

СОСТАВ И СТРОЕНИЕ ДИСПЕРСНОЙ ЗОНЫ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ ГРАНИТОИДОВ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ЧЕЛЯБИНСКА

<https://doi.org/10.25296/1993-5056-2018-13-4-5-20-34>

УДК 624.131



Фото автора

БАРАНОВСКИЙ А.Г.

ООО изыскательская фирма «ЮжУралТИСИЗ», г. Челябинск, Россия, geologia85@mail.ru
Адрес: ул. Короленко, д. 36, г. Челябинск, 454080, Россия

Аннотация

Элювиальные глинистые грунты являются основаниями промышленных и гражданских зданий и сооружений в Уральском регионе. Поэтому изучение состава, строения и свойств элювиальных грунтов, служащих основаниями проектируемых и строящихся объектов, является первостепенной задачей, способствующей более рациональному проведению всех видов инженерных изысканий. В статье рассматриваются результаты исследования структурной прочности, химического и минерального составов элювиальных глинистых грунтов дисперсной зоны коры выветривания гранитоидов Челябинского плутона, их макро- и микростроение. По данным проведенных исследований произведено расчленение дисперсной зоны коры выветривания на более мелкие подразделения. Разновидности в толще элювиальных глинистых грунтов выделены на основании качественных (цвет, структурно-текстурные особенности) и количественных (физико-механические свойства) характеристик, и предпринята попытка научного обоснования выделения разновидностей в толще элювиальных глинистых грунтов по результатам изучения структурной прочности. На основании анализа полученных результатов исследований с учетом классификаций разных нормативных источников автор разделяет в общем случае дисперсную зону коры выветривания по степени структурной прочности на три разновидности: бесструктурную (элювиальный глинистый грунт, обладающий вторичными структурными связями, приобретенными в результате гипергенеза), слабоструктурную (элювиальный глинистый грунт, обладающий сильно ослабленными первичными, а также частично вторичными связями) и прочноструктурную (элювиальный глинистый грунт, обладающий сильно ослабленными первичными связями). Однако сделанные выводы требуют подтверждения посредством большего количества исследований, поскольку инженерно-геологической информации, полученной в результате настоящего исследования состава и строения дисперсной зоны коры выветривания гранитоидов Челябинского батолита в трех точках, недостаточно.

Ключевые слова:

элювиальные грунты; химический и минеральный составы; макро- и микростроение; структурная прочность; кора выветривания; дисперсная зона; гранитоиды

Ссылка для цитирования:

Барановский А.Г., 2018. Состав и строение дисперсной зоны коры выветривания гранитоидов территории города Челябинска. Инженерная геология, Том XIII, № 4–5, с. 20–34, <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2018-13-4-5-20-34>

COMPOSITION AND STRUCTURE OF THE DISPERSE ZONE OF WEATHERING CRUST OF GRANITOIDS OF THE TERRITORY OF THE CITY OF CHELYABINSK

ALEKSEY G. BARANOVSKIY

«YuzhUralTISIZ» LLC survey firm, Chelyabinsk, Russia, geologia85@mail.ru

Address: Bld. 36, Korolenko St., 454080, Chelyabinsk, Russia

Abstract

Residual clay soils are the bases of industrial and civil buildings and structures in the Urals region. Therefore, the study of the composition, structure and properties of residual soils, serving as the bases for projected and under construction objects, is a primary task that contributes to a more rational conduct of all types of engineering surveys. The paper examines the results of investigation of structural strength, chemical and mineral compositions of residual clayey soils of the dispersed zone of the granitoids weathering crust of the Chelyabinsk pluton, their macro- and microstructure. According to the data of the investigations carried out, the dispersed zone of the weathering crust was subdivided into smaller subdivisions. Varieties in the thickness of residual clay soils are distinguished on the basis of qualitative (color, structural and texture features) and quantitative (physical and mechanical properties, structural strength) characteristics. Moreover, an attempt has been made to scientifically substantiate the isolation of varieties in the thickness of residual clay soils from the results of studying structural strength. Based on the analysis of the obtained results of studies, taking into account the classifications of different regulatory sources, the author shares in the general case the dispersed zone of the weathering crust according to the degree of structural strength into three varieties: structureless (residual clayey soil with secondary structural bonds acquired as a result of hypergenesis), weakly structural (weakly-clayey soil, which has strongly attenuated primary and also partially secondary bonds) and a structurally stable (residual clayey soil with strongly attenuated primary bonds). However, the conclusions drawn need to be confirmed through more studies, since the geotechnical information obtained as a result of the present study of the composition and structure of the dispersed zone of the weathering crust of granitoids of the Chelyabinsk batholith at three points is not enough.

Key words:

residual soils; chemical composition; mineral composition; macrostructure; microstructure; structural strength; weathering crust; disperse zone; granitoids

For citation:

Baranovskiy A. G., 2018. Composition and structure of the disperse zone of weathering crust of granitoids of the territory of the city of Chelyabinsk. *Engineering Geology*, Vol. XIII, No. 4–5, pp. 20–34, <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2018-13-4-5-20-34>

Введение

Основы инженерно-геологического изучения кор выветривания заложены академиком Ф.П. Саваренским¹.

Впервые коры выветривания в Уральском регионе исследовались И.М. Крашенинниковым в 1915 г. [6]. В этот период они изучались в связи с поисками и разведкой месторождений полезных ископаемых. Большой вклад в развитие теории процессов выветривания и разработку методов их инженерно-геологической оценки на Урале и в других регионах внесли: Г.С. Золотарев [4], Н.В. Коломенский², В.Б. Швец [8], Э.А. Джавахишвили [3], Л.А. Яр³ и др.

Отечественными учеными предложены схемы расчленения кор выветривания на зоны (табл. 1).

Зоны профиля коры выветривания были выделены в первую очередь по геохимическим изменениям, обуславливающим в свою очередь изменения химического и минерального составов, строения и физико-механических свойств элювиальных грунтов. Исследователями отмечаются определённые закономерности в формировании зон выветривания снизу вверх, а также взаимосвязь по-

казателей состава и строения различных зон и горизонтов (подзон) с физико-механическими свойствами элювиальных образований. Свойства элювия вверх по профилю коры выветривания изменяются в худшую сторону, в связи с увеличением дисперсности, пористости, ослабления первичных структурных связей, а также за счёт образования вторичных (глинистых) минералов, замещающих первичные (неглинистые).

По мере накопления данных о строении кор выветривания пород коренного субстрата осуществлялись попытки классифицировать элювиальные образования в инженерно-геологических целях. Итогом накопленного опыта стала классификация, разработанная сотрудниками УралПРОМСТРОЙНИИПРОЕКТ в 1962–1964 гг. и включенная в «Указания по инженерно-геологическим изысканиям оснований на элювиальных грунтах». Впоследствии данная классификация претерпевала незначительные изменения, по мере усовершенствования методов получения геологической информации, но общие положения классификации оставались неизменными.

¹ Саваренский Ф.П., 1937. Инженерная геология. ОНТИ НКТП СССР, Москва.

² Коломенский Н.В., 1952. Методические указания по изучению процессов выветривания горных пород в инженерно-геологических целях. Гостеоиздат, Москва.

³ Яр Л.А., 1991. Методы инженерно-геологических исследований процесса и кор выветривания. Недра, Москва.

Схема расчленения кор выветривания на зоны
Scheme of the dismemberment of weathering crusts into zones

По Н.В. Коломенскому ² , для глинистых грунтов (1949 г.)	По Г.С. Золотареву, для глинистых и изверженных грунтов (1948, 1963 гг.) [4]	По Э.А. Джавахишвили, для гранитов и глин Абхазии (1962, 1970 гг.) [3]	По В.Б. Швецу, для грунтов Урала (1970 г.) [8]	По Л.А. Яр ³ для изверженных грунтов (1974, 1985 гг.)
—	—	—	—	V — вторичной цементации
IV — тонкого дробления	Поверхностное выветривание	A	Мелкого дробления	IV — глинистых продуктов
III — зернистая или мелкообломочная		B	Щебенистая	III — выщелачивания
II — глыбовая		B	Глыбовая	II — дезинтеграции
I — монолитная		Г	Скрытотрещиноватая	I — слабого расчленения
—		Трещиноватая	—	—

Согласно СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений», профиль коры выветривания в общем случае может быть представлен сверху вниз следующими зонами, различающимися степенью выветрелости: дисперсной, обломочной, глыбовой и трещиноватой. В соответствии с выделенными зонами наблюдается возрастание по глубине плотности элювиальных образований, уменьшение пористости и трещиноватости и увеличение прочности крупных обломков и отдельностей.

В статье автором рассмотрены строение и состав дисперсной зоны коры выветривания гранитоидов, представляющей наибольший интерес в связи с ее существенным пространственным распространением на территории города Челябинска.

