

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭВОЛЮЦИИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЧВ КАМЧАТКИ

© 2005 Л.В. Захарихина

*Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, 683002*

С привлечением тефрохронологических данных (тефра пепел, переносимый по воздуху) о времени извержений камчатских вулканов и возрасте соответствующих пеплов, залегающих в лесных почвах, показано, что особенности почвообразования, связанные с разными стадиями активности вулканизма, можно оценить путем сравнения почв, сформированных в голоцене под влиянием деятельности южной группы вулканов, в которой преобладающей была зрелая, кальдерообразующая стадия вулканизма, и вулканов северной группы, деятельность которых можно параллелизовать с ранней (базальтоидной) фазой вулканизма, представляя таким образом влияние полного цикла вулканизма на почвообразование.

ВВЕДЕНИЕ

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 выпадением вулканических пеплов 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 (Зонн и др., 1963; Ливеровский, 1959; Соколов, 1973; Соколов, Белоусова, 1964).

Основы современных представлений о влиянии вулканизма на почвообразование изложены в монографии И.А. Соколова (1973), где впервые были выделены зоны, различающиеся по степени влияния пеплопадов на процесс почвообразования. В последние десятилетия получены обширные данные о возрасте, принадлежности и ареалах распространения вулканических голоценовых пеплов катастрофических извержений Камчатки (Брайцева,

Кириянов, 1985; Брайцева и др., 1995, 1997; Мелекесцев и др., 1994, 1996; Braitseva et al., 1997; Bursik., Melekestsev, Braitseva, 1993). Сопоставление выделенных ранее зон с распространением идентифицированных и датированных пирокластических отложений показало, что их границы в целом совпадают с ареалами «подповерхностных» пеплов (ПП), существенно отличающихся возрастными характеристиками. Отличия эти обусловлены связью пеплов с вулканами или вулканическими центрами, находящимися на разных фазах своего развития.

Выделенная И.А. Соколовым (1973) зона интенсивных пеплопадов (восточное побережье) в основном попадает в ареал отложения пирокластиков вулканов северной группы Камчатки. Вулканы этой группы находятся в молодой фазе активного роста, с часто повторяющимися извержениями незначительного количества пирокластического материала, отсюда — развитые здесь слоисто-пепловые вулканические почвы, характеризующиеся частым чередованием погребенных органических горизонтов и слабо трансформированных прослоев вулканических пеплов. Возраст «подповерхностных» пеплов здесь невелик, колеблется ~ в пределах от 40 до 900 лет.

Почвы зоны умеренных пеплопадов (центральные и юго-западные районы полуострова) сформированы в пеплах вулканов южной группы, последние в основном находятся в зрелой фазе активного вулканизма, с редко происходящими, кальдерообразующими извержениями. Именно здесь распространены наиболее типичные для Камчатки охристые вулканические почвы. Возраст ПП в этой зоне – самый древний для Камчатки, составляет ~ 1400 – 2900 лет.

В целом, полный цикл вулканизма может происходить за время, сопоставимое с продолжительностью периода современного почвообразования, т.е. эволюцию почвообразования в условиях вулканизма можно соотнести с эволюцией самого вулканизма.

Кроме отмеченной разницы в частоте извержений, молодая и зрелая фазы активности вулканов отличаются: дальностью разноса пеплов, объемами и составом извергаемого материала. Выделяется некий комплекс влияния вулканизма на почвообразование, характерный для разных стадий активности вулканов. Проследить эти различия можно путем сравнения почв, сформировавшихся в голоцене под влиянием деятельности южной и северной групп вулканов.

Целью работы являлось установление особенностей почвообразования в связи со стадийностью активного вулканизма на примере Камчатки.

Для достижения этой цели необходимо было решить следующие задачи: определить характерное время формирования поверхностных органогенных горизонтов, образованных в пеплах, отличающихся возрастными характеристиками в связи с различной периодичностью пеплопадов; изучить интенсивность накопления продуктов иллювиирования в их профилях; провести сравнение химических и физико-химических свойств почв, образованных в кислых и основных вулканических пеплах, принадлежащих разным фазам активности вулканизма; оценить характерные факторы влияния вулканизма на почвообразование в связи с его стадийностью.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ свойств почв, сформированных в пеплах южной группы вулканов Камчатки, проводился в пределах территорий: Западной Камчатки, юга, юго-востока полуострова и

центральной его части. По данным тефрохронологических исследований самые древние пепловые горизонты, подстилающие дневные (находящиеся на поверхности) органогенные горизонты вулканических почв Камчатки, распространены на западе полуострова, в южной и центральной его части. Территория Западной Камчатки не перекрывалась пеплами молодых извержений ~ 2920 лет, в центре и на юге полуострова дневная поверхность последний раз перекрывалась пеплом ~ 1400 лет назад.

Территория юго-востока полуострова перекрывалась вулканическим пеплом сравнительно недавно – при извержении вулкана Ксудач в 1907 г.

На западе Камчатки работы выполнялись в районах среднего течения рек Утка (разрез № К15-02) и Ича (разрез № Ш8-02). На юге полуострова почвы изучались в районе пос. Начики (в 7.5 км на юго-юго-восток от оз. Начикинское, разрез К13-02). На юго-востоке почвы охарактеризованы разрезами в окрестностях г. Петропавловска (лесной массив северо-восточной окраины города, в 3.5 км на запад от оз. Синичкина, разрез № Н1-00) и в верховьях р. Вилюча (РД 4-03). В центральной части почвы изучались в 33 км севернее пос. Мильково (разрез № К2-02).

Почвы, развитые в пепловом материале вулканов северной группы, изучались в окрестностях пос. Козыревск (разрезы №№ К5-02, К7-02), в 20 км на северо-восток от пос. Ключи (разрез № К9-02) и вблизи базы «вулканологов» на конусе «Д» Ключевской сопки (разрезы №№ К10-02, К11-02, К12-02) (рис. 1).

Климат территории Западной Камчатки, прилегающей к побережью Охотского моря, умеренно континентальный, годовое количество осадков 850-1000 мм. Средняя годовая температура отрицательная, до – 1°C. Из-за низких температур и высокой влажности воздуха район относится к категории избыточно увлажненных, годовой коэффициент увлажнения составляет 2.5. Для климата подобласти, расположенной у южных отрогов Восточного хребта Камчатки (окрестности г. Петропавловска-Камчатского, район пос. Начики), характерна относительно большая континентальность: средняя годовая температура от – 2 до – 4°C, среднегодовое количество осадков 500-700 мм. Изученная территория Центральной Камчатки, отделенная от моря горными хребтами, характеризуется наиболее

