

Факторы вулканизма, определяющие формирование Andosols (на примере Камчатки)

Abstract

На Камчатке в условиях влажного и холодного климата зрелость андосолой определяют разные условия вулканизма. На полуострове вблизи активных вулканов северной группы, находящихся в молодой базальтоидной стадии вулканизма, развиваются слабо развитые андосоли с витрическими свойствами. В зоне влияния вулканов южной Камчатки, находящихся в зрелой фазе развития вулканизма (с редко происходящими крупными кальдерообразующими извержениями), в середине голоцена длительный период затухания вулканической деятельности, совпавший с климатическим температурным максимумом, обеспечил условия для формирования в средних и нижних частях современных почвенных профилей генетических горизонтов с выраженными андиковыми свойствами. Сравнение свойств Andosols Камчатки, образованных под влиянием разного вулканизма (молодого и зрелого), позволило выделить факторы вулканизма, определяющие формирование Andosols.

Introduction

В зависимости от природно-климатических условий для Andosol характерно наличие либо андиковых либо витрических горизонтов. Андиковые горизонты свойственны зрелым Andosols, развивающимся преимущественно в теплых климатических условиях. Эти горизонты богаты allophanes (и подобными минералами) или metal-humus complexes. Андосоли умеренного климата содержат меньше аллофанов и для них преимущественны vitric' горизонты. Vitric горизонты содержат большое количество вулканического стекла и первичных минералов пеплов. В соответствии с Мировой коррелятивной базой почвенных ресурсов (World Reference Base for Soil Resources (WRB, 2014) Vitric свойства требуют содержания аморфных (оксалаторастворимых) форм железа и алюминия не менее 0.4 процента, а Andic свойства – не менее 2 процентов. Аморфные формы железа и алюминия свидетельствуют о содержании в почвах allophanes или metal-humus complexes.

На Камчатке в условиях влажного и холодного климата зрелость андосолой определяют разные условия вулканизма. Выявленные различия в свойствах почва, сформированных под влиянием разного вулканизма, позволяют выделить факторы влияния вулканизма на почвообразование.

Objects and methods

Работы выполнялись на западе, юге, юго-востоке региона, в пределах территории центральной части полуострова, в незначительном удалении на юго-запад от северного вулканического центра Камчатки, севернее его (верховья р. Левая Озерная) и северо-западнее (мыс Утхолук, северо-западное побережье Камчатки) (рис. 1). Основой работ были маршрутные почвенные исследования, выполнявшиеся в течение 10 полевых сезонов. За время полевых работ было заложено и описано 142 разреза, из них 40 опорных с отбором почвенных образцов для аналитической обработки в лаборатории.

Аморфные формы кремния, железа и алюминия извлекались оксалат-аммонийным буфером при pH 3 (вытяжка О. Тамма), обменные формы кальция и магния устанавливались комплексометрическим методом.

The results of studies

Анализ имеющихся данных о голоценовом вулканизме на Камчатке и изучение обусловленных им специфических условий почвообразования позволил выделить на территории полуострова Южную и Северную провинции почв, формирование которых проходило под влиянием извержений вулканов, находящихся в разных стадиях развития, различающихся составом, объемом и периодичностью пеплопадов.

1. Южная, для которой типичными являются почвы, образованные преимущественно на пеплах вулканов южной Камчатки (Опала, Ксудач, Курильское озеро). Последние находятся в зрелой фазе развития вулканизма – с редко происходящими крупными кальдерообразующими извержениями, продукты которых имеют риолитовый и риолито-дацитовый составы.

2. Северная, в пределах которой развиты почвы, сформированные на пеплах вулканов северной группы Камчатки (Шивелуч, Толбачик, Безымянный, Ключевская сопка), находящихся в молодой базальтоидной стадии развития с часто происходящими извержениями незначительного количества пирокластического материала преимущественно базальтового, андезито-базальтового составов.