Грунты дисперсной зоны коры выветривания подразделяются по числу пластичности, структурной прочности, прочности обломков. И если принципы деления дисперсных грунтов коры выветривания по числу пластичности и прочности обломков не вызывают сомнений, то по структурной прочности нет четкой картины подразделения грунтов дисперсной зоны на таксоны. Это отчетливо видно при сопоставлении классификаций дисперсных элювиальных грунтов из разных нормативных источников (табл. 2).

Изучением структурной прочности элювиальных грунтов занимались многие отечественные ученые, такие как В.Б. Швец [8], Л.А. Яр³, Л.И. Корженко [5].

Большинство ученых выделяет слабоструктурные и прочноструктурные разновидности элювия. Диагностические признаки грунтов, отнесенных к той или иной разновидности, различны и отражены в табл. 2.

Целью исследования явилось изучение состава и строения дисперсной зоны коры выветривания гранитоидов Челябинского батолита на основании полученных экспериментальных данных для ее разделения на более мелкие подразделения, отличающиеся по физико-механическим свойствам.

Поставленная цель достигалась путём решения следующих задач:

- оценки минерального и химического состава элювиальных глинистых грунтов;
- оценки макро — и микростроения элювиальных глинистых грунтов;

- оценки количественных показателей структурной прочности элювиальных глинистых грунтов;
- оценки физико-механических свойств элювиальных глинистых грунтов;
- расчленение дисперсной зоны коры выветривания на более мелкие подразделения.

Объект исследования

Элювиальные грунты на Южном Урале имеют широкое пространственное распространение и являются основаниями фундаментов гражданских и промышленных зданий и сооружений.

Объектом исследования в настоящей статье являются элювиальные глинистые грунты, сформировавшиеся на гранитоидных породах (гранодиориты и кварцевые диориты) Челябинского плутона.

Гранитоидные породы образовались в палеозойскую эру в результате активизаций глубинных тектонических процессов. На территории города Челябинска породы интрузивного комплекса развиты в северо-западной части города и представлены в основном гранодиоритами и кварцевыми диоритами.

В последующем в результате климатических изменений, постмагматических преобразований (сдвигание блоков кристаллизовавшихся пород по трещинам; метаморфизация интрузивных пород), под воздействием физико-механических, химических и биологических процессов породы коренного субстрата преобразовались в элювиальные крупнообломочные и глинистые грунты. Образовалась мощная мезозойская кора выветривания. Профиль коры выветривания не выдержан по разрезу и в общем случае сверху вниз представлен следующими зонами: дисперсной, обломочной, глыбовой и трещиноватой.

Для изучения дисперсной зоны коры выветривания было выбрано три ключевых участка. Характеристика их геологического строения, геоморфологические и гидрогеологические условия отражены в табл. 3.

Расположение ключевых участков относительно друг друга изображено на рис. 1. В пределах каждого ключевого участка была пробурена скважина (рис. 2), из которой для изучения химико-минерального состава, строения, физических и физико-механических свойств элюви-

Таблица 2
Table 2

Классификация дисперсных связанных элювиальных глинистых грунтов коры выветривания химического типа по прочности структурных связей Classifications of residual clay soils						
Классификация дисперсных связанных элювиальных глинистых грунтов коры выветривания химического типа по прочности структурных связей						
СП 11-105-97. Часть III			Указаний ⁴			
СП 22.13330.2016			Пособие к СНиП 2.02.01-83*			
Наименование грунтов	Отличительные признаки	Наименование грунтов	Отличительные признаки	Наименование грунтов	Отличительные признаки	Наименование грунтов
Бесструктурный элювий (пески, супеси, суглинки, глины, часто с разным содержанием древесного щебенистого материала)	Элювий, полностью утративший первичные структурные связи	Слабоструктурный элювий (пески и глинистые грунты)	Элювиальные пески и глинистые грунты, имеющие при природной влажности значение предела прочности на одноосное сжатие $R_c < 0,2$ МПа	Глинистый слабоструктурный элювий (глины, суглинки, супеси)	Удельное сцепление $c \leq 100$ кПа. Коэффициент структурной прочности $1 < K_{en} < 1,25$	Элювиальные слабоструктурные грунты (суглинки, реже глины и супеси)
Структурный элювий (сапролит)	Элювий с сохранившимися, но сильно ослабленными структурными связями. Разламывается и растрескивается руками, обрабатывается лопатой, иногда с применением ударных инструментов. Характеризуется пределом прочности на одноосное сжатие $5 < R_c < 50$ МПа	Прочностной элювий (сапролит) — пески и глинистые грунты	Элювиальные пески и глинистые грунты, в которых частично сохранена макроструктура исходных пород и которые при природной влажности характеризуются пределом прочности на одноосное сжатие $R_c \geq 0,2$ МПа	Глинистый прочностной элювий — сапролиты глинистые, суглинистые, супесчаные	Удельное сцепление $c > 100$ кПа. Коэффициент структурной прочности $K_{en} > 1,25$. Куски породы растрескиваются руками и размягчаются в воде. Предел прочности на одноосное сжатие сапролитов в насыщенном водой состоянии $R_c \leq 1$ МПа	Элювиальные прочностные грунты, песчаные и глинистые сапролиты
—	—	—	—	Глинистый древесно-щебенистый сапролитовыми обломками	Обломки растрескиваются руками и размягчаются в воде. Коэффициент выветрелости обломков $K_{в} > 0,75$	—
—	—	—	—	—	—	—

Примечания:

- 1) отнесение грунтов к той или иной разновидности производится по наличию хотя бы одного из указанных отличительных признаков;
- 2) коэффициентом структурной прочности K_{en} называют показатель, определяющий влияние структурных связей на сопротивление образцов грунта одноосному сжатию; значение коэффициента структурной прочности устанавливается по формуле $K_{en} = R_c / R_{св}$, где R_c — временное сопротивление сжатию в насыщенном водой состоянии образца грунта ненарушенной структуры, $R_{св}$ — то же, перемятого при сохранении того же объема образца и при неизменной влажности;
- 3) СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов»;
- 4) Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений»)

⁴ Указания по особенностям инженерно-геологических изысканий и проектирования оснований на элювиальных грунтах, 1964. Стройиздат, Москва.

Инженерно-геологические условия ключевых участков Engineering geological conditions of key areas			
Местоположение ключевого участка	Геологическое строение	Геоморфологические условия	Гидрогеологические условия
Участок 1 Челябинская область, Сосновский район, микрорайон «Белый хутор»	Остаточные дисперсные коры выветривания кварцевых диоритов. Мезозойская кора выветривания неоднородная, с реликтами коренных пород различной степени выветрелости. С поверхности территория задернована почвенно-растительным слоем	Пологий слабонаклоненный в юго-восточном направлении склон ($I = 1\%$). Абсолютные отметки варьируют от 237,44 до 240,64 м	Подземные воды до глубины 12 м не вскрыты (абсолютные отметки 225,44–226,35 м)
Участок 2 Челябинская область, г. Челябинск, Центральный район, микрорайон 19 «Полифарм»	Гранодиориты, разрушенные процессами выветривания до глинистых грунтов, с включением обломочных фракций. Дисперсная кора выветривания остаточная, погружается в восточном направлении под толщу неогеновых глинистых отложений. Участками дислоцирована или рассечена крутопадающими кварцевыми прожилками различной мощности, жилами аплитов. Площадное выравнивание выполнено четвертичными глинистыми грунтами. С поверхности территория задернована почвенно-растительным слоем	Пологий слабонаклоненный в северо-восточном направлении склон ($I = 5\%$). Абсолютные отметки варьируют от 257,14 до 267,54 м	Зеркало подземных вод залегает на глубинах 12,7–17,6 м, что соответствует абсолютным отметкам 242,00–248,87 м
Участок 3 Челябинская область, г. Челябинск, Калининский район, микрорайон 30 (жилые дома 6, 7)	Гранодиориты, выветрелые в кровле до полускальных и глинистых грунтов. Остаточные дисперсные коры выветривания гранодиоритов неоднородные, обогащенные в различной степени обломочным материалом. В кровле толщи на отдельных участках бесструктурные, с реликтами коренных пород различной степени выветрелости, участками дислоцированные или рассеченные крутопадающими кварцевыми прожилками различной мощности, жилами аплитов. На кровле элювия залегают четвертичные глинистые грунты. С поверхности территория спланирована техногенными насыпными грунтами	Пологий слабонаклоненный на юг, юго-восток склон ($I = 2\%$). Абсолютные отметки варьируют от 231,30 до 233,85 м	Зеркало подземных вод залегает на глубинах 0,3–6,3 м, что соответствует абсолютным отметкам 225,95–231,60 м

альных грунтов с интервалом два метра были отобраны пробы грунтов ненарушенной структуры (монолиты). Всего было отобрано 20 проб. Пробы отбирались равномерно по всей толще дисперсных связных элювиальных грунтов.

