

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ БЕЛАРУСИ КАК ГРУНТОВ

А. Н. Галкин

*Витебский государственный университет имени П. М. Машерова,
Республика Беларусь*

Поступила в редакцию 08 декабря 2016 г.

Аннотация: рассмотрены условия залегания элювиальных образований на территории Беларуси, особенности их вещественного состава, строения и свойств. Отмечено, что данный тип грунтов характеризуется сложным строением и пространственной изменчивостью состава и свойств как в разрезе, так и по простиранию. Причем значения показателей последних могут варьировать довольно в широких пределах, даже в границах одного участка, что необходимо учитывать при инженерно-хозяйственном использовании этих грунтов.

Ключевые слова: элювий, условия залегания, состав, строение, свойства.

FEATURES ELUVIAL DEPOSITS OF BELARUS AS GROUNDS

Abstract: the conditions of occurrence of eluvial formations on the territory of Belarus, especially their material composition, structure and properties. It is noted that this type of soils is characterized by a complex structure and spatial variability of the composition and properties as the cross-sectional and along strike. Moreover, recent indicators of value can vary quite widely, even within a single site, it must be considered when engineering and economic use of the soils.

Key words: eluvium, occurrence, composition, structure, properties.

Введение

В настоящее время под грунтами следует понимать любые горные породы, почвы, осадки и антропогенные геологические образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы, исследуемые в связи с планируемой, осуществляемой или осуществленной инженерно-хозяйственной деятельностью человека [1].

Элювиальные грунты представляют собой специфические образования, сформированные в результате выветривания отложений на месте первоначального залегания без заметных признаков смещения. Материальным выражением элювиальных образований являются коры выветривания, в состав которых входят и почвы. В инженерной геологии под термином «кора выветривания» понимают толщу пород верхней части земной коры, в той или иной степени затронутую процессами физического дробления, химического и биологического изменения и состоящую обычно из нескольких зон [2].

На территории Беларуси эти грунты пользуются широким распространением. По времени формирования различают древние и четвертичные элювиальные образования. Древние коры выветривания имеют различный возраст – от предсреднерифейского до позднего неогэоцен-позднемиоценового времени. Они формировались в условиях существования перерывов в

осадконакоплении при участии процессов физической дезинтеграции и химического разложения пород с образованием хорошо выраженных зон глинизации. Древние коры выветривания развиты как на породах кристаллического фундамента, так и осадочного чехла, залегают преимущественно на больших глубинах, изредка на поверхности или вблизи нее. Мощность составляет от первых десятков сантиметров до 30 метров (в единичных случаях до 40 м и более).

Четвертичные элювиальные образования Беларуси формировались в условиях умеренного и холодного климата, имеют небольшую мощность (0,5–1,5 м) и характеризуются слабым проявлением глинистых новообразований. В четвертичный этап выветривание в основном сводилось к физической дезинтеграции, связанной с расклинивающим действием тонкими водными пленками трещин, а также с начальной гидратацией минералов при участии климатических факторов (главным образом частоты перехода температуры через 0°C). Строение и залегание толщ этих грунтов зависит от возраста рельефа, скорости сноса материала, наличия или отсутствия покрывающих делювиальных и иных отложений, гидрогеологических и других условий. Практически всегда элювиальные отложения отличаются отсутствием слоистости и сортировки, их часто характеризует вертикальная зональность строения, химического и минерального

составов. Нижние части горизонтов в по различным физическим свойствам, составу, текстурным и структурным особенностям, как правило, имеют значительную близость к подстилающей породе и имеют с ней постепенные переходы. Верхние горизонты могут резко отличаться от нижележащих – здесь нередко содержатся повышенные количества тонкодисперсного материала.

Несмотря на широкое развитие в геологическом разрезе территории страны эти образования как грунты изучены весьма слабо и требуют тщательной инженерно-геологической оценки.

Особенности строения, состава и свойств

В зависимости от характера и условий выветривания элювиальные накопления имеют самый разнообразный гранулометрический состав – от крупнообломочного до тонкодисперсного глинистого. С инженерно-геологической точки зрения целесообразно различать коры выветривания, сформированные в породах различного генезиса и состава [3]: в изверженных и метаморфизованных породах; в осадочных обломочных, карбонатных и других отложениях.