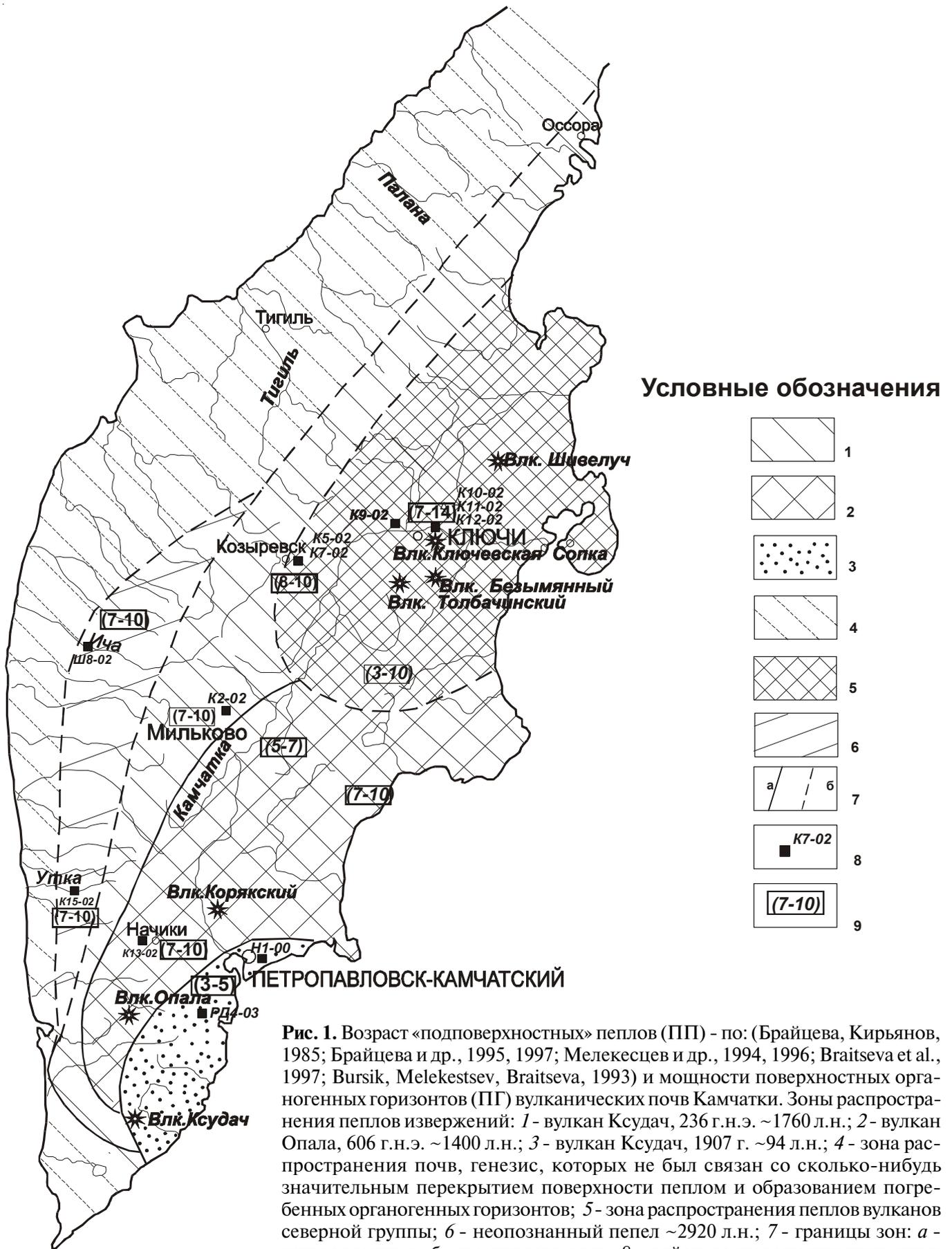


Рис. 1. Возраст «подповерхностных» пеплов (ПП) - по: (Брайцева, Кирьянов, 1985; Брайцева и др., 1995, 1997; Мелекесцев и др., 1994, 1996; Braitseva et al., 1997; Bursik, Melekestsev, Braitseva, 1993) и мощности поверхностных органо-генных горизонтов (ПГ) вулканических почв Камчатки. Зоны распространения пеплов извержений: 1 - вулкан Ксудач, 236 г.н.э. ~1760 л.н.; 2 - вулкан Опала, 606 г.н.э. ~1400 л.н.; 3 - вулкан Ксудач, 1907 г. ~94 л.н.; 4 - зона распространения почв, генезис, которых не был связан со сколько-нибудь значительным перекрытием поверхности пеплом и образованием погребенных органо-генных горизонтов; 5 - зона распространения пеплов вулканов северной группы; 6 - неопознанный пепел ~2920 л.н.; 7 - границы зон: а - установленные, б - предполагаемые; 8 - район расположения изученных почвенных разрезов и их номера; 9 - (5-8) - мощность ПГ (см).

континентальным климатом. Коэффициент увлажнения колеблется от 1 до 1.5, годовое количество осадков 350-700 мм.

Определяющими в растительном покрове изученных территорий являются сообщества каменно-березовых лесов, лишь в районах среднего течения рек Центральной Камчатки почвы преимущественно развивались под пологом лиственничных лесов.

Роль почвообразующей породы для всех дневных и погребенных органогенных горизонтов выполняют вулканические пеплы разных гранулометрического и химического составов.

Территории Западной Камчатки, юга и юго-востока полуострова располагаются в ареале распространения вулканических охристых почв. На изученной территории Центральной Камчатки распространены также вулканические охристые и слоисто-пепловые вулканические почвы.

В процессе работы применялись сравнительно-географический и сравнительно-тефрохронологический методы исследования. На основе данных тефрохронологических исследований рассматривалась пространственная серия дневных и погребенных разновозрастных (датированных) почв, отождествляемых с последовательными стадиями их развития во времени. Основой работ были маршрутные почвенно-геоботанические исследования, в процессе которых заложено и описано 12 опорных разрезов с отбором почвенных образцов для аналитической обработки.

Состояние почв оценивалось по следующим показателям: потери при прокаливании, рН водной вытяжки, гидrolитическая кислотность, содержания гумуса (методом И.В. Тюрина), подвижные формы кремния, железа и алюминия (вытяжка О. Тамма), обменные — кальция и магния (комплексометрическим методом). По результатам анализа валового состава (химическим методом) определялось распределение по профилям почв элементов органоенов — Р, Са, Mg, Mn, К и Na, а также содержание SiO₂ и R₂O₃. Химические свойства почвы определялись методами, предложенными в руководствах А.В. Петербургского (1968) и Е.В. Аринушкиной (1970).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Общей особенностью всех изученных почв являются слоистость и полигенетичность про-

филя, состоящего из двух и более наложенных друг на друга элементарных профилей, в каждом из которых выделяются органоенные горизонты и несколько четко диагностируемых слоев слабо трансформированных вулканических пеплов.

Почвы, изученные в пределах территорий Западной Камчатки, юга и юго-востока полуострова содержат в профиле охристый горизонт *Вохр.*, относятся к типу вулканических охристых почв и являются наиболее распространенными и специфичными для Камчатки, выделены они И.А. Соколовым (1973). Специфика охристого горизонта определяется пирокластической природой субстрата и ярко выраженным явлением псевдотиксотропии — выделением влаги при разминании структурных отдельностей. Горизонт этот сложен среднеголоценовыми пеплами извержений вулканов южной группы: Авачинский, Ксудач и Курильское озеро, в самой северной точке западной подобласти (верхнее течение р. Ича) также пеплом извержения влк. Хангар (Braitseva et al., 1997). Ареал охристых почв совпадает с ареалом распространения пеплов отмеченных извержений. Эти пеплы формируют литогенную основу горизонта *Вохр.*, как правило, не диагностируются индивидуализируемыми прослоями, слагают достаточно однородный по окраске и сложению охристый горизонт, в котором, вероятно, присутствуют также продукты вторичного переотложения пеплов и пирокластический материал мелких извержений этого периода.

Изученная территория Западной Камчатки (до р. Ича) располагается на оси пеплопадов трех из этих извержений: извержения влк. Ксудач (4907 г. до н.э.), извержения влк. Хангар (5769 г. до н.э.) и извержения влк. Курильское озеро (6459 г. до н.э.). В верхней части почвенного профиля под поверхностным грубогумусовым горизонтом распространен риолито-дацитовый светло-серый пепел неопознанной принадлежности, имеющий возраст 2920 лет (устное сообщение О.А. Брайцевой). Под пеплом извержения влк. Хангар выражен органоенный горизонт.

Для характеристики морфологического строения почв этой территории приводим описание разреза, заложенного в районе среднего течения р. Ича. Разрез № Ш8-02 (рис. 1). Левый берег р. Шануч (правый приток р. Ича), северо-восточная экспозиция склона отметки 331 м, крутизной ~ 3-5°. Каменно-березовый

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭВОЛЮЦИИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЧВ КАМЧАТКИ

Разрез № Ш8-02

Горизонт	Глубина залег., см	Описание
О	0.5-0	Слаборазложившаяся, спрессованная листва березы;
АТ	0 – 9	грубогумусовый, очень темно бурый, рыхлый, тонкие корни и редко корни до 7-10 мм в диаметре, переход ясный, граница ровная;
А ₁ (П ₁)	9– 12	вулканический пепел неопознанной принадлежности, имеющий возраст 2920 лет (устное сообщение О.А. Брайцовой), серый, легкий суглинок, плотноватый, мелкокомковатый, редко тонкие корни, переход ясный по цвету, граница волнистая; темно кофейный, непрочно ореховатый, супесь, рыхлый, включения неокатанной дресвы, мелкие корни 1-2мм, редко корни до 7 мм, переход ясный по цвету, граница волнистая;
II[A]	12 – 16	ярк охристый, в верхней части выражена псевдотиксотропия, рыхлый, редко мелкие корни, переход постепенный;
IIВохр	16 – 20	пепел влк. Хангар, желтый, мелкий песок, плотноватый, корни до 3 5мм, переход кармановидный;
IIBC (П ₂)	20 – 25	буровато-серый, хорошо мажется, супесь, комковатый, плотноватый, корни до 1-3мм и 3 5мм, переход ясный граница волнистая;
III[A]	25 – 31	буровато-охристый, гумусовые пятна и затеки, очень хорошо выражена псевдотиксотропия, влажный, сильно мажется, комковатый, включения хорошо окатанной дресвы, переход постепенный;
IIIВохр	31 – 40	хорошо окатанный галечник с дресвяным наполнителем.
D	40 и ниже	

низкотравно-кустарниковый лес. Каталог индексов горизонтов приведен в приложении.