Методика исследований

Основные положения статьи основаны на полевых, лабораторных и теоретических исследованиях элювиальных глинистых грунтов города Челябинска, проведенных автором в течение нескольких лет.

Химический состав элювиальных глинистых образований определен методом силикатного анализа, минеральный состав — рентгеноструктурным методом.

Микроструктурные характеристики элювиальных глинистых грунтов изучались на комплексе растровой электронной микроскопии РЭМ-микро ЭВМ.

Лабораторные исследования физических и физико-механических свойств элювиальных глинистых грунтов произведены по методикам, которые отражены в соответствующей нормативной литературе: ГОСТ 5180-2015 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик»; ГОСТ 12248-2010 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости».

Сжимаемость элювиальных глинистых грунтов изучалась в компрессионных приборах КПр-1 конструкции Гидропроекта. Определение сопротивления элювиальных



Рис. 1. Картограмма северо-западной части города Челябинска

Fig. 1. Scheme of the north-western part of the city of Chelyabinsk

глинистых образований срезу производилось по методу консолидированного среза в условиях естественной влажности на одноплоскостных приборах ПСГ-2 М (г. Углич).

Наличие структурной прочности p_{str} в дисперсных связных элювиальных грунтах было оценено посредством компрессионных испытаний в соответствии с требованиями действующих нормативных технических документов (ГОСТ 12248-2010, ГОСТ Р 54477-2011 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик деформируемости грунтов в дорожном строительстве» и др.).

Состав, строение и свойства элювиальных глинистых грунтов

Частные значения показателей состава, строения и свойств элювиальных глинистых грунтов сгруппированы по ключевым участкам и сведены в табл. 4.

Из табл. 4 видно, что на участке 1 с глубиной происходит увеличение процентного содержания крупнообломочных и крупных песчаных фракций, однако, закономерных изменений физических и физико-механических свойств глинистого элювия с глубиной не наблюдается. На участке 2 с глубиной происходит уменьшение величины влажности на границе текучести и, соответственно, числа пластичности, а также увеличение природной влажности грунтов, что приводит к незначительному уменьшению предела прочности на одноосное

сжатие и значений структурной прочности глинистого элювия.

На участке 3 с глубиной не происходит каких-либо закономерных изменений физических и физико-механических свойств элювиальных глинистых образований.

Для детального анализа некоторых количественных показателей состава, строения и свойств элювиальных глинистых грунтов были построены кривые их изменения с глубиной (рис. 3). Из графиков видно, что на разных участках характеристики изменяются по-разному, но в целом не наблюдается существенного изменения показателей состава, строения и свойств по глубине. Исключение составляет участок 2, на котором по разрезу до глубины 8 м наблюдаются увеличение плотности грунта (ρ) и показателей прочности (Rc_{np} и P_{str}).

Структурная прочность элювиальных глинистых грунтов

Структурная прочность грунтов является одним из важнейших показателей их физико-механических свойств.

Для оценки структурной прочности элювиальных глинистых грунтов были определены коэффициенты структурной прочности K_{cn} (19 определений) и показатели структурной прочности грунтов на сжатие p_{str} (17 определений). Результаты лабораторных исследований сведены в табл. 4.

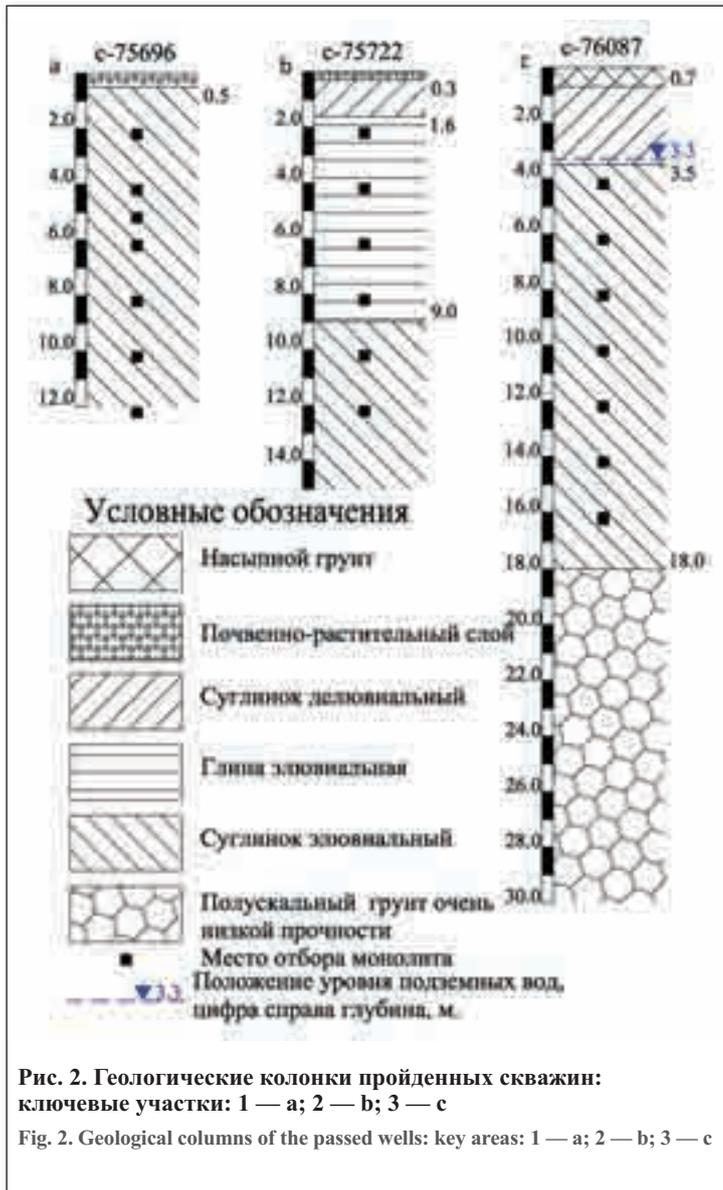


Рис. 2. Геологические колонки пройденных скважин: ключевые участки: 1 — а; 2 — б; 3 — с

Fig. 2. Geological columns of the passed wells: key areas: 1 — a; 2 — б; 3 — с

Коэффициент структурной прочности K_{cn} — показатель, который определяет влияние структурных связей на сопротивление образцов грунта одноосному сжатию, чем характеризует степень структурной прочности⁴.

По результатам исследования установлено, что степень структурной прочности элювиальных глинистых грунтов увеличивается с глубиной и зависит от числа пластичности. Так, чем больше число пластичности, тем меньше коэффициент структурной прочности глинистого элювия.

Элювиальные глинистые грунты коры выветривания кварцевых диоритов (участок 1) характеризуются средним значением коэффициента структурной прочности, равным 1,15. Объем выборки составил семь определений.

Коэффициенты структурной прочности глинистого элювия коры выветривания гранодиоритов для разных участков различны и составляют для участка 2 — 1,24, а для участка 3 — 1,36. Общий объем выборки составил 12 определений.

Следует отметить скачкообразное изменение коэффициента структурной прочности в дисперсной зоне коры

выветривания гранодиоритов на участке 2. Это обстоятельство, по всей видимости, связано с изменением степени выветрелости глинистого элювия.

Анализируя полученные данные можно вывести зависимости для оценки степени выветрелости элювиальных глинистых грунтов. Оценить степень выветрелости возможно посредством вычисления коэффициента выветрелости элювиальных глинистых грунтов K_{wrd} (табл. 5).

Согласно ГОСТ 12248-2010 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости» структурная прочность на сжатие p_{str} (МПа) — прочность, обусловленная наличием структурных связей и характеризуемая напряжением, до которого образец грунта при его нагружении вертикальной нагрузкой практически не деформируется.

По результатам лабораторных испытаний выявлено, что структурная прочность элювиальных глинистых грунтов уменьшается с глубиной и зависит от их влажностных параметров.

Элювиальные глинистые грунты коры выветривания кварцевых диоритов (участок 1) характеризуются средним значением структурной прочности на сжатие, равным 0,047 МПа. Объем выборки составил семь определений.

Структурная прочность на сжатие глинистого элювия коры выветривания гранодиоритов для разных участков различна и равна для участка 2 — 0,049 МПа, а для участка 3 — 0,024 МПа. Общий объем выборки составил 12 определений.

Результаты испытаний подтвердили, что все образцы обладают структурной прочностью.

Химический и минеральный составы⁵ элювиальных глинистых грунтов

Интрузивные породы, формирующиеся на глубине, в условиях высоких температур и давлений, сильнее друг друга изменяются при выветривании. Многие породообразующие минералы оказываются весьма неустойчивыми в условиях, существующих на поверхности Земли и вблизи нее. Это предопределяет практически полное изменение вещественного состава породы в зоне гипергенеза (в отличие от осадочных горных пород).

