Пространственные закономерности вулканического педоседиментогенеза на территории Камчатки (компьютерная модель): Дис. ... канд. биол. наук. М., 2007. 23 с.

Zakharikhina Lalita V.

*Geotechnological Scientific Research Center of the FEB RAS,
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia*

DISTINCTIVE FEATURES OF SOIL FORMATION IN THE CONDITIONS OF ACTIVE VOLCANISMS (BY THE EXAMPLE OF KAMCHATKA)

It was shown that various conditions of soil formation were typical for young basaltic volcanism and its mature calderaforming stage. The above stages differ in scales, eruptions frequency and composition of their material which are the cause of differences in soils construction, intensity of illuvial processes in the soils, humus content, pH reaction of organogenic horizons, degree of soils saturation with bases.

Key words: volcanism stages; eruptions frequency; soil formation.