Среди кор выветривания, развитых на изверженных и метаморфизованных породах Беларуси (породы кристаллического фундамента) и попадающих в сферу инженерно-хозяйственной деятельности, можно отметить образования на участках Микашевичско-Житковичского выступа и северных склонов Украинского щита, заходящих на территорию страны.

Изучение кор выветривания в гранитах, диоритах, гранодиоритах, гнейсах и гранитогнейсах на месторождениях строительного камня и глинистого сырья в пределах Микашевичско-Житковичского выступа показало, что сложены они в основном продуктами физического выветривания в виде обломков пород различного размера и формы – от крупных (щебень, дресва) до песчаных и пылеватых. Эти грунты по петрографическому и минеральному составу мало отличаются от материнских пород, часто подвержены процессам хлоритизации темноцветных минералов и каолинизации полевых шпатов (рис. 1), в результате чего в отдельных случаях образуются пластообразные залежи элювиальных глинистых грунтов, среди которых преимущественным распространением пользуются суглинки и супеси.

Суглинки и супеси серые, светло-серые, местами окрашенные гипергенными окислами железа в желтый или желтовато-бурый цвета, часто содержат обломочный материал в виде дресвы из материнских пород, залегают на глубинах 12–35 м в виде пластов мощностью 1–15 м и более. Минеральный состав этих грунтов представлен, в основном, тонкодисперсным кварцем (25,5–39%), полевыми шпатами (11–18%), каолинитом (15–42,5%) и иллитом (20–28%), в малых количествах присутствуют смектит, хлорит и другие глинистые минералы [5]. В химическом составе элювиальные суглинки и супеси содержат 61,7–70,3% SiO₂, 19,0–25,1% Al₂O₃, 0,46–1,56% Fe₂O₃, 0,26–0,68%

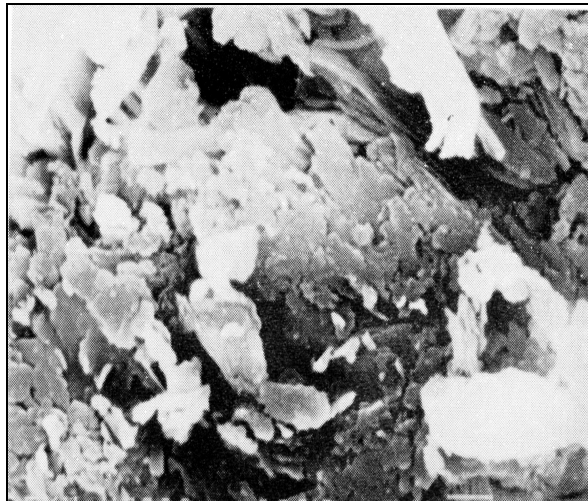


Рис. 1. Ориентированное развитие каолинита по плагиоклазам в гранито-гнейсах Микашевичско-Житковичского выступа, увеличение в 15600 раз [4].

TiO₂, 0,09–0,19% CaO, 0,06–0,45% MgO, 0,10–0,12% Na₂O, 3,85–6,02% K₂O [6]. Емкость поглощения грунтов не превышает 12 мг-экв/100 г, в поглощенном комплексе преобладает Ca²⁺.

Рассматриваемые грунты высокодисперсны, средней и плохой отсортированности. Для них характерно в целом высокое содержание песчаных фракций (55–61%), на пылеватые и глинистые частицы приходится 19–28% и 12–26% соответственно. Микроструктура элювиальных суглинков и супесей скелетно-матричная, отличающаяся наличием сплошной неориентированной глинистой массы, в которой содержатся беспорядочно расположенные включения пылеватых и песчаных зерен (рис. 1). Глинистое вещество агрегировано, контактирование микроагрегатов идет по типу базис–скол и скол–скол. По характеру структурных связей в грунтах преобладают контакты смешанного типа. Ориентация структурных элементов отсутствует. Пылеватые зерна имеют изометричную форму, а их поверхность покрыта глинистыми «рубашками». Во внутреннем строении грунтов хорошо выражены изометричные межмикроагрегатные поры размером 1,3–12 мкм (рис. 1).