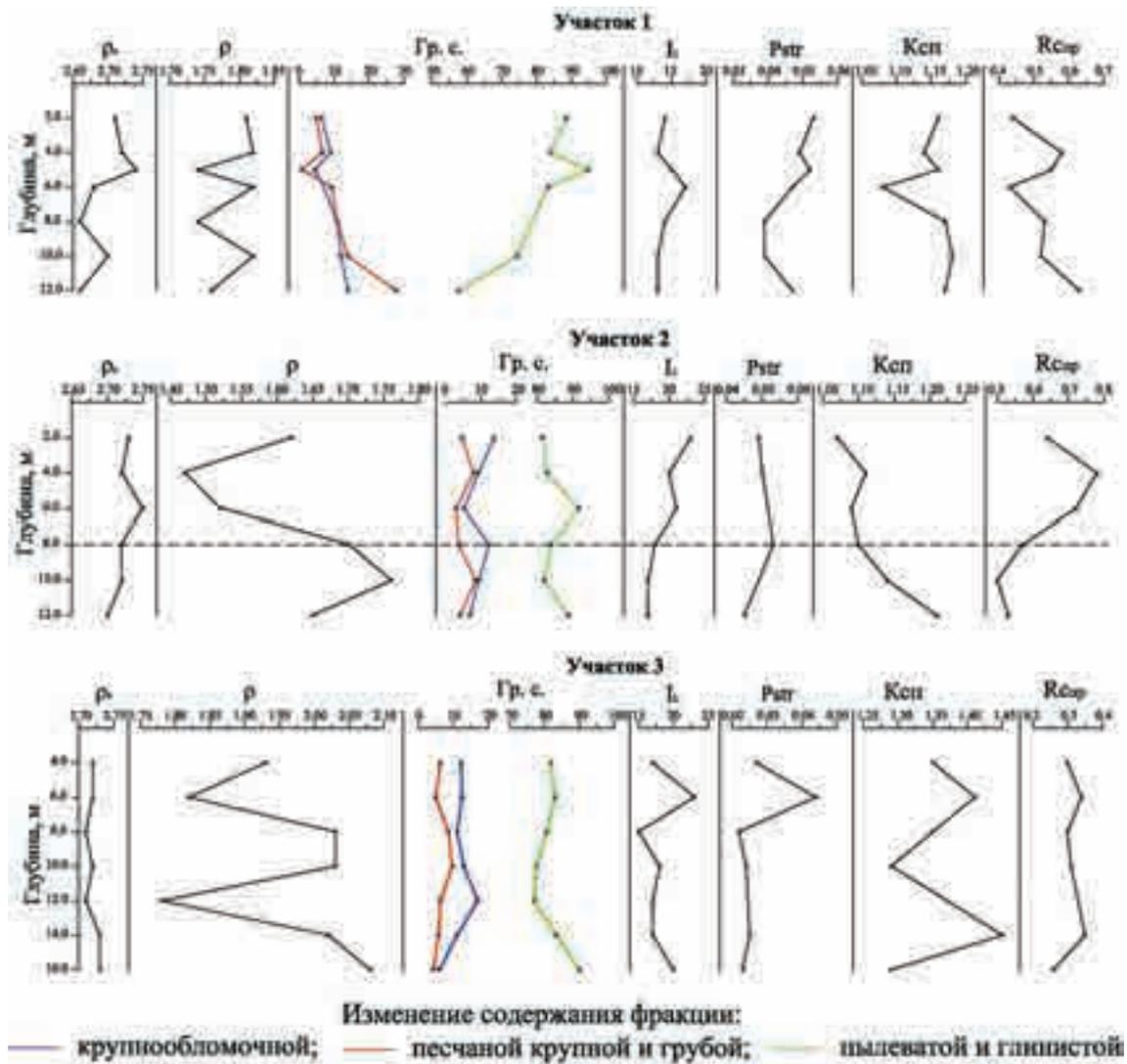
Из-за стадийности и неравномерности процесса выветривания, изменение зерен первичных минералов и преобразование их во вторичные (глинистые) минералы происходит постепенно и в определенной последовательности, поэтому кора выветривания приобретает зональное строение. Каждой зоне соответствует определенный набор или сочетание первичных и вторичных минералов. Формируется особый химико-минеральный состав грунтов.

Для оценки химического и минерального составов элювиальных грунтов автором в пределах исследуемой территории были отобраны (2013–2015 гг.) пробы грунтов ненарушенной структуры (монолиты). Пробы отбирались с учетом метода ключевых участков на разных гипсометрических уровнях (см. табл. 3). Максимальная глубина отбора проб грунтов составила 14,0 метров. При отборе проб грунтов для химического и минерального анализов использовался принцип квартования. Всего было отобрано 14 проб.

⁵ Химический и минеральный составы дисперсных связных элювиальных грунтов определены специалистами института минералогии Уральского отделения РАН (г. Миасс). Обработка данных проведена автором.

Таблица 4
Table 4

Появид скальных грунтов		Номер выработки	Глубина отбора, м	Показатели состава, строения и свойств														предел прочности на одноосное сжатие R_c , МПа	
				плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	плотность грунта ρ , г/см ³	плотность сухого грунта ρ_d , г/см ³	природная влажность ω , %	коэффициент пористости e , д.ед.	влажность на границах, %		число пластичности I_p , %	показатель текучести I_L , д.ед.	коэффициент водонасыщения S_r , д.ед.	угльное сепление c , кПа	угол внутреннего трения φ , град.	компрессионный модуль деформации E_s , МПа	структурная прочность p_{sp} , МПа		
									текущей W_L	раскатывания W_p								при природной влажности	при водонасыщении
Участок 1 — Микрорайон «Белый хутор»																			
Кварцевые диориты	Сважина № 75696	2,0	2,71	1,81	1,50	21	0,81	40	26	14	<0	0,71	40	23	5,9	0,053	1,16	0,44	0,22
		4,0	2,72	1,82	1,58	15	0,72	38	25	13	<0	0,57	44	24	7,4	0,049	1,14	0,58	0,29
		5,0	2,74	1,74	1,46	19	0,88	41	26	15	<0	0,59	37	23	7,4	0,052	1,16	0,55	0,28
		6,0	2,68	1,82	1,50	21	0,79	43	26	17	<0	0,72	41	24	5,0	0,047	1,08	0,43	0,22
		8,0	2,66	1,74	1,46	19	0,82	38	24	14	<0	0,62	39	23	6,6	0,039	1,17	0,53	0,27
		10,0	2,70	1,82	1,56	17	0,73	38	25	13	<0	0,63	43	24	5,9	0,039	1,18	0,52	0,26
		12,0	2,66	1,76	1,54	14	0,73	38	25	13	<0	0,51	43	24	2,8	0,047	1,17	0,63	0,32
		Участок 2 — Микрорайон 19 «Полифарм»																	
Гранодиориты	Сважина № 75722	2,0	2,73	1,62	1,37	18	0,99	54	31	23	<0	0,50	43	21	8,3	0,049	1,07	0,64	0,32
		4,0	2,72	1,47	1,28	15	1,13	51	31	20	<0	0,36	40	20	3,2	0,050	1,11	0,78	0,39
		6,0	2,75	1,52	1,30	17	1,12	52	31	21	<0	0,42	40	20	—	—	1,09	0,72	0,36
		8,0	2,72	1,70	1,43	19	0,90	49	31	18	<0	0,57	36	25	5,4	0,053	1,10	0,57	0,29
		10,0	2,72	1,76	1,45	21	0,88	42	25	17	<0	0,65	37	23	—	—	1,24	0,50	0,25
12,0	2,70	1,65	1,34	23	1,02	44	27	17	<0	0,61	31	22	3,3	0,045	1,21	0,53	0,27		
Участок 3 — Микрорайон 30 (жилье дома 6, 7)																			
Гранодиориты	Сважина № 76087	4,0	2,72	1,93	1,57	23	0,73	37	20	17	0,18	0,86	70	32	2,2	0,027	1,35	0,30	0,15
		6,0	2,72	1,82	1,43	27	0,90	49	26	23	0,04	0,81	63	20	1,7	0,044	1,41	0,34	0,17
		8,0	2,71	2,03	1,72	18	0,58	38	23	15	<0	0,85	68	30	7,5	0,022	1,35	0,30	0,15
		10,0	2,72	2,03	1,72	18	0,58	39	21	18	<0	0,84	75	25	4,4	0,024	1,29	0,31	0,16
		12,0	2,71	1,78	1,52	17	0,78	35	18	17	<0	0,59	65	15	—	—	—	—	—
		14,0	2,73	2,02	1,73	17	0,58	37	20	17	<0	0,80	91	41	5,1	0,025	1,45	0,35	0,18
16,0	2,73	2,08	1,76	18	0,55	38	18	20	0,00	0,89	150	15	5,2	0,023	1,28	0,26	0,13		



Условные обозначения: ρ_s — плотность частиц грунта, г/см³; ρ — плотность грунта, г/см³; Gr. с. — гранулометрический состав, %; I_L — число пластичности, %; P_{str} — структурная прочность, МПа; $K_{сн}$ — коэффициент структурной прочности, $R_{ср}$ — предел прочности на одноосное сжатие при природной влажности, МПа

Рис. 3. Изменение состава, строения и свойств элювиальных глинистых грунтов с глубиной (частные значения)

Fig. 3. Changes in the composition, structure, and properties of residual clay soils with depth (partial values)

Об изменении химического состава элювиальных грунтов с глубиной можно судить по результатам силикатного анализа⁶. Изменение с глубиной процентного содержания химических компонентов на ключевых участках отражено в табл. 6.