Внутри выделенных крупных провинций для отдельных территорий характерны почвенные профили, имеющие сходное строение по составу слагающих их идентифицированных и датированных пепловых горизонтов. Проведен сравнительный анализ свойств почв Северной провинции и почв Южной провинции (табл. 1).

Учитывая разную интенсивность вулканической региональной активности и климатические условия на Камчатке в голоцене, при сравнении этих почвенных свойств мы выделяем две основных совокупности почвенных элементарных профилей как отдельных единиц общего почвенного профиля – ранне- и позднеголоценовую.

Раннеголоценовая часть профиля сформирована пеплами, отложившимися во время регионального усиления вулканической активности в раннем голоцене (8700–6800 л.н.) и преобразована в период ослабления

интенсивности эксплозивных извержений и потепления климата в середине голоцена (6800–1800 л.н). Позднеголоценовая – образована во второй период активности эксплозивной деятельности вулканов Камчатки (1800–1400 л.н.) при похолодании климатических условий.

Results and Discussion

Как поздне-, так и раннеголоценовая части профиля почв Северной провинции в сравнении с аналогичными элементарными профилями Южной провинции отличаются относительно повышенными рН почв, степенью насыщенности основаниями и пониженными содержаниями гумуса и оксалаторастворимыми формами кремния, железа и алюминия.

Повышенная щелочность почв вблизи активно действующих вулканов находящихся, в ранние стадии вулканической деятельности, (Северная провинция) как в геологическом прошлом, так и в современное время, обусловлена частыми подсыпками свежего материала, основного и среднего составов пеплов. Последние насыщены щелочноземельными катионами, которые высвобождаются в процессе выветривания, подщелачивают почвы, препятствуют образованию Аллофана и накоплению органического вещества. Условия ранней стадии вулканизма не благоприятны для образования зрелых Andosol. Для почв Северной провинции в современный период (позднеголоценовая часть профиля) характерны Vitric свойства, в геологическом прошлом (раннеголоценовая часть профиля) в них слабо выражены Andic свойства по содержанию оксалаторастворимых форм железа и алюминия.

При формировании почв Южной провинции, образующихся под влиянием вулканов, находящихся в зрелой стадии вулканической деятельности, длительные периоды отсутствуют какие либо поступления свежего вулканического материала, обогащенного щелочноземельными катионами. Такие условия определяют развитие более кислых почв, более медленное, но более полное выветривания риолитовых и риолито-дацитовых пеплов. Более кислый состав почв делает доминирующим процессом образования Аллофана или метало-гумусовых комплексов и способствует накоплению органического вещества.

В середине голоцена длительный период затухания вулканической деятельности совпадает на Камчатке с климатическими температурными максимумами. Эти условия объясняют наличие в раннеголоценовой части элементарных профилей обеих провинций почвенных горизонтов, имеющих Andic свойств по содержанию аморфных форм Al, Fe (слабо выраженных для почв Северной провинции и хорошо развитых в почвах Южной провинции). В почвах Южной провинции эти свойства выражены намного сильнее. Территория удаленна от молодых вулканов северной группы, продолжающих поставлять небольшими порциями свежий материал и подщелачивать почвы Северной провинции и в период затухания кальдерообразующей вулканической деятельности на Камчатке. В середине голоцена в пределах территории Южной провинции Камчатки складываются благоприятные условия для образования зрелых Andosol. Концентрации аморфных форм железа и алюминия в гумусовых и минеральных горизонтах колеблется в среднем от 8.9%, до 10.5% соответственно. Содержания гумуса в органогенных горизонтах составляет в среднем 5.7% , в минеральных – 4.5%.

В целом почвы Южной провинции, развитые на кислых пеплах вулканов, находящихся в зрелой кальдерообразующей стадии развития, характеризуются слабой степенью насыщенности основаниями, более кислой реакцией среды, при относительно большем содержании гумуса и наличием в нижних образованных на пеплах современных извержений вулканов, находящихся в ранней базальтоидной частях профилей горизонтов с хорошо выраженными Andic свойствами. Почвы Северной провинции, стадии развития, имеют относительно повышенную степень насыщенности основаниями и более основную реакцию среды. Содержание гумуса в них пониженное, в нижних частях профилей слабо выражены Andic свойства.