Плотность исследуемых элювиальных глинистых грунтов при естественной влажности составляет 1,67–2,12 г/см³, плотность скелета – 1,56–1,63 г/см³, плотность частиц грунта – 2,63–2,85 г/см³, коэффициент пористости – 0,34–1,00, степень влажности – 0,48–0,98, число пластичности – 3–15%. Суглинки и супеси ненабухаемые (величина набухания не более 2,0%), слабоосадочные (усадочность 3,5–6,2%), склонны к размоканию. По деформационным характеристикам эти грунты относятся к категории сильнодеформируемых – по результатам компрессионных испытаний в интервале нагрузок 0,1–0,2 МПа их модуль деформации не превышает 7 МПа. Прочностные показатели составляют: сцепление 8–90 кПа, угол внутреннего трения 30–44°, коэффициент внутреннего трения 0,58–0,97.

Характерной чертой элювия осадочных обломочных пород на территории Беларуси является их пестроцветность. Подобные элювиальные образования глинистого состава получили развитие в Лоевском Приднепровье на юго-востоке страны. Они либо обнажаются на поверхности, либо залегают на глубинах 8–10 м. Мощность элювиальных образований составляет 3–6 м, реже более (рис. 2).

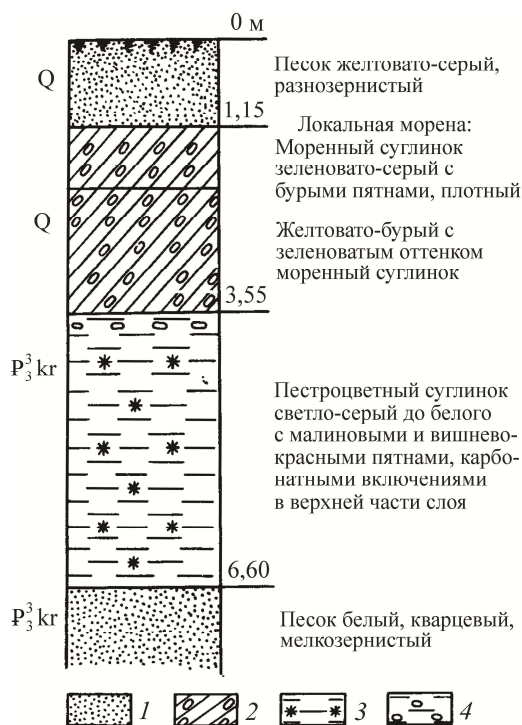


Рис. 2. Геологический разрез обнажения «Соловьев Хутор» [7]: 1 – песок; 2 – моренный суглинок; 3 – пестроцветный каолиновый суглинок; 4 – карбонатные стяжения.

На изучаемой территории распространены светло-серые, иногда серые суглинки, окрашенные на отдельных участках гипергенными окислами железа в ярко красный, бурый, желтовато-бурый, малиновый цвета. Грунты выветрелые, трещиноватые, с зеркалами скольжения, алевритистые и песчанистые, состоят преимущественно из тонкодисперсного кварца (70 % от валового содержания минералов), каолинита (27 %) и иллита (3 %). Как показали исследования Н.В. Зайцевой [7], повышенное количество каолинита в этих суглинках обусловлено химическим выветриванием глауконита, содержащегося в песках и песчаниках верхнего олигоцена. Превалирующую роль каолинита в составе глинистой фракции подтверждают данные рентгеноструктурных исследований [8]. Судя по величине отражений и довольно очерченным пикам 7,17 и 3,57 Å (рис. 3), каолинит имеет совершенную структуру, обладает хорошей окристаллизованностью. В химическом составе суглинки содержат 45,52–46,47% SiO₂, 26,65–28,67% Al₂O₃, 5,12–7,63% Fe₂O₃, 0,14–0,29% FeO, 1,07–1,15% TiO₂, 0,85–0,92% CaO, 0,73–0,85% MgO, 0,02–0,04% MnO, 0,07–0,16% Na₂O, 0,09–0,19% K₂O [7].

