

**ОСОБЕННОСТИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С  
РАЗНЫМИ ФАЗАМИ АКТИВНОСТИ ВУЛКАНИЗМА  
(НА ПРИМЕРЕ КАМЧАТКИ)**

*Л. В. Захарихина*

Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН  
e-mail: zlv63@yandex.ru

Основной особенностью почв, формирующихся в условиях активной вулканической деятельности, является наличие в их профиле погребенных гумусовых горизонтов, образование которых связано с выпадением пеплов. Исследователи почв Камчатки связывают с этим явлением своеобразное «омоложение» почв вследствие погребения ранее существовавших генетических горизонтов. В результате периодического поступления пеплов, перекрывающих дневную поверхность, формируется сложный слоистый полигенетический профиль, состоящий из нескольких наложенных друг на друга элементарных профилей, перемежаемых пепловыми прослоями (Ливеровский, 1959; Зонн и др., 1963; Соколов, 1973).

Наиболее полные представления о влиянии вулканизма на почвообразование изложены в монографии И.А. Соколова (1973). Им впервые выделены зоны, различающиеся по степени влияния пеплопадов на процесс почвообразования.

В настоящее время в вулканологии накоплен обширный материал тефрохронологических исследований (тефра – пепел, переносимый по воздуху) с определением абсолютного возраста пепловых прослоев и соответствующих им вулканических событий на основе радиоуглеродного датирования подстилающих и перекрывающих пеплы органогенных горизонтов (Брайцева и др., 1997). Сопоставление выделенных ранее (Соколов, 1973) зон с распространением идентифицированных и датированных пирокластических отложений показало, что их границы в целом совпадают с ареалами вулканических пеплов, существенно отличающихся химическим составом и возрастными характеристиками. Отличия эти обусловлены связью пеплов с вулканами или вулканическими центрами, находящимися в разных фазах своего развития.

Выделенная И.А. Соколовым зона интенсивных пеплопадов (северовосток полуострова и его восточное побережье) в основном попадает в ареал распространения пирокластических отложений вулканов северной группы Камчатки. Эти вулканы находятся в фазе активного роста – с часто повторяющимися извержениями незначительного количества пирокластического материала, преимущественно базальтового, андезито-базальтового составов. Здесь развиваются слоисто-пепловые вулканические почвы, ха-

рактизирующиеся частым чередованием погребенных органогенных горизонтов и слабо трансформированных прослоев вулканических пеплов.

Центральные, южные и юго-восточные районы Камчатки (выделенные ранее как зона умеренных пеплопадов) сформированы в пеплах вулканов южной Камчатки, которые в основном находятся в зрелой фазе активного вулканизма – с редко происходящими крупными кальдерообразующими извержениями, продукты которых имеют кислый, риолитовый, риолито-дацитовый составы. Наиболее типичными для этих территорий являются охристые вулканические почвы.

В целом можно говорить, что почвы центральных, южных и юго-западных районов Камчатки сформированы, как правило, на кислых пеплах вулканов южной Камчатки, а почвы севера полуострова – на основных и средних пеплах вулканов северной группы полуострова.

Кроме отмеченной разницы в частоте извержений и составе поставляемого материала, молодая и зрелая фазы активности вулканов отличаются дальностью разноса пеплов и их объемами.

Характер почвообразования, адекватный современным природно-климатическим условиям, в полной мере отражает поверхностный органогенный горизонт почв. Поверхностные горизонты почв Камчатки (дерновые, дерновинные, грубогумусовые, сухоторфяные и т.п.) залегают, как правило, повсеместно на прослое вулканического пепла (далее приповерхностного пепла), мощность которого составляет ~ 3–5 см.

Приповерхностные пеплы Камчатки различаются химическим составом и возрастными характеристиками (~ от 30 до 3000 лет). Последнее обстоятельство можно использовать для моделирования частных и общих почвенных макропроцессов на основе пространственной серии дневных разновозрастных (датированных) почв, отождествляемых с последовательными стадиями их развития во времени (метод хронорядов). Поскольку вулканические почвы наиболее распространены на территории региона, они приняты за основу районирования полуострова, проведенного нами по возрасту и химическому составу приповерхностных пеплов (принадлежащих конкретным вулканическим событиям), в которых образованы поверхностные органогенные горизонты почв.