На изученной территории юга полуострова в окрестностях пос. Начики поверхностный грубогумусовый горизонт сформирован в риолит-риодацитовом пепле влк. Опала (Бараний амфитеатр), календарный возраст 606 г. н.э. (ОП). Верхняя часть этого пеплового слоя освещена (отмытые зерна) элювиальный горизонт в профиле. Нижняя часть слоя имеет буровато-охристые, кофейные тона (зерна покрыты гумусово-железистыми пленкам) иллювиальный горизонт в элементарном профиле.

Второй пепловый прослой, расположенный в средней части профиля, представлен риолито-дацитовым пеплом извержения влк. Ксудач 236 г. н.э. В состав охристых горизонтов, кроме неопознанных пеплов, входят пеплы извержений влк. Ксудач (4907 г. до н.э.) и влк. Курильское озеро (6459 г. до н.э.).

Для примера приводим описание разреза, заложенного в 7.5 км на юго-юго-восток от оз. Начикинское. Разрез К13-02 (рис. 1). Склон увала, уклон ~3°. Каменно-березовый разнотравно-кустарниковый лес. Жимолость съедобная и Шамиссо, рябина, кипрей, крестовник, майник, злаки.

Поверхностный органогенный горизонт на юго-востоке полуострова (окрестности г. Петропавловска-Камчатского и верховья р. Вилюча) сформирован в андезито-базальтовом сером, крупно-зернистом пепле извержения влк. Ксудач, 1907 г. Пепел извержения влк. Опала зале-

гает здесь в средней части профиля. При этом существенных различий в сравнении с этим же пеплом, распространенном на юге в верхней части профиля, не наблюдается. Для примера приводим описание разреза, заложенного в верховьях р. Вилюча.

Разрез РД 4-03 заложен 25 сентября 2003 г. (рис. 1). Междуречье р. Вилюча и руч. Спокойный. Пологий склон возвышенности отметки 717.8м, крутизной первые градусы. Каменно-березовый разнотравно-кустарниковый лес.

Вулканические почвы Центральной Камчатки сформированы преимущественно в андезитовых и андезитобазальтовых пеплах извержений вулканов северной группы: Шивелуч, Толбачик, Безымянный, Ключевская сопка. Для примера морфологического строения почв приводим описание разреза, заложенного в окрестностях пос. Козыревск.

Разрез К5-02 (рис. 1). В 3 км на юго-восток от поселка, ~1км на восток от сухой Козыревской реки. Лиственничник травяной.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Известно, что в вулканических почвах Камчатки развиты иллювиальные процессы (Глазковская, 1998; Соколов, 1973; Соколов, Белосова, 1964) (вынос органо-минеральных соединений вниз по профилю почв с частичным их закреплением в средней части). Интенсивность процесса иллювиации можно оценить путем сравнения степени его выраженности в

Разрез № К13-02

Горизонт	Глубина залег., см	Описание
О	1-0	Опад из слаборазложившихся стеблей трав и листьев березы;
АТ	0-5	темно-буровато-серый легкий суглинок, густо переплетен корнями, много мягкого аморфного органического вещества, значительная примесь палевого пирокластического материала из нижележащего горизонта, переход ясный, граница слабоволнистая;
Е (П ₁)	5 – 10	пепел извержения влк. Опала 606 г., буровато-серый, при высыхании светлеет, мелкий песок с примесью аморфного органического вещества, палевый, средний песок, под лупой минеральные зерна покрыты тонкими буроватыми пленками, слабо скреплен корнями, граница четкая слабо волнистая;
Bhf (П ₁)	10 – 15(20)	пепел извержения влк. Опала 606 г., неоднородный от буровато-желтого до темно-бурого, средне-песчаный, свежий рыхлый бесструктурный, минеральные частицы покрыты темно-бурыми пленками, корней заметно меньше, чем в вышележащем, переход четкий граница волнистая;
II [A]	15(20) – 27	темно-бурый, легкий суглинок, мелко-комковатый, плотноватый, переход ясный, граница волнистая, варьирует по мощности;
II Bhf (П ₂)	27 – 30	пепел извержения влк. Ксудач (236 г. н.э.), неоднородный от кофейного до красновато-бурого, песчаный, рыхлый, бесструктурный, переход ясный по сложению, граница слабо волнистая;
II B ₂	30 – 33	светло-буровато-желтый, опесчаненый легкий суглинок, непрочно-комковатый, переход резкий, граница волнистая;
III [A]	33 – 40(47)	бурый, уплотненный, структура двух уровней – от блочной (более крупной) до комковатой (II-ой уровень), средний суглинок, различимы мелкопесчаные частицы темно-серой тефры, редко тонкие и средние до 0.5 см корни, слабо выражена псевдотиксотропия, переход ясный граница волнистая;
III ВохрА	40(47) – 53	желтовато-бурый неоднородный, редко темные пятна буроватого цвета, комковатый в двух уровнях, мелкопористый, выражена псевдотиксотропия, корней заметно меньше, чем в вышележащем, граница ровная, переход четкий;
III Вохр.	60 – 63	пепел извержения влк. Ксудач (4907 г. до н.э.), ярко-охристый непрочно-комковатый, средний суглинок, самый яркий в профиле, очень хорошо выражена псевдотиксотропия, переход ясный, граница волнистая;
IV[A]	63 – 66	серовато-бурый, средний суглинок, комковатый, выраженность псевдотиксотропии средняя, корней нет, граница мелко-волнистая, переход ясный;
IV[A]B	66 – 68	неоднородный пятнистый от серовато-бурого до желтого, мелкий песок, комковатый в двух уровнях, слабо-пористый, граница волнистая, переход резкий;
V[A] Вохр	68 – 85	неоднородный от темно-бурого до охристого, структура двух уровней – от плитчатой (более крупной) до блочной (II-ой уровень), очень хорошо выражена псевдотиксотропия, переход ясный, граница волнистая;
D	от 85 и ниже	моренные отложения, окатанные валуны и галька с гравийным заполнителем.

профилях почв, дневные горизонты которых сформированы в разновозрастных пеплах, схожих по химическому составу. Рассмотрим охристые почвы западной Камчатки, юга и юга-востока полуострова, которые сформированы преимущественно в риолито-дацитовых и риолитовых пеплах южной группы вулканов. Районы исследований попадают в три зоны с разными возрастами «подповерхностных» пеплов (ПП). Территория Западной Камчатки долее других не перекрывалась пеплами молодых извержений (~ 2920 л.), лесные почвы здесь несут в своем профиле дневные гумусовые горизонты, образование которых происходило наиболее длительный для Камчатки срок. Почвы, изученные в окрестностях пос. Начики,

имеют возраст ПП ~1400 лет, здесь дневная поверхность последний раз перекрывалась пеплом влк. Опала в 606 г.н.э. В окрестностях г. Петропавловска и в районе верховий р. Вилюча возраст ПП составляет 97 лет, эта зона, сравнительно недавно перекрывалась пеплом извержения вулкана Ксудач в 1907 г. (рис. 1).