Элювиальные глинистые грунты отличаются непостоянством химического состава не только в пределах одной материнской породы, но и в пределах одной выработки и одной разновидности грунта, о чем можно судить по данным табл. 6.

Анализ полученных данных показал, что вверх по разрезу дисперсной зоны коры выветривания кварцевых диоритов (участок 1) происходит незначительное уменьшение количества SiO₂ (в результате выноса освобожденного кремнезема в виде коллоидов) и окислов щелочных металлов Na, K (связанное с процессами выщелачивания), а также накопление окислов алюминия (Al₂O₃) и

железа (Fe₂O₃). Окисно-защелочный коэффициент по железу в коре выветривания кварцевых диоритов 33,1–43,8, что свидетельствует об интенсивности окислительных процессов, а, следовательно, и о степени изменения коренных пород при выветривании. Значительной величины — до 5,4–9,4% достигают потери при прокаливании, характеризующие, в основном, содержание кристаллизационной влаги. По данным химических анализов установлено колебание содержания SiO₂ в пределах 60,78–64,94%, Al₂O₃ — 16,62–18,86%, Fe₂O₃ — 4,01–5,29%.

Результаты химического анализа дисперсной зоны коры выветривания гранодиоритов (участок 2) показывают увеличение вверх по разрезу коры выветривания окислов алюминия (Al₂O₃) и железа (Fe₂O₃), а также уменьшение TiO₂, MgO, CaO, K₂O. Окисно-защелочный коэффициент по железу в дисперсной зоне коры выветривания гранодиоритов 5,9–63,4. Значительной величины — до 7,18–

⁶ Ларионов А.К., 1971. Методы исследования структуры грунтов. Недра, Москва.

Таблица 5
Table 5

Подразделение элювиальных глинистых грунтов по степени выветрелости Division of residual clay soils by the degree of weathering				
Наименование грунтов и пределы нормативных значений их показателя текучести I_L , д.ед.	Разновидность грунтов	Коэффициент выветрелости элювиальных глинистых грунтов K_{wrd} , д.ед.		
Глины	Бесструктурные	$0,9 < K_{wrd} < 1,0$		
Суглинки			Слабоструктурные	$K_{wrd} > 1,0$
			Прочноструктурные	$K_{wrd} < 0,9$
$0 \leq I_L \leq 0,25$				

Примечание: значения коэффициента выветрелости элювиальных глинистых грунтов устанавливают по формуле $K_{wrd} = K_{cн1}/K_{cн2}$, где $K_{cн1}$ — коэффициент структурной прочности исследуемого грунта; $K_{cн2}$ — то же, прочноструктурного грунта, равного 1,25

Таблица 6
Table 6

Химический состав элювиальных глинистых грунтов Chemical composition of residual clay soils														
Расположение	Наименование грунта	Глубина, м	Химический состав (вес. %)											
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O-	п.п.п.
Элювиальные образования по кварцевым диоритам														
Участок 1	Суглинок легкий	2,0	61,32	0,52	17,46	4,38	0,10	0,02	0,96	3,22	0,82	1,54	0,60	9,42
		6,0	60,78	0,94	18,86	5,29	0,16	0,19	2,64	0,76	0,80	2,24	0,36	7,22
		12,0	64,94	0,66	16,62	4,01	0,10	0,05	1,42	1,34	2,36	3,12	0,40	5,40
Элювиальные образования по гранодиоритам														
Участок 2	Глина легкая	2,0	64,63	0,70	18,87	6,34	0,10	0,01	0,26	0,10	0,05	0,46	0,34	7,92
		4,0	61,66	0,75	21,60	4,28	<0,10	0,02	1,16	0,52	0,63	1,34	0,36	7,18
		8,0	47,07	1,10	23,64	10,12	1,71	0,19	2,26	0,26	0,10	1,58	0,42	11,16
Участок 3	Суглинок легкий	12,0	62,87	0,87	18,65	5,22	<0,10	0,05	1,50	0,28	0,06	2,34	0,58	7,50
		Глина легкая	4,0	72,22	0,59	12,85	3,87	0,38	0,03	1,76	0,88	2,28	1,64	0,16
	8,0		62,81	0,59	18,59	4,21	0,45	0,05	2,14	0,58	2,85	2,49	0,48	4,48
	Глина легкая	12,0	58,56	0,73	20,67	5,02	0,72	0,06	2,58	0,18	0,60	3,24	0,71	7,05
14,0		63,16	0,79	16,17	5,35	0,85	0,07	2,76	0,48	0,80	3,08	0,30	6,02	

Примечание: «п.п.п.» — потери при прокаливании

11,16% достигают потери при прокаливании. По данным химических анализов установлено колебание содержания SiO₂ в пределах 47,07–64,63%, Al₂O₃ — 18,65–23,64%, Fe₂O₃ — 4,28–10,12%.

Химический анализ дисперсной зоны коры выветривания гранодиоритов в пределах участка 3 показывает уменьшение вверх по разрезу процентного содержания TiO₂, Fe₂O₃, FeO, MgO, K₂O. Также вверх по разрезу дисперсной зоны коры выветривания гранодиоритов наблюдается увеличение SiO₂, CaO, Na₂O. Окисно-закисный коэффициент по железу в дисперсной зоне коры выветривания гранодиоритов 6,3–10,2. Потери при прокаливании достигают величины 3,5–7,1%. По данным химических анализов установлено колебание содержания SiO₂ в пределах 58,56–72,22%, Al₂O₃ — 12,85–20,67%, Fe₂O₃ — 3,87–5,35%.

На каждом участке наблюдаются особенности изменения химического состава по глубине, что связано с неравномерной степенью выветрелости массива элювиальных глинистых грунтов. В целом по разрезу элю-

виальных глинистых грунтов наблюдаются одинаковые закономерности изменения химического состава, а именно с глубиной происходит незначительное увеличение процентного содержания окислов алюминия (Al₂O₃).

Минералогические исследования проводились рентген-дифрактометрическим методом. Для достоверной идентификации глинистых минералов осуществлялась рентгеновская съемка трех порошковых препаратов одного и того же образца, подготовленных различными способами: в воздушно-сухом состоянии, предварительно насыщенного глицерином и после прокалывания в муфельной печи при температуре 550° в течение двух часов. Дифрактограммы для диагностики (воздушно-сухой, насыщенный глицерином, прокаленный препараты) получены на дифрактометре ДРОН-2.0, а для расчетов — на дифрактометре SHIMADZUXRD-6000.

Расчет содержаний минеральных составляющих проведен методом Ритвельда в программном продукте SIRO-

Минеральный состав элювиальных глинистых грунтов Mineral composition of residual clay soils										
Расположение	Наименование грунта	Глубина, м	Минеральный состав (вес, %)							
			Первичные (неглинистые) минералы				Вторичные (глинистые) минералы			
			Кварц	Плагиоклаз	КПШ	Слюда (биотит, мусковит)	Каолинит	Монтмориллонит	Иллит	Вермикулит
Элювиальные образования по кварцевым диоритам										
Участок 1	Суглинок легкий	2,0	34	—	12	5	44	—	5	—
		4,0	45	—	8	4	39	1	2	—
		6,0	37	—	1	7	33	—	20	—
		8,0	27	9	16	19	23	3	3	—
		12,0	36	26	15	2	13	—	—	9
Элювиальные образования по гранодиоритам										
Участок 2	Глина легкая	2,0	32	—	—	5	63	—	—	—
		4,0	24	—	—	11	57	—	8	—
		8,0	21	—	—	7	64	—	9	—
	Суглинок легкий	12,0	30	—	20	13	28	—	7	—
Участок 3	Глина легкая	4,0	35	30	—	22	13	1	—	—
		6,0	28	29	—	15	20	1	8	—
	Суглинок легкий	8,0	22	38	3	14	19	1	4	—
	Глина легкая	12,0	36	3	4	14	31	1	11	—
		14,0	33	2	4	21	31	2	7	—

Примечание: КПШ - калиевый полевой шпат

QUANTV4.0. В расчете не учитывалось содержание рентгеноаморфной составляющей, результаты приведены к 100%.

