

Инженерно-геологическая характеристика пирокластических отложений пароксизмального извержения вулкана Шивелуч 2023 года

Никулина М.А., Фролова Ю.В.

Engineering-geological characteristics of pyroclastic deposits of the Shiveluch volcano paroxysmal eruption in 2023

Nikulina M.A., Frolova Yu.V.

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва;

e-mail: mariya.nikulina.2002@mail.ru

В работе выявлены основные инженерно-геологические особенности пирокластических отложений пароксизмального извержения вулкана Шивелуч 2023 г. Изучены гранулометрический состав отложений, микростроение, минеральный состав, физические и физико-механические свойства. Отложения разделены на две группы – пески и супеси, классифицированы по ГОСТ-25100.

Введение

Пирокластические отложения являются самыми распространенными вулканогенными продуктами и покрывают значительные территории в районах активного вулканизма. Актуальность их изучения с инженерно-геологической точки зрения связана, в первую очередь, с инженерно-хозяйственным освоением территорий и развитием туризма в подобных областях. Известно, что данный тип отложений, а именно наиболее тонкодисперсные фракции – пеплы, обладают рядом негативных свойств, осложняющих строительство, среди которых просадочность, усадочность, набухание, а в случае промерзания им свойственна сильная пучинистость. Также с данным типом отложений могут быть связаны опасные геологические процессы – сели, оползни, пыльные бури, что осложняет инженерно-геологические условия. Вулканический пепел как грунт – объект малоизученный, поэтому важной задачей является поиск методического подхода к его изучению. В апреле 2023 г. произошло мощное эксплозивное извержение вулкана Шивелуч, в результате которого образовались пирокластические потоки протяженностью до 10-15 км и мощностью около 30 м. Свежие пирокластические отложения стали объектом исследования данной работы. Цель работы связана с выявлением инженерно-геологических особенностей пирокластических отложений пароксизмального извержения вулкана Шивелуч 2023 г.

Вулканический массив Шивелуч самая северная активная вулканическая область Камчатки. Главные элементы массива – позднеплейстоценовый стратовулкан Старый Шивелуч и действующий в голоцене Молодой Шивелуч. Конус вулкана Молодой Шивелуч слагают андезибазальты, андезиты и их туфы ($\alpha\beta Q_{IV}^{1-2}$). В настоящее время южные склоны вулкана покрыты свежими пирокластическими отложениями извержений 2023 и 2024 гг.

В ходе проведения полевых работ (в составе полевого отряда ИВиС ДВО РАН) в районе вулкана Шивелуч в августе 2023 г. был выполнен отбор 6 образцов пирокластических пород – МШ-1/23, МШ-2/23, МШ-3/23 – пески (ЮВ часть вулкана), МШ-4/23, МШ-5/23, МШ-6/23 – глинистые грунты (супеси) (ЮЗ часть вулкана) (рис. 1). Образцы были отобраны с поверхности свежего пирокластического потока, в том числе с сольфатарной активностью.