По данным валового состава, в почвах с возрастом ПП ~2920 лет и в почвах с возрастом ПП ~1400 лет отношения $SiO_2 : R_2O_3$ относительно поверхностного горизонта АТ дифференцированы, максимум фиксируется в пепловых горизонтах, минимум в погребенных гумусовых и в охристом горизонте (табл. 1). В почвах с возрастом ПП 97 лет уменьшение отношения $SiO_2 : R_2O_3$ в нижней части профиля,

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭВОЛЮЦИИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЧВ КАМЧАТКИ

Разрез № РД4-03

Гори-зонт	Глубина залег., см	Описание
О Ad	1-0 0 – 6 (8)	Бурый слабо разложившийся опад, состоящий из стеблей трав и листьев березы; дерновый, грубогумусовый, бурый, рыхлый, скреплен тонкими корнями, заметная примесь средне песчаного пирокластического материала из нижележащего пепла извержения влк. Ксудач, 1907 г., отслаивается;
АС	6 (8) – 10 (12)	пепел извержения влк. Ксудач, 1907 г., серый крупно-зернистый вулканический песок, при высыхании светлеет до пепельно-серого, под лупой минеральные зерна преимущественно темно-серые, редко зерна, покрытые тонкими желтыми пленками, зерна не раздавливаются даже при сильном нажиме, пронизан тонкими корнями, граница четкая слабоволнистая, варьирует по мощности;
II A ₁	10(12) – 15(17)	первый погребенный гумусовый, темно бурый, образован в пепле влк. Опала ~ 1400 л.н. (606 г.н.э.), рыхлый, скреплен тонкими корнями, слегка оторфован, заметны светло-палевые зерна вулканического песка (Опала, 606 г. н.э.), легкий суглинок, переход ясный, граница слегка волнистая;
II E	15 (17) – 23 (25)	пепел извержения влк. Опала 606 г., буровато серый, при высыхании светлеет, средний песок, под лупой преимущественно минеральные зерна светло палевого цвета, редко зерна покрытые буроватой очень тонкой пленкой, при сильном нажиме зерна раздавливаются (внутри почти белые), корней заметно меньше, чем в вышележащем, граница четкая слабо волнистая, варьирует по мощности;
II B _{hf}	23 (25)– 26 (28)	пепел извержения влк. Опала 606 г., свежий, от светло желтого до кофейного, средний песок, рыхлый бесструктурный, под лупой состав идентичен вышележащему, отличие лишь в более темных тонах железистых пленок на зернах (от желтого до темно-бурого), переход четкий, граница волнистая;
III [A]	26 (28) – 33 (36)	второй погребенный гумусовый, темно-бурый, средний суглинок, значительная примесь крупно песчаного пирокластического материала, непрочно комковатый, состоит из мелких комковато округлых агрегатов, которые растираются с выделением влаги (псевдотиксотропия), переход ясный, граница волнистая, варьирует по мощности;
III ВохрС	33 (36)– 46 (51)	желтовато-темно-бурый, не однородный, чередование горизонтально стратифицированных слоев и линз: темно-бурых песчано-пылеватых и светло охристых суглинистых с выраженной псевдотиксотропией, средний суглинок;
III С	46 (51) – 53 (61)	пепел извержения влк. Ксудач ~ 1760 л.н. (236 г. н.э.), красновато-охристый, дресва с незначительным мажущимся суглинистым заполнителем, под лупой крупные зерна тефры облеплены красновато кофейными частицами, в отличие от вышележащей пушистой почвенно-пирокластической толщи заметно более уплотнен, переход ясный, граница волнистая;
IV[A] Вохр	53 (61) – 69 (73)	третий погребенный гумусовый, неоднородный, бурый с охристыми пятнами, с хорошо выраженным явлением псевдотиксотропии, средний суглинок, в средней части, на глубине 63-68 см линзами желтый средний песок, структура двух уровней – от блочной (более крупной) до комковатой (II-ой уровень), тонкие и средние до 0.5 см корни, переход ясный, граница слегка волнистая;
IV ВохрС	69 (73) – 80 (88)	пепел извержения влк. Ксудач ~ 6900 л.н. (4907 г. до н.э.), ярко-охристый, комковатый разных уровней, в профиле самый яркий с наиболее ярко выраженным явлением псевдотиксотропии, тяжелый суглинок, переход ясный, граница ровная;
IV D ₁	80 (88) – 140	неопознанный пирокластический чехол возрастом от 6900 лет (вышележащий Ксудач 4907 г. до н.э) и до начала голоцена или позднего плейстоцена, бурый неоднородный, серовато-бурые прослои (от песка до легкого суглинка) чередуются с черными основными пеплами (средний песок), в средней части на глубине 97 – 100 см гумусовая серовато-бурая средне суглинистая прослойка;
IV D ₂	от 140 и ниже	делуво -элювий горных пород.

ЗАХАРИХИНА

Разрез № К5-02

Горизонт	Глубина залег., см	Описание
О	0 – 4	Неразложившаяся листовничная хвоя; уплотненный; переход ясный, граница ровная;
A ₁ (П ₁ , П ₂)	4 – 8	состоит из 2х пепловых прослоев: Толбачик ₁₉₇₅₋₁₉₇₆ (П ₁) и Безымянный ₁₉₅₆ (П ₂), темно-серый, свежий, плотноватый, густо переплетен корнями до 0.2 см, элементы оторфованности, переход ясный, граница ровная;
II[A]	8 – 12	темно-бурый, перегнойно-гумусовый, рыхлый, много корней до 0.2 см, переход ясный, граница ровная;
IIС (П ₃)	12 – 14	пепел Шивелуч ₁ извержения 1652 г., белесоватый, песок, переход ясный, граница ровная;
III[A]	14 – 18	темно-бурый, перегнойно-гумусовый, свежий, плотноватый, супесь, непрочно-комковато-порошистый, корни до 0.2 см, переход ясный, граница слабоволнистая;
IIIС (П ₄)	18 – 20	пепел Шивелуч ₂ 1034 г. н.э., белесоватый, песок, переход ясный, граница слабоволнистая;
III D (П ₅)	20 – 20,5	пепел влк. Ключевской или влк. Толбачика, темно-серый;
IV[A]	20,5 – 24	темно-бурый, свежий, рыхлый, супесь, непрочно-комковатый, корни до 0.2 см, в нижней части включения дресвы прослойкой (пепел влк. Толбачика или влк. Ключевской), переход ясный, граница слабоволнистая;
IV С (П ₆)	24 – 29	пепел Шивелуч ₃ извержения 653 г. н.э., белесоватый, уплотненный, редкие корни, переход ясный, граница ровная;
V[A]	29 – 34	бурый, свежий; уплотненный, средний суглинок, непрочно-комковато-порошистый, корни, в средней части включения углей, неоднородный – линзами в средней части включения палевого пепла Опала 606 г., переход ясный, граница волнистая;
VC (П ₇)	34 – 46	пепел извержения влк. Ксудач извержения 236 г. н.э., неоднородный желтый с серыми пятнами, прогумусирован, плавные затеки и разводы органического вещества;
VI[A]	46 – 48	бурый, свежий, уплотненный, легкий суглинок, непрочно-комковато-порошистый, в нижней части включения углей, единичные корни, переход ясный, граница ровная;
VI С (П ₈)	48 – 52	пепел влк. Безымянный извержения ~ 465 г. до н.э., серовато-желтый, переход ясный, граница волнистая, местами пыльчатая;
VI D ₁ (П ₉)	52 – 54	переотложенный пепел, неоднородный серый, в средней части гумусированные прослойки мощностью до 0.5 см в верхней и нижней частях, переход ясный, граница волнистая;
VI D ₂ (П ₁₀)	54 – 56	пепел влк. Шивелуч ₃ извержения 780 г. до н.э., белесоватый, песок средний;
VII[A]	56 – 74	неоднородный от буровато-желтого до бурого, влажноватый, легкий суглинок, комковатый, редкие корни, в нижней части хорошо прокрашенный гумусированный прослой мощностью до 3-х см, верхняя граница осложнена инволюциями и окрашена в наиболее светлый цвет, переход постепенный;
VIIAB	74 – 96	темно-бурый, влажноватый, средний суглинок, комковатый, единичные корни, переход ясный, граница волнистая;
VIIС (П ₁₁)	96 – 101	пепел влк. Хангар извержения 5769 г. до н.э., желтый, переход ясный, граница слабоволнистая;
VIII[A]	101 – 112	серовато-желтый, влажноватый, уплотненный, средний суглинок, комковатый, с включениями мелких (до 0.1 см) углей, в нижней части прерывистые прослойки хорошо гумусированного материала и линзы тонкого желтого пепла и вулканического песка, переход постепенный;
VIIIAB	112 – 130	буровато-желтый, слоистый, влажноватый, уплотненный, средний суглинок, неясно-плитчатый, много прерывистых гумусированных прослоек, переход заметный;
IXD	130 – 160	сизовато-бурый, подстилающая супесь, влажный, холодный, средний суглинок, плитчатый, в верхней части гумусированные линзы.