Районирование проведено на основе тефрохронологических данных о распространении идентифицированных приповерхностных прослоев пеплов (Брайцева и др., 1985; Bursik et al., 1993; Мелекесцев и др., 1996; Брайцева и др., 1995, 1997). При решении этой задачи в ходе полевых исследований уточнены границы ареалов распространения пеплов извержений двух вулканов. Установлено, что ареал приповерхностных пеплов северной группы вулканов (преимущественно вулкана Шивелуч), имеет более обширное распространение. Его западная граница проходит не по верховьям крупных рек восточного побережья, как показано на схемах тефро-

хронологических исследований, а простирается вплоть до побережья Охотского моря. Уточнена также западная граница распространения пепла вулкана Ксудач, возраст ~ 1760 лет. Наши исследования показали, что проходит она восточнее указанной ранее.

На Западном побережье определен ареал распространения приповерхностного пепла ранее не выделявшегося. Принадлежность его к конкретному вулканическому событию на сегодня не установлена. Абсолютный возраст его составляет ~ 2920 лет (устное сообщение О.А. Брайцевой). Пепел по химическому составу является риолито-дацитовым.

В результате выделены четыре основные почвенные провинции Камчатки (рис. 1).

1. Северная – поверхностные горизонты почв, образованы в пеплах андезитового состава вулканов северной группы Камчатки (преимущественно вулкана Шивелуч), возраст пеплов ~ 30 – 967 лет.

2. Центральная – поверхностные горизонты почв, образованы в пеплах риолито-дацитового состава вулкана Опала, возраст пепла ~ 1400 лет и пеплах того же состава вулкана Ксудач, возраст ~ 1760 лет.

3. Западная – поверхностные горизонты почв, образованы в пеплах риолито-дацитового состава неопознанной принадлежности, возраст ~ 2920 лет.

4. Юго-восточная – поверхностные горизонты почв, образованы в пеплах андезито-базальтового состава вулкана Ксудач, возраст пепла ~ 100 лет.

Охарактеризованы морфологические, физико-химические и химические свойства почв выделенных провинций.

При сравнении свойств почв, развитых в различных по составу и возрасту вулканических пеплах, принадлежащих вулканам, находящимся в разных фазах активности, в них обнаруживаются отличия по следующим характеристикам: строению почвенных профилей; частоте встречаемости в почвах охристых горизонтов; содержанию несиликатных форм кремния, железа и алюминия в средних и нижних частях профилей почв; степени насыщенности почв основаниями; реакции среды органогенных горизонтов; содержанию гумуса в органогенных горизонтах.

Почвы, развитые в пеплах вулканов северной группы, 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.

Большие объемы редко поставляемого материала, характерные для зрелой фазы активности вулканов, создают значительные площади почв, имеющих сходное строение, химические и физико-химические свойства.



находящихся в зоне активного почвообразования на протяжении 4–5 и более тысяч лет.

Как видно из табл. 1, охристые горизонты формируются в разных биоклиматических условиях – на западе, юге, юго-востоке и севере полуострова. Состав материала, который их слагает, различен – от андезитового до риолитового.

**Таблица 1.** Характеристики охристого горизонта

Район распространения	Состав материала	Время нахождения в зоне активного почвообразования, под поверхностным органомогенным горизонтом, лет	Возраст приповерхностных пеплов приблизительно, лет	Содержание несиликатных форм $Al_2O_3/Fe_2O_3$
Западное побережье, р. Утка	A	3980	2920	4.5/11.7
Западное побережье, р. Ича	A	3980	2920	3.7/5.0
Западное побережье, р. Ага	A	3980	2920	–
Юг Камчатки, оз. Толмачево	P	3400	1400	3.1/8.6
Юг Камчатки, среднее течение р. Карымчина	P	3400	1400	3.3/10.7
Юг Камчатки, окрестности п. Начики	A	5140	1400 лет	3.4/11.3
Север полуострова, р. Лев. Озерная	–	–	300 лет	4.8/13.8
Юго-восток, р. Вилюча	A	5140	100	2.7/8.6
Юго-восток, Петропавловск-Камчатский	A	5140	100	2.0/3.5
Окрестности вулкана Карымский	A	3300	Современные пеплы	1.5/4.0