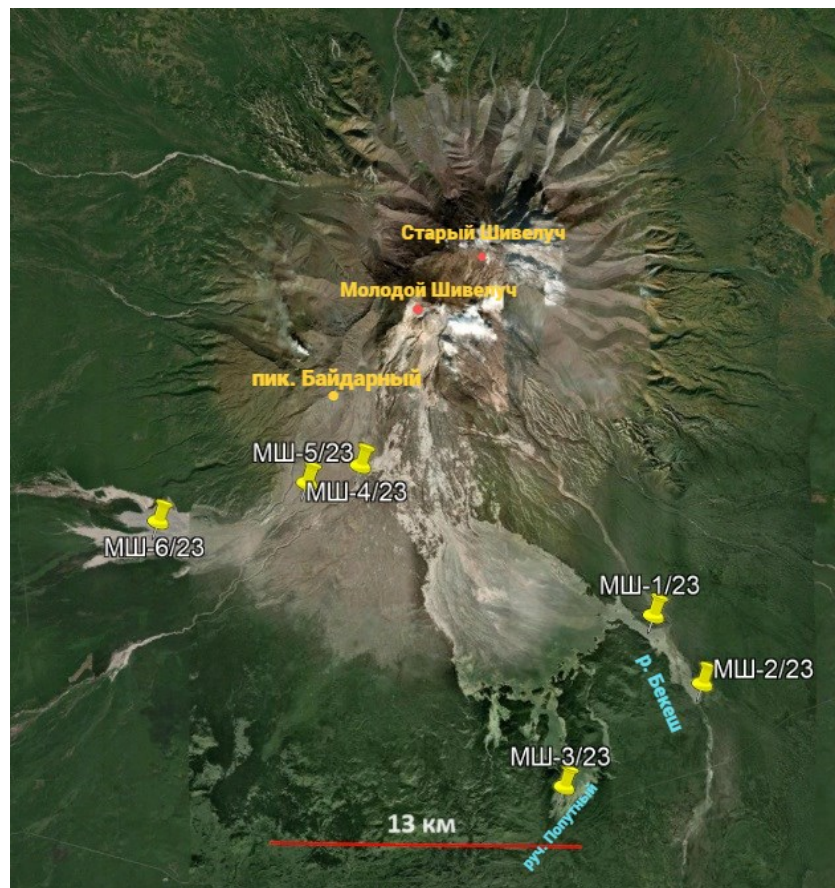


Рис. 1. Точки отбора образцов на вулкане Шивелуч.

Методика исследования

Минеральный состав грунтов изучался методом дифрактометрии рентгеновских лучей на дифрактометре ULTIMA-IV (Rigaku). Микростроение образцов было изучено посредством растрового электронного микроскопа (РЭМ LEO 1450VP, Германия). Для всех образцов определялся гранулометрический состав, для песков – ситовым методом, с отмучиванием; для глинистых – пипеточным методом, с дезинтеграцией посредством кипячения с аммиаком (по методике П.А. Земляченского) [3]. Также были определены влажностные и плотностные показатели. Получена плотность твердой компоненты (p_s) на приборе В.Я. Калачева, также она определена и пикнометрическим методом. Прочностные свойства определены методом статического одноплоскостного среза (неконсолидированные недренированные испытания). Деформационные характеристики определены посредством компрессионных испытаний без предварительного уплотнения, при ступенях давления 150, 300, 450 кПа. Для части глинистых образцов определены просадочные свойства методом двух кривых по ГОСТ 23161-2012 [1], при вертикальных ступенях давления 50, 100, 150, 200, 250, 300 кПа.

Полученные результаты

В минеральном составе пирокластических отложений обнаружены характерные для андезитового вулканизма минералы (плагиоклазы (65-76 %), амфиболы (6-14 %), пироксены (3-6 %)), однако не выявлено вулканическое стекло. По-видимому, оно девитрифицировано с образованием кристобалита, содержание которого составляет 12-15 %. Во всех образцах обнаружены смектиты (2-6 %), которые являются либо резургентным материалом вулканической постройки, либо новообразованием по вулканическому материалу. Все образцы, как на микро-, так и на макроуровне, отличаются угловатостью слагающих их частиц, неровностью и шероховатостью зерен.

К поверхности крупных зерен прикреплены частицы микронного размера, предположительно, кристобалита.

Все исследованные образцы можно разделить на две группы. К первой группе относятся образцы, отобранные на ЮВ склоне вулкана (МШ-1/23, МШ-2/23, МШ-3/23). Они представлены песками гравелистыми и песками средней крупности (по ГОСТ-25100-2020) [2], содержат до 27 % крупнообломочной фракции и отличаются неоднородностью. Основная масса образцов (без к/обл. фракции), по классификации ГОСТ 25100-2020, относится к пылеватым пескам. Плотность отложений в естественном сложении 1.46-1.54 г/см³, пористость 44-48 %. Относятся к маловлажным ($S_r=0.08$), рыхлым пескам ($e=0.83-0.93$) в их естественном залегании, к слабо- и среднеуплотненным грунтам (по ГОСТ-25100-2020). Угол внутреннего трения колеблется в пределах 36-42°, сцепление – 6-11 кПа. По модулю общей деформации ($E_o=1.6-29.2$ МПа) грунты относятся к очень сильнодеформируемым и среднедеформируемым по ГОСТ 25100-2020, а по коэффициенту сжимаемости ($a=0.05- 0.98$ МПа⁻¹) – к повышенно- и среднесжимаемым (по Н.Н. Маслову) [3].