относительно поверхностного горизонта, проявлено слабее, чем для почв с более древним ПП (табл. 1).

Распределение по профилю почв подвижных форм кремния, железа и алюминия в почвах с ПП 2920- и 1400-летнего возраста показывает накопление полуторных окислов в погребенных и иллювиальных горизонтах, содержание железа составляет 3-4%, алюминия 7-11% (табл. 2). В почвах с возрастом ПП 94 года увеличение содержания этих компонентов в нижней части профиля менее значительно (2-3% и 3-8% соответственно) и, очевидно, в основном отражает существования горизонта II[A] в положении поверхностного (~1300 лет формировавшегося в пепле влк. Опала 606 г. до извержения влк. Ксудач в 1907 г.), а не влияние процессов, протекающих в современном элементарном профиле.

Очевидно, перекрытие почвы вулканическим пеплом имеет определенный “консервирующий” эффект для иллювиальных процессов. На свежесвыпавших пеплах образуются новые почвенные профили с преобладанием процесса гумусонакопления.

С другой стороны, времени, прошедшего после извержения влк. Ксудач с 1907 г. (~100 лет) оказалось достаточно для формирования зрелого поверхностного органогенного горизонта: его мощность (в среднем 5-7 см) существенно не отличается от таковой в почвах с более древними ПП (5-8 см) на территории Центральной Камчатки, 5-10 см в почвах с возрастом ПП 1400 лет) (рис. 1, табл. 1, 2). Потери при прокаливании, степень насыщенности основаниями, рН для поверхностных органогенных горизонтов всех почв также сходны.

Влияние вулканизма на почвообразование в разные фазы активности вулканической деятельности можно проследить при сравнении отдельных территорий, на которых вулканы (вулканические центры) проходят в голоцене сходные стадии эволюции. По этим признакам достаточно контрастно различаются юго-запад Камчатки и район северной группы вулканов.

В самом общем виде для вулканической деятельности характерна длиннопериодная цикличность, в которой элементарные циклы включают ряд стадий или фаз развития. Каждой фазе соответствуют свои комплексы пирокластических отложений, имеющие определенный вещественный состав и характерный объем извергнутого материала. Самая первая,

наиболее молодая фаза активного роста вулкана (вулканического центра), характерна часто повторяющимися извержениями незначительного количества пирокластического материала, преимущественно базальтового, андезито-базальтового составов. Далее наступает длительный период покоя, который может заканчиваться крупным кальдерообразующим извержением, продукты которого имеют кислый, риолитовый риолито-дацитовый составы. Внутри образовавшейся кальдеры может начаться формирование нового базальтового конуса, и цикл может повториться.

Крупнейшие кальдерообразующие извержения в голоцене характерны для южной группы вулканов Камчатки, оказавшей свое влияние на весь юго-запад полуострова.

Для вулканов северной группы характерны гораздо большие объемы базальтовых построек, но существенно меньшие размеры кальдер (гавайского типа или взрывных) и преимущественно средний, андезитовый состав связанного с ними пирокластического материала (пепла). В целом можно говорить, что почвы Западной и Южной Камчатки сформировались в основном на кислых пеплах южной группы вулканов, а почвы Центральной и северной Камчатки - на основных и средних пеплах вулканов северной группы. Отвлекаясь от тонких различий состава продуктов вулканов обеих групп, можно параллелизовать вулканизм северной группы с ранней (базальтоидной) фазой деятельности южной, представляя соответственно влияние полного цикла вулканизма на почвообразование.

При самой общей оценке свойств почв, развитых под влиянием указанных фаз вулканизма, наиболее явные их различия отмечаются в содержаниях гумуса, реакциях среды (рН) органогенных горизонтов и степени насыщенности почв основаниями. Почвы, сформированные в кислых пеплах южной группы вулканов, содержат больше гумуса в современных и погребенных органогенных горизонтах, имеют более кислую реакцию среды и меньшую степень насыщенности основаниями (табл. 2, почвы юга и запада Камчатки и почвы Центральной Камчатки).

Эти отличия, конечно, могут быть связаны и с разными климатическими условиями и типами растительности, в связи с которыми формируются почвы. Однако разрезы почв, изученные в пределах Центральной Камчатской Депрессии, сформированные в сходных клима-

тических и ботанических условиях, но на пеплах разного химического состава (табл. 2. разрез № К 2-02, в пеплах южной группы, разрез № К 5-02, в пеплах северной группы), имеют такие же различия, очевидно, все же связанные с химическим составом пеплов. В разрезе № К 2-02, заложенном в 33 км севернее пос. Мильково, где еще нет пеплов северной группы вулканов, но присутствует риолит-дацитовый пепел извержения влк. Ксудач, содержания гумуса в погребенных органогенных горизонтах составляют 4.2-4.7%, значения рН в них же 4.7-5.6, степень насыщенности основаниями ~30-60. Разрез же, заложенный в окрестностях пос. Козыревск (№ К 5-02), сформирован преимущественно в андезитовых пеплах вулканов северной группы, и здесь средние содержания гумуса в органогенных горизонтах составляют 1-2.4%, значения рН 5.9-7 степень насыщенности основаниями ~48-80. Почвы же, сформировавшиеся под разными типами растительности и имеющие сходный по химическому составу и источникам (вулканам) набор пепловых горизонтов (разрезы №№ К 5-02, 7-02, 9-02, 10-02, 11-02, 12-02, табл. 2), не обнаруживают существенных различий по этим показателям.

Слабовыветривающиеся вулканические пеплы сами по себе являются достаточно инертной почвообразующей породой. Однако известно, что в момент извержения они обладают высокой сорбционной способностью (Башарина, 1958; Гущенко, 1965; Мархинин, и др., 1961; Товарова, 1958). Согласно данным, полученным при исследованиях свежесвыпавших пеплов влк. Безымянный (извержение 1956 г.), основными анионами, сорбирующимися на поверхности пепловых частиц из газовой фазы во время извержения, являются Cl^- и SO_4^- , основными катионами Mo , V , Cu , Fe , Ti , Mn . Накопление металлов пеплами оказывается очень значительным, достигая в ряде случаев 35-75% всего количества Fe , Ti , Mg , Mn , входящих в валовой состав пеплов. Сорбированные вещества являются очень подвижными и легко вымываются из пеплов.

Возможно, именно эти подвижные микрокомпоненты дают часто наблюдаемый всплеск биопродуктивности культурных растений после выпадения свежих пеплов, а различия в содержаниях гумуса и реакциях среды почв, развивающихся на кислых или основных пеплах, связаны с их большей или меньшей сорбционной способностью.

К сожалению, исследования сорбционной способности свежих пеплов единичны и пока не позволяют оценить влияние сорбируемых веществ по всему спектру составов вулканических пеплов. Однако установлено, что максимальная сорбционная способность свойственна пеплам более сильных извержений, и наибольшее количество металлов сорбируется на зернах вулканического стекла, меньше на зернах плагиоклаза (Гущенко, 1965).

Полученные нами данные о количественно-минеральном составе пеплов (требующие дальнейшего уточнения с учетом ряда факторов) свидетельствуют о том, что в кислых пеплах (выпадающих при более сильных кальдерообразующих извержениях), сравнительно с основными, содержится больше зерен вулканического стекла и меньше зерен минералов (табл. 3). Не исключено, что в том числе и поэтому почвы, развитые в кислых пеплах, которые приносят больше легко подвижных микрокомпонентов и дают больший всплеск биопродуктивности растений, содержат больше гумуса и имеют более низкие значения рН.

Отмеченные отличия в свойствах почв, сформированных в разные фазы активности вулканизма, связаны не только с химическими свойствами тефры и интенсивностью извержений, а также и с частотой выпадения пеплов. Процессы современного почвообразования в ранней базальтоидной фазе вулканизма значительно чаще прерываются выпадением пеплов. Вероятно, в том числе ещё и из-за этого в органогенных горизонтах здесь содержится меньше гумуса, почвы имеют максимально расчлененный, слоистый профиль. Отличия же в реакциях среды и степени насыщенности почв основаниями связать с частотой извержений нельзя, очевидно, они все же зависят от химического состава пеплов и разной их сорбционной способности при извержениях.