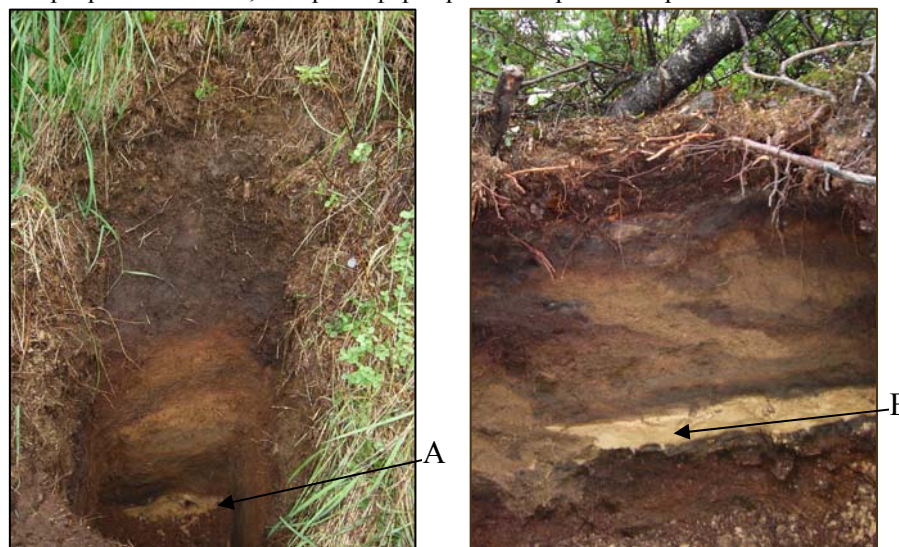
Примечание. Прочерк – нет данных, A – андезитовый, P – риолитовый.

То есть первые два из вышеназванных факторов не оказывают существенного влияния на формирование специфических свойств этих образований.

В охристых почвах не редко диагностируются слаботрансформированные 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 (рис. 2, А). На Юге полуострова – образованы извержением вулкана Курильское озеро, возраст пепла составляет ~ 7600 лет (рис. 2, Б).

Отличает их от охристых горизонтов сравнительно не продолжительный период времени, в течение которого они находились под поверхностными органомогенными горизонтами. Пепел извержения вулкана Хангар – 900 лет, пепел вулкана Курильское озеро – 700 лет. Впоследствии, почвы были перекрыты пеплами, которые сформировали охристые горизонты.



**Рис. 2.** Вулканические пепловые прослои, залегающие глубже охристых горизонтов и не обнаруживающие их специфических свойств. А – пепел извержения вулкана Хангар, возраст ~ 7769 лет (западная Камчатка); Б – пепел вулкана Курильское озеро, возраст ~ 7600 лет (юг полуострова).

Последние достаточно длительно не перекрывались молодыми пирокластическими образованиями. Как видно из табл. 1, в разных районах это период составил от 3300 до 5140 лет. Безусловно, это обстоятельство послужило фактором, определившим хорошую проработанность (явление псевдотиксотропии) пеплов, слагающих охристые горизонты. Вероятно, в зоне, в которой протекают активные процессы почвообразования, преобразующие свежий пирокластический материал (зона активного почвообразования), находятся только пепловые прослои, подстилающие поверхностные органогенные горизонты. После перекрытия почвы вулканическим пеплом процессы выветривания уже погребенных пепловых горизонтов фактически не происходят (например, неветрелые пеплы Хангар и Курильского озера).