Об изменении минерального состава элювиальных глинистых грунтов с глубиной, в пределах дисперсной зоны коры выветривания, можно судить по результатам рентгеноструктурного анализа.

Рентгеноструктурные исследования минерального состава показали, что преобладающим глинистым минералом в толще дисперсной зоны коры выветривания кварцевых диоритов (участок 1) является каолинит, содержание которого вверх по разрезу увеличивается. Также в виде примеси присутствуют монтмориллонит (до 3%) и гидрослюда (до 2–9%). Редко содержание гидрослюда достигает 20%. Присутствие минералов группы смектита придает грунтам набухающие свойства. Среди первичных или неглинистых минералов преобладают кварц, плагиоклаз и калиевые полевые шпаты (табл. 7). В незначительном количестве присутствует слюда.

Минеральный состав дисперсной зоны коры выветривания гранодиоритов в пределах участка 2 характеризуется преобладанием каолинита, содержание которого резко увеличивается вверх по разрезу. Также в виде примеси присутствует гидрослюда (до 7–9%). Среди первичных или неглинистых минералов преобладают кварц и калиевые полевые шпаты (см. табл. 7). В качестве примеси присутствует слюда.

Для участка 3 дисперсная зона коры выветривания гранодиоритов характеризуется преобладанием каолинита, со-

держания которого резко увеличивается вверх по разрезу. В виде примеси присутствуют монтмориллонит (1–2%) и гидрослюда (до 11%). Среди первичных или неглинистых минералов преобладают кварц, плагиоклаз и калиевые полевые шпаты (см. табл. 7), а также присутствует слюда.

При анализе данных минерального состава видно, что на участках 1 и 3 по-разному меняется содержание глинистых минералов с глубиной. Это обстоятельство обусловлено неравномерной степенью выветрелости интрузивного массива.

Разнообразие глинистых минералов связано со сложными химическими процессами, происходящими в массиве элювиальных глинистых грунтов.

В целом, элювиальные глинистые грунты гранитоидных пород города Челябинска характеризуются преобладающим содержанием каолинита и незначительным присутствием глинистых минералов группы смектита (монтмориллонит) и иллита. Среди первичных или неглинистых минералов преобладают кварц, плагиоклаз, калиевые полевые шпаты и слюда. Зерна первичных минералов пелитизированы и корродированы, а также разбиты многочисленными микротрещинами. Процесс гидратации пород протекает очень своеобразно, происходит как бы вращение каолинита в полевые шпаты без промежуточных стадий образования гидрослюда.

Результаты исследования показывают в некоторых случаях полную каолинизацию, иногда — совместное существование каолинита и монтмориллонита, что встречается очень редко и свидетельствует о том, что один из

минералов (монтмориллонит) находится в неустойчивом состоянии.

Макро- и микростроение элювиальных глинистых грунтов

Макростроение элювиальных грунтов анализировалось, фотографировалось и описывалось автором на многочисленных обнажениях. Всего в период с 2012 по 2016 гг. было описано около 50 обнажений элювиальных образований. Текстурно-структурные особенности элювиальных образований также описывались в процессе бурения вертикальных горных выработок. Всего описано макростроение элювиальных глинистых образований в 132 скважинах.

В массиве элювиальных глинистых грунтов встречены жилы и прожилки кварца раздробленные, разбитые многочисленными макротрещинами. Жильные образования сформировались в результате постмагматических процессов (сдвигание блоков кристаллизовавшихся пород по трещинам; метаморфизация интрузивных пород, проработанных высокотемпературными гидротермами) на поздних этапах формирования Челябинского плутона. Гидротермальный метаморфизм привел к образованию многочисленных прожилков и жил, окварцеванию, грейзенизации гранитоидных пород, к изменению их структуры и текстуры.

По результатам визуального наблюдения установлено изменение с глубиной качественных характеристик (цветовая гамма, текстурно-структурные особенности) глинистого элювия. В частности, наблюдается изменение с глубиной цветовой гаммы элювиальных глинистых грунтов, а также их макроструктуры и макротекстуры.

Наиболее явно макроструктурное отличие глинистого элювия с глубиной проявляется на территории участка 2. На основании данных отличий в дисперсной зоне коры выветривания гранодиоритов выделены два горизонта.

Горизонт 1 представлен глинами желтого, оранжевого цвета, редко с красным оттенком, визуально признаков реликтовой структуры и текстуры пород коренного субстрата не наблюдается. Горизонт 1 вскрыт скважиной № 75722 в интервале от 1,6 до 8,0 м. Пройденная мощность горизонта составляет 6,4 м.

Горизонт 2 представлен суглинками светло-коричневого цвета с белыми пятнами калиевых полевых шпатов с многочисленными прожилками гидроокислов железа (гематит). Горизонт 2 вскрыт скважиной № 75722 в интервале от 8,0 до 15,0 м. Вскрытая мощность горизонта составляет 7,0 м.

Глинистый элювий горизонта 2 унаследовал не только текстурно-структурные особенности коренного субстрата, но и всю сложность строения, присущую коренным гранитоидным породам. Он характеризуется неоднородностью строения, которая увеличивается с глубиной. В обнажениях и пробах грунтов отчетливо видна пестрота макростроения. Многочисленны жилы кварца, усложняющие картину строения глинистых грунтов. Увеличивается процентное содержание щебня и дресвы, причем распределение крупнообломочной фракции неравномерное, встречаются скопления «гнезд» щебня и дресвы кварца. Массив глинистого элювия пронизывают разнонаправленные прожилки (ширина 1–2 мм) гидроокислов железа (гематит).

Перечисленные особенности осложняют процесс исследования грунтов в лабораторных условиях, поскольку предугадать расположение единичных обломков кварца и жильных образований фактически невозможно. Описанные обстоятельства вызывают большой диапазон разброса значений показателей физико-механических свойств относительно средних.

Информативным способом, позволяющим отразить микронеоднородность глинистых грунтов, является электронно-микроскопический анализ [7]. Для оценки микростроения глинистого элювия из разных по визуальным признакам горизонтов толщи глинистого элювия гранодиоритов были отобраны пробы грунта. Всего было отобрано две пробы глинистого элювия с глубины 2,0 и 12,0 метров.

Исследование глинистого материала проводилось методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на растровом электронном микроскопе Tescan Vega 3sbu, Ууск, 20кВ. Исходным материалом служил глинистый и песчано-глинистый материал проб глинистого элювия ненарушенной структуры (моноклит), отобранных из скважины № 75722.

Для изготовления препаратов тонкой ножовкой перпендикулярно оси монолита выпиливался брусок размером около 1–2 см, после чего он разламывался. Полученный скол монтировался на алюминиевую шайбу с помощью электропроводного клея, после чего на образец напылили тонкую металлическую пленку⁷.

По результатам электронно-микроскопического анализа установлено, что дисперсные связные элювиальные глинистые грунты горизонта 1 представлены глинистыми минералами, главным образом, каолинитом (рис. 4). Микроструктура глинистого элювия горизонта 1 — доменная. Макротекстура — беспорядочная, с хаотичной пространственной ориентировкой глинистых частиц. Тип пор — межультрамикроагрегатный. Форма пор — изометричная, реже анизометричная щелевая [2].

Элювиальные глинистые грунты горизонта 2 также представлены глинистыми минералами, главным образом, иллитом и каолинитом, а также разнообразными первичными минералами.

Первичные (неглинистые) зерна в элювиальных глинистых грунтах горизонта 2 представлены:

- корродированным кварцем;
- пелитизированными зёрнами полевых шпатов;
- в разной степени гидратированной и каолинитизированной слюдой, вплоть до образования собственно каолинита и галлуазита.

Зерна полевых шпатов покрыты глинистой «рубашкой». При увеличении разрешения микроснимка заметны частицы каолинита на поверхности зерен калиевого полевого шпата (КПШ), покрывающие их тонким слоем (рис. 5, б).

На микроснимках отчетливо видны частицы каолинита с характерной стопчатой микроструктурой, присущей кристаллам полевых шпатов, подвергшихся процессам выветривания (рис. 5, а). Зерна слюды при детальном рассмотрении распадаются на чешуйки, которые участками замещаются иллитом. На микроснимках заметна повышенная дисперсность и пористость глинистого элювия.

⁷ Работы по подготовке препаратов и микрофотографированию произведены сотрудником УрО РАН И.А. Блиновым. Анализ снимков и описания к снимкам сделаны автором.