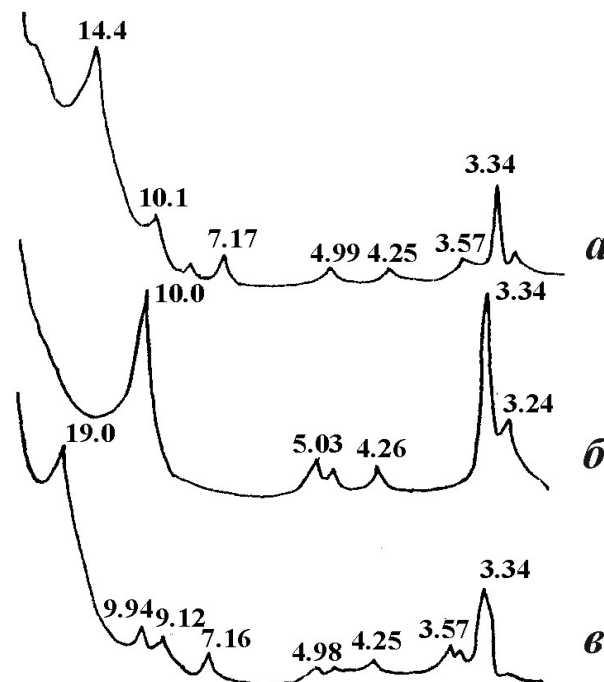


Рис. 3. Рентгенодифрактограммы пестроцветного суглинка из обнажения «Соловьев Хутор» [8]: а – исходный образец; б – прокаленный при 600°C; в – насыщенный глициерином

Для данных грунтов характерно наличие в обменном комплексе ионов Ca²⁺, отсутствие смектита и повышенная доля аутигенных минералов – гидроокислов железа (гетита) и карбонатов железа (сидерита). На участках суглинков серого цвета преобладает сидерит, вишнево-красного цвета – гидроокислы железа. Суглинки довольно высокодисперсные, средней и плохой отсортированности, содержат в основном глинистую и крупно-пылеватую фракцию (частиц <0,001 мм – 16%, а частиц 0,05–0,01 мм – 54%) при низком количестве песчаных частиц. Микростроение их характеризуется преобладанием доменоподобных микроагрегатов (рис. 4, в, г), сложенных аксиально-ориентированными микрочастицами каолинита. В то же время взаимная ориентация доменов отсутствует, что характеризует описываемую микроструктуру как изотропную и неориентированную. Домены взаимодействуют между собой по типу базис–скол и скол–скол (рис. 4, г) с образованием контактов различного типа – от коагуляционных до фазовых. Внутреннее строение грунтов характеризуется присутствием хорошо выраженных изометричных крупных межмикроагрегатных пор размером от 2 до 10 мкм (рис. 4, б, в), и более мелких внутримикроагрегатных пор, щелевидной формы, которые имеют в местах наибольшего раскрытия толщину не более 0,3 мкм (рис. 4, г). Общая пористость по результатам РЭМ составляет 37%. В целом микроструктуру суглинка можно отнести к доменно-матричному типу.

Суглинки имеют плотность твердой фазы 2,76 г/см³, плотность скелета грунта составляет в среднем 1,52 г/см³, а плотность грунта в естественном