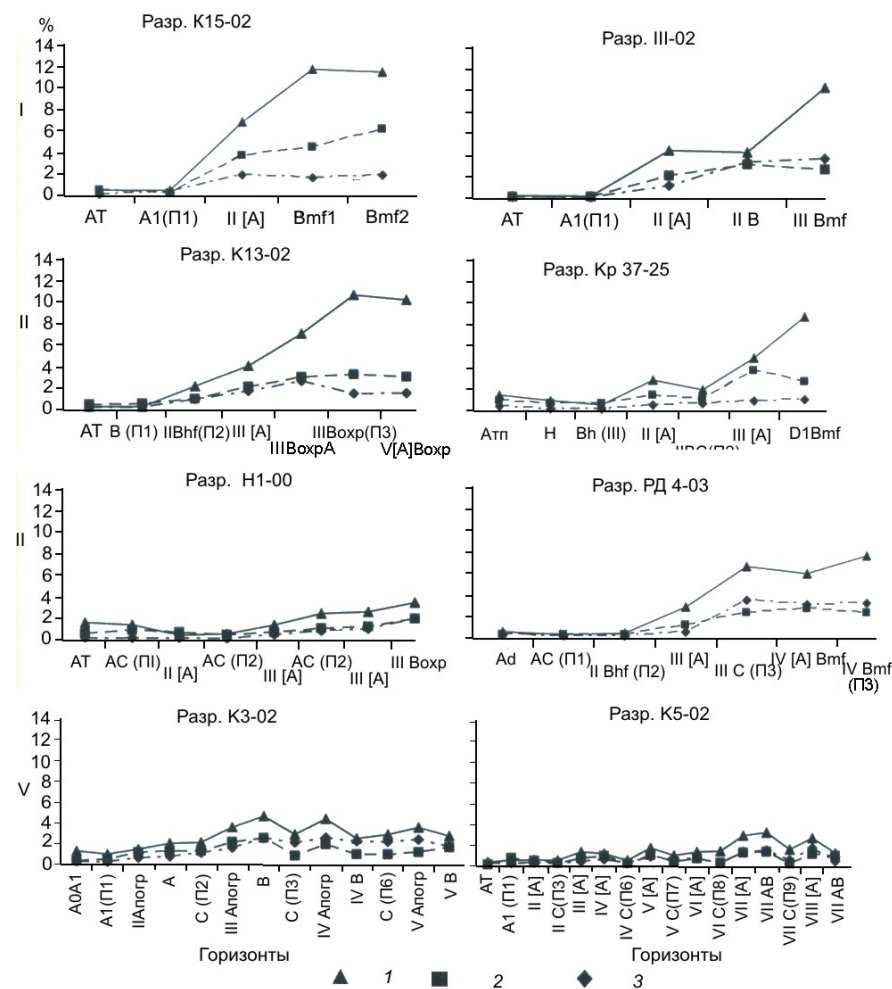
Это объясняет отсутствие охристых горизонтов и соответственно охристых почв в северной провинции, вблизи активно действующих вулканов северной группы. Частое перекрытие почв вулканическими пеплами не позволило образоваться в них охристым горизонтам.

Обращает на себя внимание связь возрастных характеристик приповерхностных пепловых горизонтов современных почв с содержанием в их охристых горизонтах несилкатных форм железа и алюминия (табл. 1). А также количество элементарных профилей в почвах и содержание в нижних горизонтах почв подвижного гумуса и несилкатных форм железа, алюминия.

Рассмотрим охристые почвы запада, юга и юга-востока Камчатки, которые сформированы преимущественно в риолито-дацитовых и риолитовых пеплах вулканов южной Камчатки, и слоисто-пепловые вулканические почвы центральной Камчатки, образованные в молодых андезитовых пеплах северной группы вулканов.

Районы исследований почв вулканов южной Камчатки попадают в три провинции с разными возрастными приповерхностных пеплов (ПП). Из них территория западной провинции долее других не перекрывалась пеплами молодых извержений (~ 2920 л.), почвы здесь несут в своем профиле современные органогенные горизонты, образование которых происходило наиболее длительный для Камчатки срок (рис. 3)

Почвы, распространенные в пределах Центральной 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-восточной провинции, в окрестностях г. Петропавловск и в районе верховий р. Вилюча возраст ПП составляет 100 лет. Эта зона сравнительно недавно (1907 г.) перекрывалась



**Рис. 3.** Зависимость распределения подвижных форм кремния, железа, алюминия по профилям вулканических почв от возраста приповерхностных пеплов. I – возраст ПП 2920 лет (западная провинция): разр. К15-02 (среднее течение р. Утка), разр. Ш8-02 (среднее течение р. Ича); II – возраст ПП 1400 лет (центральная провинция): разр. К13-02 (пос. Начики), разр. Кр 37-05 (р. Карымчина); III – возраст ПП 100 лет (юго-восточная провинция): разр. Н1-00 (окрестности г. Петропавловск), разр. РД 4-03 (верховье р. Вилюча); IV – возраст ПП 30 лет (северная провинция): разр. К3-02 (45 км на юго-запад от пос. Козыревск), разр. К5-02 (окрестности пос. Козыревск). Условные обозначения: 1 –  $Al_2O_3$ , 2 –  $Fe_2O_3$ , 3 –  $SiO_2$ .