CONCLUSION

В ранние стадии вулканической деятельности главными факторами влияния вулканизма на почвообразование являются частые подсыпки свежего материала, основной и средний состав пеплов и ограниченные их объемы. В зрелую стадию вулканической деятельности основными факторами являются кислый состав пеплов, их большие объемы и длительные периоды отсутствия поступлений свежего вулканического материала.

Factors of volcanism, determining the formation of Andosols (taking Kamchatka as an example)

Abstract

In humid and cold climate of Kamchatka maturity of Andosols is determined by different conditions of volcanism. On the peninsula near volcanoes, which are in the early stages of volcanic activity, there are underdeveloped andosols with vitric properties. In the zone of influence of southern Kamchatka volcanoes, which are in the mature phase of volcanism (with rare large caldera eruptions), in the middle of Holocene, a long period of decrease of volcanic activity in coincidence with climatic temperature maximum provided the conditions for the formation of genetic horizons with distinct 'andic properties in the middle and lower parts of the contemporary

soil profiles. The comparison of Kamchatka Andosols, of formed under the influence of two different types of volcanism (young and mature) allowed to allocate factors volcanism, which determine the formation of Andosols.

Key words: Kamchatka, volcanic activity stage, maturity Andosols.

Introduction

Depending on climatic conditions Andosols are characterized by either andic or vitric horizons. Andic horizons are common for mature Andosols, which develop mainly in warm climates. These horizons are rich in allophanes (and similar minerals) or metal-humus complexes. Andosols of temperate climate contain fewer amounts of allophanes and vitric horizons are dominating for them. Vitric horizons contain large amounts of volcanic glass and primary minerals of ashes. In accordance with the World Reference Base for Soil Resources (WRB, 2014) vitric properties require the content of amorphous (oxalate-soluble) forms of iron and aluminum not less than 0.4 percent, and Andic properties - not less than 2 percent. Amorphous (oxalate-soluble) forms of iron and aluminum testify to content of allophanes or metal-humus complexes in soils.

In Kamchatka, in humid and cold climate, the maturity of Andosols is determined by different conditions of volcanism. Observed differences in the properties of soils, formed under the influence of different volcanic types allow to identify volcanism factors which have an effect on soil formation.

Objects and methods

Works were carried out in the west, south, south-east of the region, within the central part of the peninsula, in slightly off to the south-west of the northern Kamchatka volcanic center, to the north of it (the upper river Ozernaya) and to the north-west (Cape Utkholok, north-western coast of Kamchatka) (Fig. 1). The basis of the work was routing soils research having been carried out for 10 seasons. During the field work 142 soil profiles were laid down and described, 40 of them were basic for the selection of soil samples for analytical processing in the laboratory.

Amorphous forms of silica, iron and aluminum were extracted by ammonium oxalate buffer at pH 3 (extractor A. Tamm), the metathetical forms of calcium and magnesium were detected by complexometric method.

The results of studies

Analysis of available data on the Holocene volcanism in Kamchatka and the study of specific conditions it provides for soil formation allowed to separate out North and South provinces of soils on the peninsula, the formation of which took place under the influence of volcanic eruptions in different stages of development, differing in composition, volume and frequency of ash falls.

1. For Southern part the soils formed mainly on the ashes of southern volcanoes of Kamchatka are typical (Opala, Ksudach, Kuril Lake). The latter are in the mature phase of volcanism - with rarely occurring large caldera-forming eruptions, whose products are of rhyolite and rhyolite-dacite composition.

2. Northern part, where the soils are formed on the ashes of the northern group of volcanoes of Kamchatka (Shiveluch, Tolbachik, Nameless, Kluchevskoy) which are in a young basaltic stage of development with often occurring eruptions with a minor amount of pyroclastic material of mostly basalt, basaltic-andesite compositions.