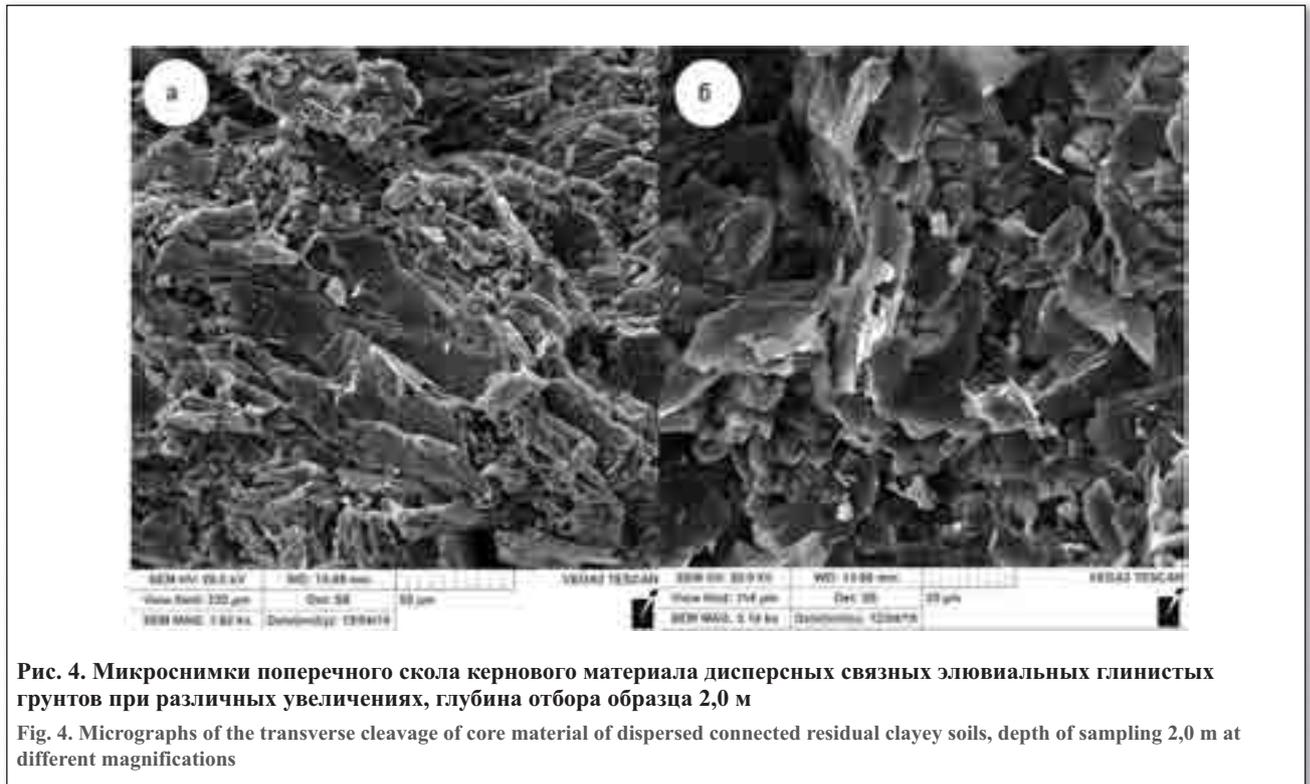


Рис. 4. Микроснимки поперечного скола ядерного материала дисперсных связных элювиальных глинистых грунтов при различных увеличениях, глубина отбора образца 2,0 м

Fig. 4. Micrographs of the transverse cleavage of core material of dispersed connected residual clayey soils, depth of sampling 2,0 m at different magnifications

Микроструктура глинистого элювия горизонта 2 — доменная (см. рис. 5, а). Микротекстура — беспорядочная, с хаотичной пространственной ориентировкой глинистых частиц и агрегатов, с включениями угловатых зерен кварца, нередко сгруппированных в «гнезда». Тип пор — межультрамикроагрегатный и межчастичный. Форма пор — изометричная и анизометричная щелевая.

Заключение

Резюмируя полученные данные можно отметить, что в строении дисперсной зоны коры выветривания гранитоидов Челябинского батолита выделяется несколько горизонтов по степени выветрелости.

Выделение разновидностей в толще элювиальных глинистых грунтов производилось на основании как качественных (цвет, структурно-текстурные особенности), так и количественных (физико-механические свойства) характеристик. Причем явные отличия элювиальных образований разных горизонтов коры выветривания наблюдаются на высоких гипсометрических отметках (от 257 до 267 м) и присущи территориям водораздельных пространств, а также примыкающим к ним склоновым поверхностям. Отсутствие горизонтов с отличными качественными и количественными характеристиками в толще дисперсных связных элювиальных глинистых грунтов на низких гипсометрических отметках (от 231 до 241 м) связано с денудационными процессами прошлых геологических эпох, которые способствовали активному размыву верхних горизонтов дисперсной зоны коры выветривания.

В основу выделения горизонтов в дисперсной зоне коры выветривания гранитоидов Челябинского плутона положена структурная прочность. Применяя классификации подразделения дисперсной зоны коры выветривания на горизонты (подзоны) нужно отметить разные отличительные признаки их выделения, что вызывает некоторые нестыковки при одновременном использовании нескольких классификаций.

Так, элювиальные глинистые грунты коры выветривания гранитоидов Челябинского батолита по пределу прочности на одноосное сжатие при природной влажности (R_c) являются прочноструктурными (СП 22.13330.2016). Однако следует отметить, что при повышении коэффициента водонасыщения происходит уменьшение предела прочности на одноосное сжатие (см. табл. 4). Близкое залегание уровня подземных вод приводит к тому, что с глубиной наблюдается уменьшение структурной прочности грунтов. Это обстоятельство не укладывается в общие положения отечественной и мировой теоретической концепции строения коры выветривания.

При классификации изученных грунтов по коэффициенту структурной прочности ($K_{сн}$) и удельному сцеплению (c) в соответствии с указаниями⁴ элювиальные глинистые грунты гранитоидов Челябинского батолита относятся к слабоструктурным разновидностям. Причем средние значения их прочностных характеристик ключевых участков тождественны нормативным значениям механических свойств слабоструктурных элювиальных грунтов (таблица Е.2 СП 11-105-97. Часть III).

Согласно разделу 8 СП 11-105-97. Часть III дисперсные связные элювиальные глинистые грунты коры выветривания гранитоидов Челябинского плутона относятся к бесструктурному элювию. В соответствии с п. 8.1.5 СП 11-105-97. Часть III зона бесструктурного элювия характеризуется отсутствием первичных структурных связей, что не подтверждается настоящими исследованиями, поскольку в дисперсной зоне коры выветривания выявлено наличие горизонтов с сильно ослабленными реликтовыми структурными связями. В этом случае следовало бы отнести эти горизонты к структурному элювию, однако, это невозможно, поскольку у исследуемых грунтов предел прочности на одноосное сжатие при водонасыщении $R_c < 1$ МПа.

Заключение о наличии реликтовых структурных связей глинистого элювия горизонта 2 (участок 2), а также

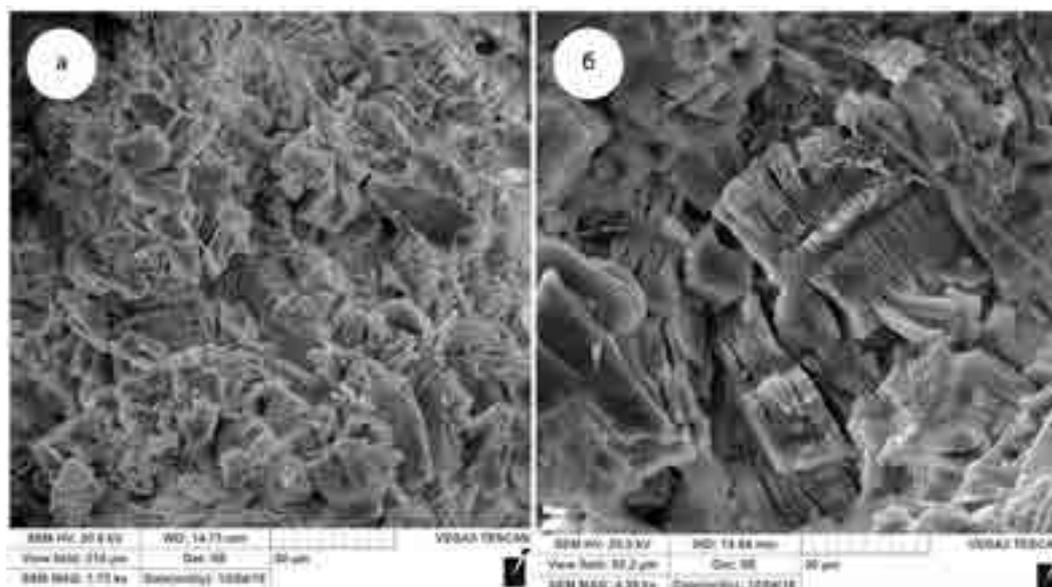


Рис. 5. Микроснимки поперечного скола ядерного материала дисперсных связных элювиальных глинистых грунтов при различных увеличениях, глубина отбора образца 12,0 м

Fig. 5. Micrographs of the transverse cleavage of core material of dispersed connected residual clayey soils, sample extraction depth 12,0 m at different magnifications

кор выветривания гранитоидов в пределах участков 1, 2 сделано на основании значений коэффициента структурной прочности, а также данных по макростроению.