пеплом извержения вулкана Ксудач. Для почв, образованных в пеплах северной группы вулканов, использованы данные по центральному району, 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 центрального района Северной провинции, образованы в андезитовых молодых пеплах извержений вулкана Толбачик в 1975–1976 г. и вулкана Безымянный в 1956 г. То есть возраст этих образований составляет ~ 30 лет.

Распределение несиликатных форм железа и алюминия в почвах с ПП 2920- и 1400-летнего возраста показывает накопление 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 низкие и фактически не варьируют.

Приведенные характеристики распределения растворимых 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 свежевыпавших пеплах образуются новые почвенные профили с преобладанием процесса гумусонакопления. Именно поэтому в почвах 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 окислов железа и алюминия по профилям почв с разновозрастными ПП.

Максимальное содержание этих соединений в охристых горизонтах характерно для почв, редко и относительно длительно 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 выветрелости пеплов, то концентрации этих соединений во всех почвах, содержащих охристые горизонты, были бы схожи.

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

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

Отличия pH 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.

**Таблица 2.** Сравнительный анализ физико-химических свойств почв, образованных в разных вулканических пеплах

Физико-химические свойства	pH водный органогенных горизонтов	Содержание гумуса в органогенных горизонтах	Степень насыщенности основаниями органогенных горизонтов	Валовые содержания Са/Mg в подстилающих вулканических пеплах
Почвы вулканов южной Камчатки	4.8-5.9	5.0-10.4	6.7-42.5	3/1.9
Почвы северной группы вулканов	5.9-6.9	1.6-2.8	41.4-73.9	6.6/3.0

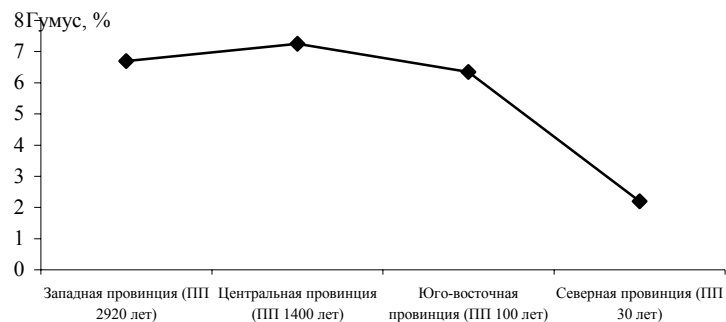
Так как процессы современного почвообразования в ранней фазе вулканизма значительно чаще прерываются выпадением пеплов. Вероятно, низкое содержание гумуса в почвах, распространенных вблизи вулканов северной группы Камчатки, связано, с замедленной трансформацией органического вещества в условиях регулярного поступлении на поверхность свежего пирокластического материала.

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

содержание гумуса в почвах, выделенных провинций, поверхностные органические горизонты которых образованы в разновозрастных вулканических пеплах (рис. 4).

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 органический горизонт формируется за период порядка 100 лет.

Небольшое содержание гумуса в поверхностных органических горизонтах почв, развитых в пределах центрального района северной провинции (возраст ПП ~ 30 лет), могут свидетельствовать о незрелости последних.



**Рис. 4.** Содержание гумуса в поверхностных органических горизонтах почв, образованных в разновозрастных приповерхностных вулканических пеплах.

Еще одно свидетельство не зрелости органических горизонтов почв, образованных в молодых пеплах северной группы вулканов, обнаружилось при сравнении свойств почв, развитых под различными типами растительных сообществ.

Как правило, для всех почв, сформированных в кислых пеплах вулканов южной Камчатки, характерны закономерные связи свойств почв с типами растительных сообществ. Основные отличительные признаки почв, развитых под разными растительными ассоциациями, следующие: характер сложения верхних органических горизонтов, проявление процессов оподзоливания верхних элементарных почвенных профилей, выраженность иллювиально-гумусовых процессов.

В почвах каменно-березовых лесов и лугов поверхностные органические горизонты являются грубогумусовыми, дерновыми или дерновинными, под кедровыми стланиками развиты сухоторфянистые образования. Под ольховыми стланиками и горно-тундровыми сообществами под поверхностными органическими горизонтами, как правило, залегают перегнойные.