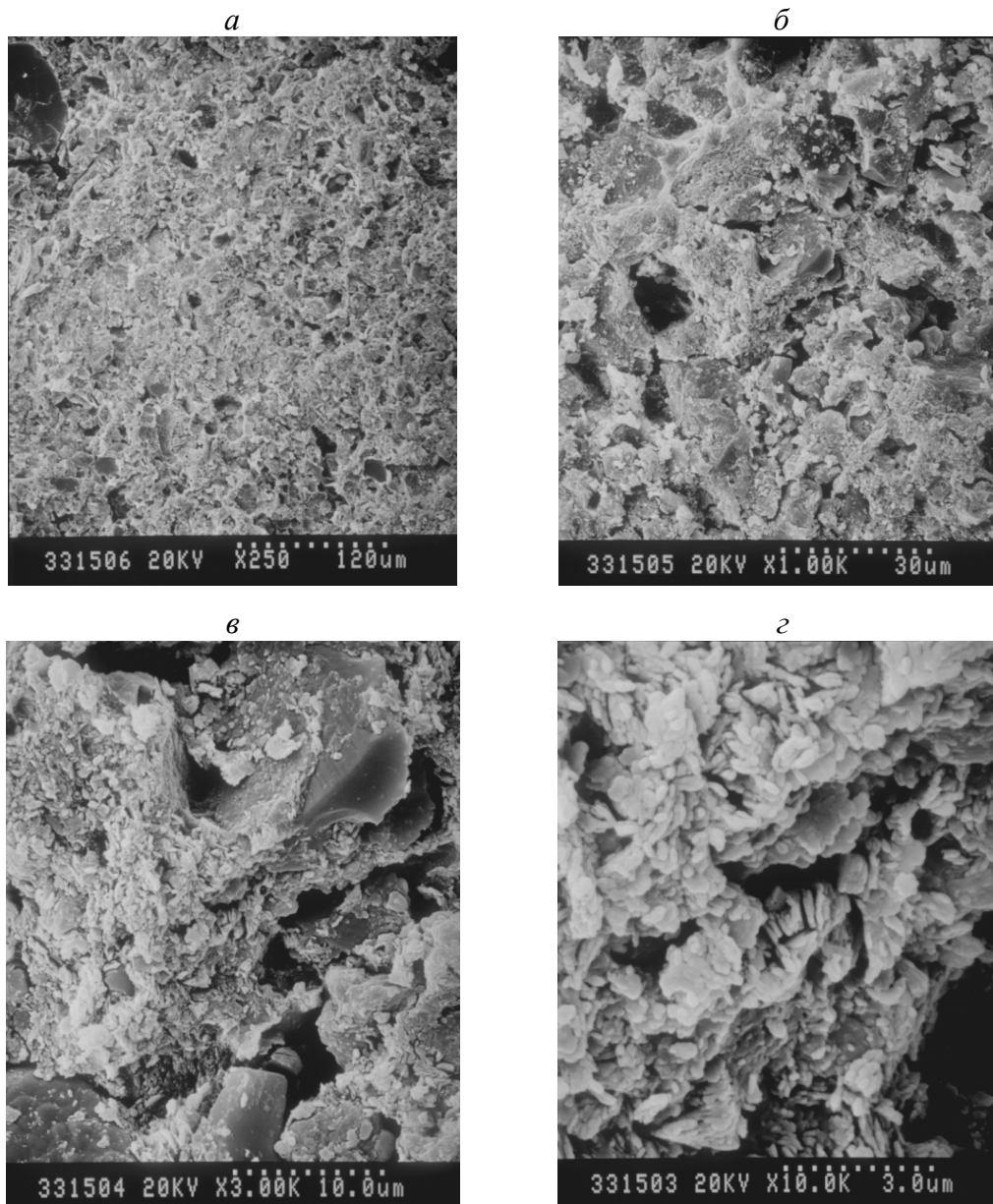


Рис. 4. Микростроение пестроцветного суглинка [8]: а – увеличение в 250 раз; б – увеличение в 1000 раз; в – увеличение в 3000 раз; г – увеличение в 10000 раз.

сложении – $1,73 \text{ г/см}^3$, пористость 45%, коэффициент пористости 0,82. Несмотря на высокое содержание глинистых частиц, число пластичности суглинков довольно низкое – 8%. Грунты практически небухают (величина набухания 1–1,7%, конечная влажность набухания 24%), имеют незначительную усадку (усадочность 3%), в статических условиях им свойственна высокая степень размокаемости (40%). Для них характерны: модуль деформации (при $p=0,1-0,2 \text{ МПа}$) – 5–14 МПа, сцепление – 10–70 кПа, угол внутреннего трения – 11–19°, коэффициент внутреннего трения 0,19–0,34.

Элювий карбонатных пород на территории Беларуси часто встречается в местах близповерхностного залегания верхнедевонских доломитов и известняков на северо-востоке страны и мергельно-

меловых пород верхнего мела на юге, востоке, юго-востоке и юго-западе республики. В крупнообломочном карбонатном элювии, состоящем из обломков и более тонкого материала различной крупности, первичная спайность полностью утрачивается, элювий приобретает рыхлый, бесструктурный характер. В дисперсной зоне формируется мелкозернистый карбонатный элювий типа доломитовой и меловой муки.

Гранулометрический состав карбонатного элювия очень разнообразен, при этом незначительные изменения в соотношении количеств фракций влекут значительные изменения в свойствах данных грунтов.

Среди элювия доломитов наиболее часто встречаются типы щебенистых и дресвяных карбонатных пород. Наименее распространены среди элю-

вия доломитов глинистые разности. Доломитовая мука также встречается не повсеместно и залегает в виде гнезд, линз и прослоев, мощность которых измеряется от нескольких сантиметров до первых метров (северо-восток Беларуси). Прослои доломитовой муки, вскрываемые на разных глубинах под более молодыми отложениями, могут иметь разную степень уплотнения – от слабой до средней.