В целом для Камчатки для ранней базальтоидной фазы активности вулканов характерны слоисто-пепловые вулканические почвы, для зрелой кальдерообразующей вулканические охристые.

Дальнейший детальный анализ отмеченных закономерностей необходимо проводить с учетом эоловой дифференциации пеплов при их переносе от источника (более легкие частицы вулканического стекла, обладающие относительно большей сорбцией в момент извержения, могут переноситься дальше, где соответственно

будет относительно увеличиваться их содержание) и принадлежности вулканических пеплов к разным источникам (вулканам) и типам извержений, имеющих отличия в составе газовой фазы в момент эксплозии.

ВЫВОДЫ

1. При перекрытии дневной поверхности почвы пепловым материалом процессы иллювиования прерываются, и преобладающим становится процесс гумусонакопления. За период порядка ~100 лет формируется зрелый поверхностный органогенный горизонт.

2. Почвы, формирующиеся в разные стадии активности вулканизма, отличаются строениями профилей, содержаниями гумуса, реакциями среды (рН) органогенных горизонтов и степенью насыщенности почв основаниями. Возможно, вариации физико-химических свойств связаны с разной сорбционной способностью свежевывавших пеплов, в которых формируются почвы. Сорбционная способность пеплов зависит от масштаба извержения и состава его продуктов.

3. Основные факторы влияния вулканизма на почвообразование масштаб (объем, дальность разноса пеплов), частота извержений и состав его продуктов, которые отличны для ранней и зрелой стадий активности вулканов.

Исследования проведены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований проект № 05-04-48262. При идентификации и корреляции пепловых горизонтов использовались тефрохронологические данные, а также устные консультации тефрохронологов (О.А. Брайцева, Л.И. Базанова, И.В. Мелекесцев) при полевых исследованиях. Описание почв Центральной Камчатки осуществлялось в сотрудничестве с Л.О. Карпачевским, С.А. Шобой, А.О. Макеевым, И.О. Алябиной, М.С. Маречек. Автор глубоко благодарен Н.И. Белоусовой за ценные критические замечания.

Список литературы

Башарина Л.А. Исследование газообразных продуктов вулканов Ключевского и Шивелуча // Бюл. вулканол. станций. 1958. № 27. С. 3-8.

Брайцева О.А., Кирьянов В.Ю., Сулержицкий Л.Д. Маркирующие прослои голоценовой тефры Восточной вулканической зоны Кам-

чатки // 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 ¹⁴С-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.

Гущенко И.И. Пеплы Северной Камчатки и условия их образования. М.: Наука, 1965. С. 91-102.

Зонн С.В., Карпачевский Л.О., Стефин В.В. Лесные почвы Камчатки. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 327 с.

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

Мархинин Е.К., Токарев П.И., Пугач В.Б., Дубик Ю.М. Извержение вулкана Безымянного весной 1961 // Бюл. вулканол. станций. 1963. № 34. С. 12-36.

Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Двигало В.Н., Базанова Л.И. Исторические извержения Авачинского вулкана на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1994. № 6. С. 3-23.

Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Базанова Л.И. и др. 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.

Товарова И.И. О выносе воднорастворимых веществ из пирокластики вулкана Безымянного // Геохимия. 1958. № 7. С. 683-686.

Braitseva O.A., Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D. et al. Holocene Key-Marker Tephra Layers in Kamchatka, Russia // Quaternary research. 1997. № 47. P. 125-139.

ЗАХАРИХИНА

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

SOME ASPECTS OF EVOLUTION OF THE VOLCANIC SOILS IN KAMCHATKA

L.V. Zakharikhina

*Research Geotechnological Center, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683002*

Using tephrochronological data (tephra - ash transported by air) on the eruption time of volcanoes in Kamchatka and age of the corresponding ashes that occur in wood soils it is shown that peculiarities of the soil formation related to the different stages of the volcanic activity can be estimated by comparing soils which had been formed in Holocene under the influence of the activity of southern group of volcanoes, where the mature caldera-forming stage of volcanism was the predominating, and volcanoes of northern group which activity can be paralleled with the early (basaltoid) phase of volcanism representing, thus, influence of the complete cycle of volcanism on the soil formation.

Таблица 1. Валовой химический состав почв, % на прокаленную навеску

Горизонт	Глубина отбора, см	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	SiO ₂ /R ₂ O ₃
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вулканические охристые почвы Западной Камчатки											
Возраст ПП ~ 2920 лет, разрез № Ш8-02 (среднее течение р. Ича)											
АТ	0 – 9	62.56	17.72	5.21	5.48	3.12	1.07	2.40	1.16	1.25	2.73
А ₁ (П ₁ неопознанный)	9 – 12	69.21	14.86	4.95	3.03	1.82	1.99	3.20	0.63	0.18	3.49
ША _н	25 – 31	53.22	26.40	8.76	3.25	2.17	1.48	2.75	1.28	0.45	1.52
ШВохр	31 – 40	56.84	20.59	10.08	3.12	3.22	1.67	2.56	1.35	0.42	1.85
Вулканические охристые почвы юга полуострова											
Возраст ПГГ ~ 1400 лет, разрез № К13-02 (пос. Начики, в 7.5 км на юго-юго-восток от оз. Начикинское)											
АТ	0-5	61.22	19.48	6.73	5.55	1.41	1.44	2.94	0.89	0.29	2.33
Bhf (П ₁ Опала 606 г.)	10-16	69.60	16.08	3.32	3.10	0.60	2.71	3.58	0.76	0.15	3.59
II Bhf (П ₂ Ксудач 236 г.)	27-30	68.70	16.26	3.49	3.28	2.01	1.24	3.81	0.85	0.21	2.53
III [A]	33-40	62.48	18.42	6.00	4.13	1.80	1.23	3.78	0.80	0.19	2.60
III ВохрА	40-45	50.85	24.93	11.68	4.85	3.13	1.18	1.24	1.21	0.75	1.39
IV[A]B	66-68	46.38	21.85	11.45	9.02	6.37	0.91	2.40	0.99	0.47	1.39
V [A]Вохр	68-73	50.86	25.30	9.77	4.39	4.58	1.01	2.60	0.98	0.28	1.45
Возраст ПГГ - 97 лет, разрез № Н1-00 (окрестности г. Петропавловска-Камчатского)											
АТ	0-4	58.65	17.68	6.77	7.57	3.54	0.72	2.96	0.79	0.21	2.40
АС (П ₁ Ксудач 1907 г.)	4-6	59.23	18.02	7.73	6.90	3.35	0.61	3.07	0.68	0.11	2.30
II [A]	6-10	57.13	18.22	7.61	7.34	4.62	0.70	2.86	0.89	0.16	2.21
III Вохр	22-37	53.84	24.85	4.31	4.53	2.86	0.68	2.48	1.00	0.22	1.85
Слоисто-пепловые почвы Центральной Камчатки											
Разрез К 5-02 (окрестности пос. Козыревск)											
АТ	0-4	56.37	15.90	11.47	7.71	2.92	1.41	2.78	0.77	0.36	2.04
А ₁ (П ₁ Безымянный+П ₂ Толбачик)	4-8	61.24	16.71	7.24	6.63	2.88	1.17	2.63	0.01	0.34	2.56
II [A]	8 – 12	56.41	17.82	7.23	8.79	4.08	1.11	3.18	0.95	0.27	2.25
IIС (П ₃ , Шивелуч, 1652 г.)	12 – 14	64.81	16.25	3.05	5.54	2.87	2.0	3.91	0.56	0.11	3.36
III [A]	14 – 18	56.38	18.44	6.95	8.81	3.73	1.09	3.23	0.93	0.25	2.22