Самыми высокогумусированными являются почвы стланиковых лесов и горных тундр, содержание углерода в органических горизонтах здесь достигает ~ 15–20%. При этом для почв ольховых стлаников характерна самая невысокая степень насыщенности основаниями ~ 1,7–5,9% и самый низкий показатель рН водной почвенной вытяжки, до 4,22. Почвы горных тундр несколько более насыщены основаниями ~ до 15–18% и имеют реакцию среды от 4,8 до 5,0 единиц. Наиболее низкие содержания органического вещества характерны, как правило, для почв каменно-березовых лесов (~ 7–11%). При этом насыщенность основаниями в почвах средняя ~ 20–30%, реакция среды близка к нейтральной, показатель рН варьирует в пределах ~ 5,9–6,5. Содержание гумуса в поверхностных дерновых горизонтах почв лугов выше, чем в грубогумусовых образованиях почв каменно-березняков (~ 10–17%), выше также насыщенность основаниями ~ 35–55%, реакция среды в почвах близка к нейтральной.

Почвы, сформированные под разными типами растительности в молодых пеплах северной группы вулканов, ни по характеру сложения поверхностных горизонтов, ни по их физико-химическим свойствам не обнаруживают существенных различий. Что, вероятно, также является свидетельством их незрелости.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для почвенного покрова Камчатки, развитого вблизи вулканов, находящихся в ранней фазе активности, характерны слоисто-пепловые вулканические почвы, образованные в андезитовых вулканических пеплах, с поверхности в них развиты органические горизонты, не достигшие субравновесного зрелого состояния. В почвах не выражены охристые горизонты и не проявлены иллювиальные процессы, содержание гумуса в них низкое, и относительно повышена насыщенность основаниями и реакция среды.

Для зрелой кальдерообразующей фазы вулканизма характерны вулканические охристые почвы, сформированные в риолито-дацитовых пирокластических отложениях. В почвах выражены охристые горизонты, проявлены иллювиальные процессы, они характеризуются зрелыми поверхностными органическими образованиями, высокими содержаниями гумуса, кислой реакцией среды органических горизонтов и низкой степенью насыщенности почв основаниями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Брайцева О.А., Кирьянов В.Ю., Сулержиский Л.Д.* Маркирующие прослой голоценовой тефры Восточной вулканической зоны Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1985. № 5. С. 80–96.

*Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В., Кирьянов В.Ю.* Последнее кальдерообразующее извержение на Камчатке (вулкан Ксудач)

1700–1800 <sup>14</sup>C-лет назад // Вулканология и сейсмология. 1995. № 2. С. 30–49.

*Брайцева О.А., Сулержицкий Л.Д., Пономарева В.В., Мелекесцев И.В.* Геохронология крупнейших эксплозивных извержений Камчатки в голоцене и их отражение в Гренладском ледниковом щите // Докл. РАН. 1997. Т. 352. № 4. С. 516–518.

*Глазовская М.А.* Стабильный гумус в пирокластических покровных отложениях и вулканических почвах Восточной Камчатки // Почвоведение. 1998. № 11. С. 1289–1302.

*Зонн С.В., Карпачевский Л.О., Стефин В.В.* Лесные почвы Камчатки. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 182–198.

*Ливеровский Ю.А.* Почвы равнин Камчатского полуострова. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 234 с.

*Маречек М.С.* Пространственные закономерности вулканического педоседиментогенеза на территории Камчатки (компьютерная модель): Дис. ... к. б. н. М., 2007.

*Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Базанова Л.И., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д.* Особый тип катастрофических эксплозивных извержений – голоценовые субкальдерные извержения Хангар, Ходуткинский “Маар”, Бараний амфитеатр (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 1996. № 2. С. 3–23.

*Соколов И.А.* Вулканизм и почвообразование. М.: Наука, 1973. 224 с.

*Соколов И.А., Белоусова Н.И.* Органическое вещество почв Камчатки и некоторые вопросы иллювиально-гумусового почвообразования // Почвоведение. 1964. № 10. С. 45–67.

*Bursik M. I., Melekestsev I.V., Braitseva O.A.* Most recent fall deposits of Ksudach volcano, Kamchatka, Russia. // Geophysical research letters. V. 20. № 17. 1993. P. 1815–1818.