Доломитовая мука состоит в основном из доломита (87–99%) и кальцита (13–1%), размеры частиц которых в своей основной массе составляют 0,01–0,25 мм. В некоторых разностях содержание частиц размером 0,05–0,01 мм достигает 88%. Часто присутствуют крупные частицы размером 5–7 мм. Плотность грунта при естественной влажности составляет в среднем 1,89 г/см³, плотность минеральных частиц – 2,79 г/см³, естественная пористость довольно высокая – до 33–54%. Доломитовая мука не пластична. Отдельные ее «участки» слабосцементированы вторичным кальцитом. Основные физико-механические свойства доломитовой муки во многом сходны со свойствами тонкозернистых песчаных грунтов: модуль деформации (при $p=0,1-0,2$ МПа) составляет 6–8 МПа, сцепление – 7 кПа, угол внутреннего трения – 35°, коэффициент внутреннего трения 0,7. Водопроницаемость доломитовой муки очень мала. Это, по-видимому, является одной из главных причин оплывания ее в фильтрующих откосах и бортах карьеров, а также возникающей в ее толще механической суффозии, особенно когда слабоуплотненная доломитовая мука заполняет открытые сообщающиеся трещины.

Элювий писчего мела залегает в различной форме: от гнездообразной (чаще на востоке республики) до плащеобразной (на юго-западе). Во всех случаях он представлен суглинками и глинами. Основным глинистым минералом в них является смектит (14,60–15,04 Å; после насыщения глицерином 16,07–17,34 Å), в виде примесей присутствуют каолинит и смешанослойные образования (рис. 5). Местами на юго-западе страны наблюдается скопление органического вещества. В глинистой массе присутствуют рассеянные зерна кварца, включения кальцита и акцессорных минералов (турмалин, эпидот и др.). Следует отметить, что элювий восточных районов намного беднее по компонентному составу, чем юго-западных, что обусловлено разными условиями среды, в которой находился элювий после его образования. По данным химических анализов [7], в тонкодисперсной части элювия восточных районов, по сравнению с юго-западными, намного выше содержания SiO₂ (51,20–60,64%), Al₂O₃ (20,43–23,59%), H₂O⁻ (1,81–1,94%), значительно ниже P₂O₅ (0,48–0,53%), Na₂O (0,05–0,11%), CaO (2,55–4,07%) и особенно FeO (0,27–0,29%). Емкость поглощения элювиальных глинистых грунтов составляет 8–15 мг-экв/100 г. В поглощенном комплексе преобладает Ca²⁺.

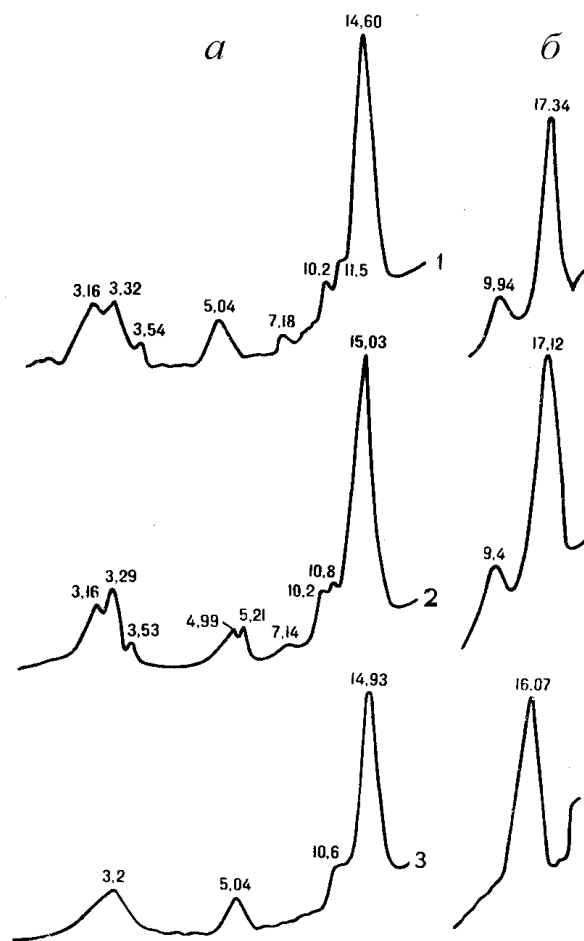


Рис. 5. Рентгенодифрактограммы элювиального суглинка на меловых породах из восточных районов Беларуси [7]: а – исходный образец; б – насыщенный глицерином. 1–3 – номера образцов.