Таблица 1. Продолжение.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IV С (П ₆ , Шивелуч, 653 г.)	24 – 29	64.23	16.02	4.51	5.65	3.21	1.06	3.87	0.51	0.17	3.13
V[A]	29 – 34	58.64	18.12	6.52	7.55	3.66	1.27	3.39	0.95	0.22	2.38
VC (П ₇ , Ксудач, 236 г. н.э.)	34 – 46	68.93	16.07	3.92	3.38	1.45	1.26	4.15	0.55	0.12	2.38
VI[A]	46 – 48	56.36	18.82	7.02	7.89	3.83	1.04	3.28	0.79	0.16	2.18
VI С (П ₈ , Безымянный, 465 г. до н.э.)	48 – 52	57.11	20.07	5.79	7.51	3.91	1.08	3.61	0.67	0.09	2.21
VII[A]	56 – 74	56.50	18.92	7.22	7.42	4.50	1.08	3.09	0.94	0.15	2.16
VIIAB	74 – 96	57.77	19.10	6.69	6.52	3.93	1.32	3.75	0.93	0.18	2.25
VIII С (П ₁₁ , Хангар, 5769 до н.э.)	96 – 101	68.92	17.54	3.12	2.33	2.06	1.74	3.64	0.48	0.12	3.33
VIII[A]	101 – 112	56.11	18.46	7.18	8.64	4.28	1.03	2.30	0.95	0.21	2.19
VIIIAB	112 – 130	57.22	19.90	7.85	5.99	3.64	1.15	2.88	1.01	0.20	2.06
Разрез К 2-02 (33 км севернее пос. Мильково)											
AT	5-14	58.62	18.64	7.36	6.00	3.79	1.26	3.01	0.93	0.18	2.25
A ₁ (П ₁ , Авача 1926, линзами)	14-17	63.65	15.79	9.96	2.30	1.83	1.63	3.53	н/о	0.45	2.47
С (П ₂ , Ксудач 236 г.)	17-27	67.68	16.42	4.38	3.04	1.84	1.36	4.27	0.64	0.20	3.25
II [A]	27-37	61.59	18.45	8.16	4.43	2.14	1.00	2.57	1.19	0.27	2.31
IIBoxp	37-46	60.93	19.90	7.51	4.37	2.15	1.01	2.47	1.23	0.31	2.22
IIС (П ₃ , Хангар, 5769 до н.э.)	46-48	69.92	16.54	3.12	2.33	2.06	1.74	3.64	0.48	0.12	3.56

Примечание. Н/о – не обнаружено.

Анализы выполнены в химической лаборатории ИВ ДВО РАН. Аналитики Т.Г. Осетрова, Л.А. Карташева.

Таблица 2. Физико-химические свойства почв.

Горизонт	Глубина отбора, см	рН (водн.)	Гумус	Гидроли- тическая кислот	Сумма поглощен- ных оснований	Степень насыщен- ности основан.	Подвижных форм SiO ₂ и R ₂ O ₃ оксалатная вытяжка по Тамму, % к абсолютно сухой почве		
			%	мг-экв/100г абс. сухой почвы	%	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Почвы, сформированные в пеплах вулканов южной группы Камчатки									
Возраст ПП ~ 2920 лет, разрез № К15-02 (среднее течение р. Утка)									
АТ	0-10	5.50	53*	13.1	9.7	42.5	0.18	0.53	0.47
A ₁ (П ₁ неопознанный)	7-10	4.82	3.9	16.4	8.0	32.79	0.34	0.29	0.55
II[A]	10-14	4.96	5.6	66.9	10.0	13.00	1.92	6.13	6.80
Вохр ₁	14-17	5.35	3.1	18.7	1.96	9.49	1.72	4.53	11.70
Вохр ₂	17-23	5.44	2.8	14.0	1.96	12.28	1.93	3.67	11.38
Возраст ПП ~ 2920 лет, разрез № Ш8-02 (среднее течение р. Ича)									
АТ	0 – 9	6.11	80.9*	41.4	64.1	60.8	0.21	0.19	0.27
A ₁ (П ₁ неопознанный)	9 – 12	4.50	8.88	11.7	3.9	25.0	0.15	0.20	0.25
II[A]	12 – 16	4.85	10.37	19.2	6.0	23.5	1.37	2.50	5.20
II Вохр	16 – 20	5.10	8.24	12.0	10.9	47.6	3.98	3.67	4.99
IIBC (П ₂ Хангар 5769 г. до н.э.)	20 – 25	5.13	2.49	5.94	4.2	41.4	1.95	1.40	1.54
III[A]	25 – 31	5.20	4.52	7.66	4.7	38.0	1.88	4.73	6.55
IIIВохр	31 – 40	5.11	4.28	7.50	8.9	54.3	4.30	3.17	11.92
Возраст ПП ~ 1400 лет, разрез № К13-02 (пос. Начики, в 7.5 км на юго-юго-восток от оз. Начикинское)									
АТ	0-5	5.93	23*	21.7	16.7	43.49	0.30	0.57	0.35
Bhf (П ₁ Опала 606 г.)	10-16	5.58	1.31	5.90	1.34	18.51	0.30	0.70	0.37
II Bhf (П ₂ Ксудач 236 г.)	27-30	5.77	2.03	7.07	1.20	14.51	1.15	1.17	2.43
III [A]	33-40	5.78	4.41	8.68	1.2	12.14	1.93	2.40	4.51
IIIВохрА	40-45	5.76	7.17	9.2	1.6	14.81	2.98	3.40	7.80
IIIВохр(П ₃ Ксудач 4907 г. до н.э.)	60-63	5.84	7.09	8.82	1.4	13.70	1.73	3.67	11.8
IV [A]	63-66	5.73	5.69	8.11	1.2	12.89	2.92	2.43	6.72
IV[A]B	66-68	5.80	6.45	8.96	1.4	13.51	2.70	3.07	7.11
V [A]Вохр	68-73	5.76	9.62	12.6	2.6	17.10	1.76	3.43	11.27
Возраст ПП - 97 лет, разрез № РД 4-03 (верховье р. Вилюча)									
Ad	0 – 6	5.35	65.0*	26.8	16.4	38.0	0.38	0.40	0.66
AC (П ₁ Ксудач 1907 г.)	6 – 10	5.46	3.17	18.7	1.4	6.96	0.28	0.39	0.36
II Bhf (П ₂ Опала 606 г.)	23– 26	5.65	2.10	16.7	1.2	6.70	0.27	0.47	0.55
III [A]	26 – 33	5.46	10.6	24.1	3.2	11.7	0.73	1.49	3.23
III С (П ₃ Ксудач 236 г.)	46 – 53	5.87	4.0	14.0	1.0	6.66	3.96	2.72	7.38
IV[A]Вохр	53 – 62	5.65	5.09	14.5	1.4	8.8	3.62	3.09	6.73
IVВохрС (П ₃ Ксудач 4907г.до н.э.)	69 – 75	5.95	4.6	13.6	1.8	11.69	3.75	2.77	8.64