Within the large provinces smaller individual territories have soil profiles with similar structure of their dated ash horizons. A comparative analysis of soil properties of the Northern Province and the Southern Province was performed.

Considering the different intensity of volcanic activity and regional climate in Kamchatka in the Holocene, when comparing the soil properties, we distinguish two main elementary aggregate soil profiles as individual units of general soil profile - Early and Late Holocene. Early Holocene part of the profile was formed with ash deposited during the regional increase in volcanic activity in the early Holocene (8700-6800 YA), and transformed in the period of weakening intensity of explosive eruptions and climate warming in the mid-Holocene (6800-1800 YA). Late Holocene - was formed in the second period of explosive volcanic activity of Kamchatka (1800-1400 YA) in cold climatic conditions.

Results and Discussion

Late as well as Early Holocene of the soil profile of the Northern Province in comparison with similar elementary profiles of the Southern Province have relatively higher soil pH, base saturation, and they are poor in humus and oxalate-soluble forms of silicon, iron and aluminum (Fig. 1).

Higher alkalinity of soil near active volcanoes which are in the early stages of volcanic activity (Northern Province) in the geological past and nowadays is provided by frequent supply of fresh material, basic and intermediate compositions ashes. These ashes are saturated with alkaline earth cations, which having been released by weathering, alkalize soil, prevent the formation of allophane and accumulation of organic matter. The conditions of early stage volcanism are not favorable for the formation of mature Andosols. For soils in the northern province of the modern period (late Holocene part of the profile) vitric characteristic properties are common, in the geological past (the Early part of the profile) they lack andic properties in content of oxalate-soluble forms of iron and aluminum.

The Southern Province soils formed under the influence of volcanoes in the mature stage of volcanic activity, when fresh volcanic material enriched with alkaline earth cations was not provided for long periods. These conditions determine the development of more acidic soils, slower, but more thorough weathering of rhyolite and rhyolite-dacite

ash. More acidic soil composition makes the process of formation of allophane or metal-humus complexes dominant and contributes to the accumulation of organic matter.

In the mid-Holocene long period of decrease of volcanic activity in Kamchatka coincides with climatic temperature maxima. These conditions explain the presence in the Early Part of elementary profiles of both provinces soil horizons which have Andic properties on the content of amorphous forms of Al, Fe (weakly represented for soils of the Northern Province and well-developed in soils of the Southern Province). In soils of the Southern Province these properties are expressed much stronger. The territory is remote from the northern group of young volcanoes, which continue to supply fresh material in small portions and alkalize the soil of the Northern Province even during the decay of caldera volcanic activity in Kamchatka. In the middle of the Holocene within the territory of the South Kamchatka province conditions for the formation of mature Andosol become favorable. Concentrations of amorphous forms of iron and aluminum in the humus and mineral horizons range from 8.9% to 10.5%, respectively. Humus content in the organic horizons is an average 5.7%, in mineral - 4.5%.

In general, the soil of the South Province, developed in acidic volcanic ashes which are in the mature stage of development CALDERA, is characterized by a low degree of base saturation, more acidic environment, with relatively high humus content and the presence of the lower profile horizons with distinct andic properties. Soils of the Northern Province, formed from the ashes of modern volcanic eruptions are basaltic in early stages of development, have a relatively higher degree of alkaline saturation and higher degree of alkaline reaction. Humus content in them is low, in the lower parts of the profiles andic properties are undeveloped.

Conclusion

In the early stage of the volcanic activity, as opposed to the mature stage, the main influencing factors of volcanism on soil formation are frequent supplies of fresh-material composition of basalt and andesite ash in small quantities.

In the mature stage of volcanic activity the main factors of volcanism which influence soil formation are acidic composition of ash, large volumes and their regional distribution, long periods of absence of any supply of fresh volcanic material.