Во вторую группу входят образцы, отобранные на ЮЗ склоне вулкана (МШ-4/23, МШ-5/23, МШ-6/23). Это глинисто-пылеватые грунты, относящиеся к супесям легким и супесям легким пылеватым (по классификации В.В. Охотина) [3], также отличающиеся неоднородностью, однако в меньшей степени, чем образцы первой группы. Плотность отложений в естественном сложении 1.31-1.47 г/см³, пористость – 53-55 %. По числу пластичности $I_p=3-4$ % соответствуют супесям, а по показателю текучести – супесям твердым $I_L=(-4)-0$ % (ГОСТ 25100-2020). Угол внутреннего трения образцов колеблется в пределах 31-35°, сцепление – 13-27 кПа. По модулю общей деформации ($E_o=1.4-9.8$ МПа) грунты относятся к сильно- и очень сильнодеформируемым, а по коэффициенту сжимаемости ($a=0.14-1.15$ МПа⁻¹) – к повышенно- и сильносжимаемым (по Н.Н. Маслову) [3]. Для части исследованных образцов свойственна просадочность (рис. 2). По величинам относительной просадочности относятся к среднепросадочным грунтам ($\epsilon_{st}=0.037-0.068$) по ГОСТ 25100-2020. Величина начального просадочного давления составила – 50 кПа. Просадочность обусловлена высокой пористостью грунта в естественном сложении, недоуплотненностью, малой степенью водонасыщения.

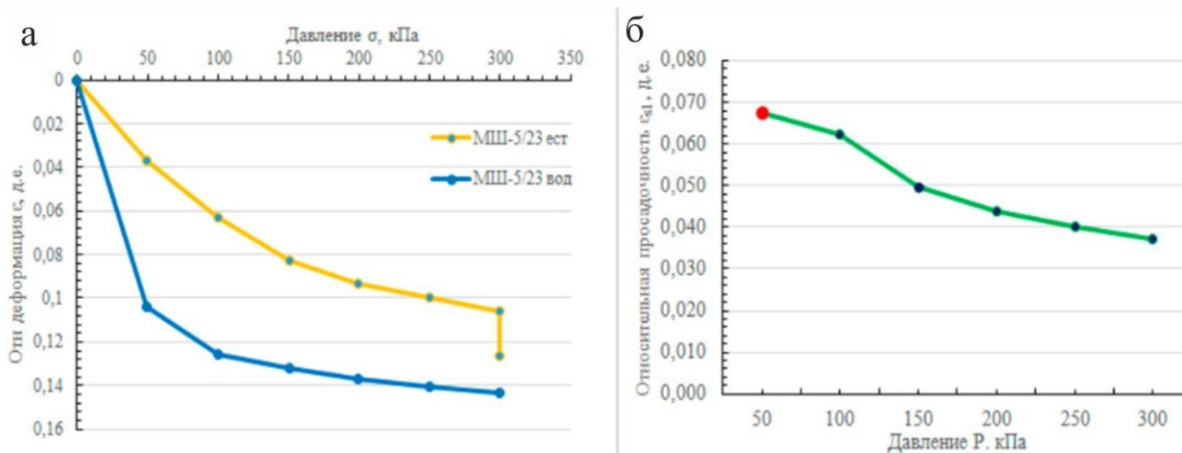


Рис. 2. а) графики зависимости $\epsilon = f(p)$ в естественном и водонасыщенном состоянии для образца МШ-5/23 (супесь легкая пылеватая); б) зависимость относительной просадочности ϵ_{st} от давления для образца МШ-5/23 (супесь легкая пылеватая).

Что касается плотности твердой компоненты, то для образцов обеих групп она примерно одинакова и колеблется в пределах 2.68-2.74 г/см³ (прибор В.Я. Калачева), что находится в соответствии с андезитовым составом отложений. Результаты, полученные пикнометрическим методом, отличаются на 3-4 %.

Заключение

Таким образом, были выявлены основные инженерно-геологические особенности пирокластических отложений. В целом, свойства пирокластических отложений во многом обусловлены угловатой, шероховатой формой частиц, что повышает зацепление, так, углы внутреннего трения для грунтов получились выше нормативных значений (для крупных и гравелистых песков, супесей), кроме того на прочностные свойства песчаных грунтов, повлияло значительное наличие крупнообломочной (16-27 %) и пылевой фракции. В целом повышенная сжимаемость грунтов связана с высокой пористостью, малой плотностью в естественном залегании. Преимущественно пылеватый состав части отложений – супесей, высокая пористость, вероятно, обусловила просадочные свойства пеплов, что требует комплексных исследований и проведения специальных мероприятий при строительстве в ближайших от вулкана Шивелуч населенных пунктах.

Список литературы

1. ГОСТ 23161-2012 Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности. Официальное издание. М.: Стандартиформ, 2012. 15 с.
2. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация. Официальное издание. М.: Стандартиформ, 2020. 41 с.
3. Лабораторные работы по грунтоведению / Под ред. В.Т. Трофимова, В.А. Королева. М.: Высшая школа, 2017. 656 с.