По гранулометрическому составу грунты неоднородны, встречаются все разности глинистых грунтов – от супесей до глин. Содержание частиц <0,01 мм в них колеблется от 40 до 90% и более, в том числе <0,001 мм – 30–85%. Микроструктура элювиальных глинистых грунтов на меловых породах тонкочешуйчатая, относительно однородная, с редкими включениями обломочных зерен.

Плотность грунтов при естественной влажности составляет 1,75–2,02 г/см³, плотность скелета – 1,58–1,86 г/см³, плотность частиц грунта – 2,66–2,8 г/см³, пористость достигает 45%. Грунты обладают высокой пластичностью (I_p до 25%), при разрушении первичных структурных связей и водонасыщении размокают, теряют прочность и приходят в плавунное состояние, способны к набуханию (до 8%) и пучению при промерзании. Для них характерны низкие показатели деформационно-прочностных свойств: модуль деформации (при $p=0,1-0,2$ МПа) – 5–8 МПа, сцепление – 13–20 кПа, угол внутреннего трения – 20–25°, коэффициент внутреннего трения 0,36–0,47.

Заключение

Проведенные исследования показали существенное своеобразие инженерно-геологических характеристик элювиальных грунтов Беларуси. Они представлены различными грунтами – от глинистых до крупнообломочных, характеризуются сложным строением и пространственной изменчивостью состава и свойств как в разрезе, так и по простиранию. Причем значения показателей последних могут варьировать довольно в широких пределах, даже в границах одного участка, что необходимо учитывать при инженерно-хозяйственном использовании этих грунтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грунтоведение / В. Т. Трофимов, В. А. Королев, Е. А. Вознесенский, Г. А. Голодковская, Ю. К. Васильчук, Р. С. Зиангиров / Под ред. В. Т. Трофимова. – 6-е изд., переработ. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 1024 с.
2. Золотарев, Г. С. Инженерная геодинамика: учеб. / Г. С. Золотарев. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 328 с.
3. Золотарев, Г. С. Современные задачи инженерно-геологического изучения процессов и кор выветривания / Г. С. Золотарев // Вопросы инженерно-геологического изучения процессов и кор выветривания. – М.: Изд-во МГУ, 1971. – С. 4–25.
4. Левых, Н. Н. Генетические особенности каолинитов Белоруссии / Н. Н. Левых. – Минск: Наука и техника, 1988. – 81 с.
5. Сергиевич, О. А. Особенности химико-минералогического состава и свойства каолинов белорусских месторождений / О. А. Сергиевич, Е. М. Дятлова, Г. Н. Малиновский, С. Е. Баранцева, Р. Ю. Попов // Стекло и керамика. – 2012. – №3. – С. 25–31.
6. Сергиевич, О. А. Исследование каолинов белорусских месторождений с целью использования в производстве керамических плиток различного назначения / О. А. Сергиевич, Е. М. Дятлова, Г. Н. Малиновский, С. Е. Баранцева, Р. Ю. Попов // Труды БГТУ. – 2013. – №3. – С. 110–117.
7. Зайцева, Н. В. Глины среднего олигоцена-плиоцена Белоруссии / Н. В. Зайцева. – Минск: Наука и техника, 1987. – 242 с.
8. Галкин, А. Н. Диффузионно-осмотические свойства глинистых пород юго-востока Беларуси в условиях загрязнения геологической среды / А. Н. Галкин. – Витебск: Изд-во ВГУ им. П. М. Машерова, 2004. – 126 с.

Витебский государственный университет имени П. М. Машерова
Галкин Александр Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры географии
E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru
Тел.: +375(212)58-58-45

Vitebsk State University named after P. M. Masherov
Galkin A. N., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences,
Professor of the Geography Department
E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru
Tel.: +375(212) 58-58-45