Таблица 2. Продолжение.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Возраст ПП - 97 лет, разрез № Н1-00 (окрестности г. Петропавловска-Камчатского)									
АТ	0-4	5.07	36*	17.3	19.7	53.2	0.17	0.60	1.57
АС (П ₁ , Ксудач 1907 г.)	4-6	5.15	2.00	18.7	1.4	6.96	0.15	0.93	1.40
II [А]	6-10	4.98	3.75	16.7	1.2	6.70	0.15	0.73	0.42
АС (П ₂ , Опала 606 г.)	10-13	5.69	2.93	24.1	3.2	11.7	0.14	0.47	0.53
III [А]	13-15	5.12	3.56	14.0	1.0	6.66	0.49	0.70	1.40
АС (П ₂ , Ксудач 236 г.)	15-17	5.67	3.00	14.5	1.4	8.8	0.86	1.07	2.45
III [А]	17-22	5.25	3.22	13.6	1.8	11.69	1.03	1.27	2.62
III Вохр	22-37	5.53	4.77	12.5	1.2	8.76	2.04	2.00	3.50
Разрез К 2-02 (33 км севернее пос. Мильково, лиственничник кустарниково-травяной)									
АТ	5-14	4.18	51*	61.7	21.2	25.57	0.18	0.18	0.34
A ₁ (П ₁ , Авача 1926, линзами)	14-17	4.76	4.17	11.7	7.2	38.09	0.29	0.45	1.03
С (П ₂ , Ксудач 236 г.)	17-27	5.30	1.55	4.8	4.4	47.83	0.38	0.44	1.01
II [А]	27-37	5.64	4.78	5.4	8.8	61.97	0.72	1.07	2.08
II Вохр	37-46	6.22	2.55	3.4	10.4	75.36	1.03	1.20	3.11
II ВД	47-65	6.08	1.56	5.83	12.6	68.37	1.77	2.0	3.03
Почвы, сформированные в пеплах вулканов северной группы Камчатки									
Разрез К 5-02 (окрестности пос. Козыревск, лиственничник травяной)									
АТ	0-4	5.93	60.9*	23.9	33.2	58.14	0.47	0.30	0.51
A ₁ (П ₁ , Безымянный+П ₂ , Толбачик)	4-8	5.96	1.63	2.46	6.8	73.43	0.41	0.87	0.68
II [А]	8 – 12	5.80	2.46	3.81	10.8	73.92	0.47	0.63	0.72
II С (П ₃ , Шивелуч, 1652 г.)	12 – 14	5.30	1.29	5.45	4.2	43.52	0.42	0.42	0.66
III [А]	14 – 18	5.72	1.40	5.60	13.2	70.21	0.60	0.90	1.47
IV [А]	20.5 – 24	6.12	1.32	3.21	3.6	52.86	0.80	1.10	1.31
IV С (П ₆ , Шивелуч, 653 г.)	24 – 29	5.89	0.43	1.70	2.0	54.05	0.42	0.40	0.65
V [А]	29 – 34	6.13	1.11	3.13	5.4	63.30	1.04	1.17	1.84
V С (П ₇ , Ксудач, 236 г. н.э.)	34 – 46	6.28	0.46	1.61	4.2	72.29	0.85	0.60	1.14
VI [А]	46 – 48	6.24	0.83	2.39	5.6	70.09	0.90	0.90	1.47
VI С (П ₈ , Безымянный, 465 до н.э.)	48 – 52	6.38	0.29	0.96	2.4	71.43	0.41	0.45	1.54
VII [А]	56 – 74	7.09	1.00	2.29	8.0	77.74	1.52	1.44	3.00
VII АВ	74 – 96	6.76	0.78	1.91	8.0	80.73	1.62	1.50	3.30
VIII С (П ₁₁ , Хангар, 5769 до н.э.)	96 – 101	6.78	0.40	1.61	6.8	80.86	0.71	0.40	1.70
VIII [А]	101 – 112	7.07	1.69	2.28	13.2	85.27	1.83	1.30	2.80
VIII АВ	112 – 130	7.19	0.64	1.76	14.4	89.11	0.61	1.14	1.40
Разрез К 7-02 (окрестности пос. Козыревск, березняк разнотравный из березы японской)									
АТ	0-4	6.12	60.7*	20.8	37.0	64.01	0.47	0.45	0.55
A ₁ (П ₁ , Безымянный+П ₂ , Толбачик)	4-8	5.60	1.55	4.1	7.5	64.65	0.42	0.96	0.84
II [А]	8-14	5.76	2.83	6.7	11.0	62.15	0.38	0.59	0.72
III [А]	15-20	5.88	1.50	5.8	4.5	43.69	0.50	0.75	0.96

Таблица 2. Продолжение.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Разрез К 9-02 (в 20 км на северо-восток от пос. Ключи, каменный березняк)									
АТ	0.5-7	6.20	24.4*	17.4	20.1	53.6	0.26	0.35	0.23
А ₁ (П ₁ , Безымянный, 1956 г.)	7-10	5.60	0.66	2.5	1.54	38.12	0.27	1.12	0.31
II [А]	10-31.5	5.87	2.76	3.82	2.7	41.41	0.31	0.56	0.47
II С (П ₂ , Шивелуч, 1652 г.)	31,5-35	5.99	0.74	1.67	1.41	45.78	0.28	0.32	0.31
III [А]	35-51	6.37	1.64	2.46	2.37	49.07	0.48	0.27	0.26
III С (П ₃ , Шивелуч, 1034 г.)	51-61	6.51	0.38	1.02	0.39	27.66	0.29	0.53	0.62
IV [А]	61-71	6.52	1.55	2.46	3.55	59.07	0.70	0.83	0.90
IV АВ	71-87	6.62	1.55	2.00	3.17	61.31	0.76	0.75	0.94
IV С (П ₄ , Шивелуч, 653 г.)	87-93.5	6.67	0.41	1.02	1.58	60.77	0.34	0.24	0.29
V [А]	93.5-98	6.68	1.26	1.93	2.78	59.02	0.70	0.51	0.66
V АВ	98-130	6.79	0.85	2.00	2.38	54.34	1.06	1.15	1.16
V С (П ₅ , Ксудач, 236 г.)	130-139	6.85	0.48	1.28	3.19	71.36	0.64	0.53	0.71
VI [А]	139-155	6.62	0.83	1.66	2.35	58.60	0.85	0.96	0.85
Разрез К 10-02 (база «вулканологов» на конусе «Д» Ключевой сопки, субальпийский луг)									
АТ	1-6.5	5.64	10.0*	12.1	4.9	0.29	0.29	0.59	0.28
А ₁ (П ₁ , Безымянный, 1956 г.)	5-10	5.63	0.78	2.98	0.97	24.56	0.35	1.44	0.42
II [А]	10-44	5.64	1.86	3.58	1.72	32.45	0.47	0.51	0.54
II С (П ₂ , Шивелуч, 1652 г.)	44-46	5.66	1.03	1.92	1.1	36.42	0.33	0.32	0.36
III [А]	46-76	6.35	1.75	2.79	2.0	41.75	0.58	0.53	0.75
III С (П ₃ , Шивелуч, 1034 г.)	73-85	6.14	0.35	1.06	0.39	26.90	0.41	0.35	0.35
Разрез К 11-02 (база «вулканологов» на конусе «Д» Ключевой сопки, ольховый стланик)									
АТ	3-8	5.65	20.8*	17.3	9.2	34.72	0.44	0.33	0.26
А ₁ (П ₁ , Безымянный, 1956 г.)	8-15	5.40	0.54	2.3	1.5	39.47	0.49	1.43	0.37
LI [А]	15-82	5.52	1.95	5.0	3.3	39.76	0.50	0.36	0.42
II С (П ₂ , Шивелуч, 1652 г.)	82-85	5.72	0.33	0.97	0.89	47.85	0.43	0.17	0.21
III [А]	85-130	6.15	1.55	2.6	3.0	53.57	0.80	0.65	0.74
Разрез К 12-02 (база «вулканологов» на конусе «Д» Ключевой сопки, горная тундра)									
А ₁ (П ₁ , Безымянный, 1956 г.)	1-12	5.91	10.7*	10.8	6.1	36.09	0.44	0.60	0.26
II [А]	12-38	5.73	1.15	2.0	1.3	39.39	0.50	0.29	0.32
II [А]	36-61	6.16	1.62	2.4	3.7	57.81	0.60	0.43	0.49
III [А]	67-76	6.35	1.25	2.0	3.1	60.78	0.72	0.55	0.61

Примечание. * - потери при прокаливании.

Анализы выполнены в химической лаборатории НИГТЦ ДВО РАН. Аналитики М.Д. Колтыпина, Л.Д. Зернова.

Таблица 3. Количественный минеральный состав вулканических пеплов

Возраст и принадлежность пепла	Место отбора	Глубина отбора, см	Минеральный состав, %				
			Вулканическое стекло	Плагиоклазы	Пироксены	Кварц	Биотит
Ксудач, 1907 г.	Окрестн. Петропавловска-Камчатского	4-6	65	10	7	7	н/о
Опала, 606 г.	Окрестн. Петропавловска-Камчатского	10-13	80	10	3	5	2
Опала, 606 г.	Окрестн. пос. Начики	10-16	80	6	2	6	1
Непознанный 2920 л.н.	Средн. течен. р. Ича	9-12	90	3	2	5	н/о
Ксудач, 236 г.	Окрестн. Петропавловска-Камчатского	15-17	90	3	3	3	н/о
Хангар, 5769 до н.э.	Средн. течение р. Ича	20-25	85	5	3	5	1

Приложение к табл. 1, 2. Каталог индексов генетических горизонтов

Индекс	Название горизонта
AT	Грубогумусовый
Ad	Дерновинный
Bhf	Иллювиальный гумусово-железистый
[A]	Погребенный гумусовый
Вохр	Охристый иллювиально-метаморфический
C	Материнская почвообразующая порода
D	Почвоподстилающая порода