Таким образом, отнесение элювиальных глинистых грунтов к той или иной разновидности по степени структурной прочности зависит от выбора классификационного признака.

К сожалению, на данный момент нет единого актуализированного нормативного источника, прописывающего принципы деления дисперсной зоны коры выветривания по степени структурной прочности на разновидности (горизонты).

На взгляд автора, наиболее приемлемыми отличительными признаками деления элювиальных глинистых грунтов на разновидности по структурной прочности являются:

- текстурно-структурные особенности элювиальных глинистых грунтов;
- влажность на границе предела текучести (W_L);
- предел прочности на одноосное сжатие R_c (при накоплении достаточного экспериментального материала и переоценке диапазона деления толщи элювиальных глинистых грунтов по значению предела прочности на одноосное сжатие);
- коэффициент структурной прочности ($K_{сн}$).

На основании полученных результатов настоящего исследования, с учетом классификаций разных нормативных источников, в дисперсной зоне элювиальных глинистых грунтов по степени структурной прочности целесообразно выделять три горизонта:

- бесструктурный (элювиальный глинистый грунт, обладающий вторичными структурными связями, приобретенными в результате гипергенеза);
- слабоструктурный (элювиальный глинистый грунт, обладающий сильно ослабленными первичными, а также частично вторичными связями);
- прочноструктурный (элювиальный глинистый грунт, обладающий сильно ослабленными первичными связями).

Дисперсная зона коры выветривания Челябинского плутона должна быть поделена на горизонты на основа-

нии качественных (цвет, структурно-текстурные особенности) и количественных (физико-механические свойства) характеристик.

С учетом этих положений в строении дисперсной зоны коры выветривания гранитоидов Челябинского батолита были выделены следующие разновидности (горизонты) грунтов по степени структурной прочности:

1. Элювиальные глинистые грунты горизонта 1, вскрытые скважиной № 5722 (участок 2), относятся к бесструктурной разновидности и характеризуются:
 - средним значением коэффициента структурной прочности 1,09 (количество определений равно четырём);
 - отсутствием реликтовых структурно-текстурных связей;
 - средним содержанием кварца — 26%, слюды — 8%, каолинита — 61%, иллита — 8% (объем выборки равен трем);
 - средним содержанием SiO_2 — 57,79%, Al_2O_3 — 21,37%, Fe_2O_3 — 6,91%, потерь при прокальвании — 8,75%, окисно-закисным коэффициентом по железу — 10,86% (объем выборки равен трем);
 - влажностью на границе текучести (W_L) — 52 % и числом пластичности (I_p) — 21% (объем выборки равен четырём).
 - удельным сцеплением — 40 кПа, углом внутреннего трения — 22° (объем выборки равен четырём).
2. Элювиальные глинистые грунты горизонта 2 (участок 2), а также дисперсная зона коры выветривания гранитоидов в пределах участка 1 относятся к слабоструктурной разновидности и характеризуются:
 - средним значением коэффициента структурной прочности 1,17 (количество определений равно девяти);
 - наличием сильно ослабленных реликтовых структурно-текстурных связей;
 - средним содержанием кварца — 33%, плагиоклаза — 2%, калиевых полевых шпатов — 12%, слюды — 8%, каолинита — 30%, иллита — 4%, монтмориллони-

- та — 1%, редко вермикулита до 9% (объем выборки равен шести);
- средним содержанием SiO_2 — 62,48%, Al_2O_3 — 17,90%, Fe_2O_3 — 4,73%, потерь при прокаливании — 7,39%, окисно-закаисным коэффициентом по железу — 42,29% (объем выборки равен четырем);
 - влажностью на границе текучести (W_L) — 40% и числом пластичности (I_p) — 15% (объем выборки равен девяти);
 - удельным сцеплением — 39 кПа, углом внутреннего трения — 23° (объем выборки равен девяти).
3. Элювиальные глинистые грунты дисперсной зоны коры выветривания гранодиоритов в пределах участка 3 относятся к прочноструктурной разновидности и характеризуются:
- средним значением коэффициента структурной прочности 1,36 (количество определений равно шести);
 - наличием слабых реликтовых структурно-текстурных связей;
 - средним содержанием кварца — 31%, плагиоклаза — 18%, калиевых полевых шпатов — 2%, слюды — 17%, каолинита — 23%, иллита — 6%, монтмориллонита — 1%, (объем выборки равен пяти);
 - средним содержанием SiO_2 — 64,19%, Al_2O_3 — 17,07%, Fe_2O_3 — 4,61%, потерь при прокаливании — 5,26%, окисно-закаисным коэффициентом по железу — 8,20% (объем выборки равен четырем);
 - влажностью на границе текучести (W_L) — 37 % и числом пластичности (I_p) — 18% (объем выборки равен семи);
 - удельным сцеплением — 72 кПа, углом внутреннего трения — 23° (объем выборки равен семи).
- Сделанные выводы требуют подтверждения посредством большего количества исследований, поскольку инженерно-геологической информации, полученной в результате настоящего исследования состава и строения дисперсной зоны коры выветривания гранитоидов Челябинского батолита в трех точках, недостаточно. 

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барановский А.Г., 2016. Влияние минерального и химического состава элювиальных глинистых грунтов на их физические свойства. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи, Сергеевские чтения, Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, Вып. 18, Москва, 2016, с. 28–32.
2. Барановский А.Г., 2016. Микронеоднородность элювиальных глинистых грунтов. Инженерные изыскания в строительстве, Материалы двенадцатой научно-практической конференции молодых специалистов, Москва, 2016, с. 48–55.
3. Джавахишвили Э.А., 1967. Выветривание майкопских глинистых пород как один из факторов в развитии оползней вдоль Абхазского побережья Черного моря. В кн. Труды ЛГПИИ, ГПИ, № 3, Тбилиси, с. 295–304.
4. Золотарев Г.С., 1971. Современные задачи инженерно-геологического изучения процессов и кор выветривания. В кн. Вопросы инженерно-геологического изучения процессов и кор выветривания. Издательство МГУ, Москва, с. 4–25.
5. Корженко Л.И., 1963. Основания и фундаменты в условиях Урала. Свердловское книжное издательство, Свердловск.
6. Крашенинников И.М., 1915. Древняя кора выветривания лесостепного Зауралья. Известия Докучаевской почвенной комиссии, № 3, с. 18–24.
7. Осипов В.И., Соколов В.Н., 2013. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств. ГЕОС, Москва.
8. Швец В.Б., 1993. Элювиальные грунты как основания сооружений. Стройиздат, Москва.

REFERENCES

1. Baranovsky A.G., 2016. Influence of mineral and chemical composition of eluvial clay soils on their physical properties. Fundamental problems and applied tasks, Sergeevsky readings, Materials of the annual session of the Scientific Council of RAS for the problems in environmental geoscience, engineering geology and hydrogeology, Issue 18, Moscow, 2016, pp. 28–32. (in Russian)
2. Baranovsky A.G., 2016. Microinhomogeneity of eluvial clay soils. Materials of the 12th Scientific and Practical Conference of Young Professionals. Moscow, pp. 48–55. (in Russian)
3. Dzhavahishvili E.A., 1967. Weathering of Maikop clay rocks as one of the factors in the development of landslides along the Abkhazian coast of the Black Sea. Proceedings of LGPII, GPI, No. 3, Tbilisi, pp. 295–304. (in Russian)
4. Zolotarev G.S., 1971. Modern problems of engineering-geological study of processes and weathering crusts. In: Problems of engineering and geological study of processes and weathering crust. Publishing House of the Moscow State University, Moscow, pp. 4–25. (in Russian)
5. Korzhenko L.I., 1963. Bases and foundations in the Urals. Sverdlovsk Publishing House, Sverdlovsk. (in Russian)
6. Krasheninnikov I.M., 1915. Ancient crust of weathering of the forest-steppe Zauralye. News of the Dokuchaevskaya Soil Commission, No. 3, pp. 18–24. (in Russian)
7. Osipov V.I., Sokolov V.N., 2013. Clays and their properties. Composition, structure and formation of properties. GEOS, Moscow. (in Russian)
8. Shvets V.B., 1993. Eluvial soils as bases of structures. Stroizdat Publishing House, Moscow. (In Russian.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

БАРАНОВСКИЙ АЛЕКСЕЙ ГЕННАДЬЕВИЧ

Руководитель камеральной группы ООО изыскательская фирма «ЮжУралТИСИЗ», г. Челябинск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

ALEKSEY G. BARANOVSKIY

Head of the office group of the «YuzhUralTISIZ» LLC survey firm, Chelyabinsk, Russia