

**РАЗДЕЛ 3.**  
**ГЕОЛОГИЯ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ**

*УДК 551.435.2*

**ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ  
ОТЛОЖЕНИЙ В КАРБОНАТНО-ТЕРРИГЕННЫХ ГРУНТОВЫХ  
МАССИВАХ БУГУЛЬМИНСКО-БЕЛЕБЕЕВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ**

*Латыпов А. И.<sup>1</sup>, Гараева А. Н.<sup>2</sup>, Королев Э. А.<sup>3</sup>*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация  
E-mail: <sup>1</sup>airatlat@mail.ru, <sup>2</sup>anastya-solnce@mail.ru, <sup>3</sup>edik.korolev@gmail.com*

Статья посвящена изучению элювиальных отложений на территории Бугульминско-Белебеевской возвышенности. За счет деятельности речной эрозии на этой территории сформировался сильно расчлененный и пересеченный рельеф местности. Его характерными элементами являются выположенные эрозионно-денудационные водораздельные пространства, разделенные узкими речными долинами и террасированными склонами.

По результатам исследований выявлено, что различие строения профилей выветривания в доломитовых и терригенных грунтовых массивах обусловлено структурно-минералогическими особенностями пород, приобретенными на стадии седиментации и последующего диагенеза.

**Ключевые слова:** гипергенное преобразования грунтового массива; физическая дезинтеграции, элювий, кора выветривания, карбонатные породы, терригенные породы, Бугульминско-Белебеевская возвышенность

**ВВЕДЕНИЕ**

Развитие нефтедобывающей отрасли на территории Республики Татарстан обуславливает необходимость дополнительных исследований геологического строения грунтовых массивов, являющихся основаниями для прокладки новых нефтепроводов и обустройстве станков-качалок. Поскольку недоучет свойств грунтовой толщи, в которые заглубляют промысловые трубопроводы для транспортировки нефти, может привести к деформациям и разрывам ответственных конструкций [1, 2]. В Татарстане основные подземные магистрали транспортировки нефти проложены в пределах Бугульминско-Белебеевской возвышенности, где осуществляется разработка наиболее крупных по запасам нефтяных месторождений [3, 4, 5, 6]. Заглубление нефтепроводов, как правило, проводится в толще элювиальных покровных отложений, перекрывающих коренные породы средне пермского возраста (рис. 1).

При этом изыскательские и проектные организации, работающие на данной территории, сталкиваются с серьезными проблемами, связанными прежде всего с отсутствием представлений о строении элювиальных толщ и физико-механических свойствах элювиальных грунтов. Это приводит к целому ряду ошибочных решений, напрямую влияющих на выбор проектных решений фундаментов зданий и сооружений. Так, неправильно выбранный метод бурения и полевого опробования

## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В КАРБОНАТНО-ТЕРРИГЕННЫХ ГРУНТОВЫХ МАССИВАХ БУГУЛЬМИНСКО-БЕЛЕБЕЕВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

приводит к разрушению цементационных связей в песчаниках и раздроблению относительно крепких карбонатных пород, что приводит к ошибочному представлению о степени выветрелости пород. При лабораторных исследованиях грунтов трудности возникают при выборе методик исследований, связанных с классификационной принадлежностью и скальным или дисперсным грунтам.

Проектирование свайных фундаментов на элювиальных грунтах сталкивается с проблемой расчета несущей способности свай, так как нормативные формулы и корреляционные зависимости построены без учета неполной выветрелости элювиальных пород и сохранения в них структурных связей.

Кроме того, отсутствие методик оценки процессов химического выветривания не позволяет корректно оценить опасность и динамику развития карстово-суффозионных процессов, часто развивающихся в ослабленных элювиальных грунтах.

В географическом отношении возвышенность расположена в Южном Предуралье на территориях Татарстана, Башкортостана, Самарской и Оренбургской областей. Она является естественным водоразделом между реками Волга, Кама и Белая [7]. Представляет собой сильно расчлененное увалисто-холмистое плато, возвышающееся на 370–420 м над уровнем моря. В основании Бугульминско-Белебеевской возвышенности находится Южно-Татарский свод, являющейся тектонической структурой I порядка в пределах Волго-Уральской антеклизы. В геологическом строении возвышенности принимают участие породы девонской, каменноугольной, пермской и четвертичной систем. В приповерхностной части обнажаются отложения биармийского отдела пермской системы, в различной степени перекрытые покровами четвертичного возраста.



Рис. 1. Прокладка трубопровода для нефтедобывающей организации по элювиальным карбонатно-терригенным породам (фото Гараева А.Н.).

В основании грунтовых массивов повсеместно залегают породы казанского и уржумского ярусов. В разрезах казанского века отмечается переслаивание светло-серых известняков и доломитов, в кровле переходящих в зеленовато-серые и красные алевролиты и песчаники. Породы образовывались в мелководно-морских условиях эпиконтинентального бассейна седиментации. В разрезах уржумского века преобладают красно-бурые континентальные отложения, представленные лагунно-озерными доломитами, доломитовыми мергелями, глинами, алевролитами и песчаниками.

В неоген-четвертичное время территория испытала восходящие тектонические движения, что вызвала активизацию процессов выветривания и водной эрозии [8]. Были заложены речные долины р. Степной Зай, Ик, Шешма, которые на протяжении длительного периода выравнивали неровности и нивелировали высоты земной поверхности. За счет деятельности речной эрозии в пределах Бугульминско-Белебеевской возвышенности сформировался сильно расчлененный и пересеченный рельеф местности. Его характерными элементами являются выположенные эрозионно-денудационные водораздельные пространства, разделенные узкими речными долинами и террасированными склонами. Перепад высот между вершинами и тальвегами долин составляет 170–200 м. Резкая дифференциация рельефа свидетельствует, что новейшие тектонические поднятия территории продолжаются и в наше время. На большей части эрозионно-денудационных останцев красноцветные отложения уржумского яруса разрушены и смыты в низины водными потоками. Следы их существования отмечаются в виде красно-бурых делювиально-пролювиальных и делювиальных суглинков на светло-серых карбонатных склонах водоразделов и в тальвегах речных долин. Выположенные вершины водоразделов, представленные эрозионно-денудационными террасированными останцами, сложены либо карбонатными породами, либо терригенными. Независимо от литологической принадлежности все коренные породы казанского яруса подверглись процессам выветривания с образованием относительно мощных элювиальных покровов.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Изучение строения элювиальных отложений проводилось по стенкам карьеров, вскрывшим в полном объеме толщу гипергенно преобразованных пород. Выбирались карьеры, заложенные на вершинах, выположенных эрозионно-денудационных останцев, где наиболее полно проявились процессы выветривания и практически отсутствовал склоновый снос обломочного материала. Таким образом, получали возможность в полном объеме изучить разрез элювиальных толщ. В карьерах, расположенных на склонах останцев, фиксируются в основном сокращенные профили выветривания. При описании стенок карьеров выделялись слои измененных пород различного сложения и состава, определялись их мощности и степень трещиноватости. Описание геологических разрезов сопровождалось фотофиксацией и отбором образцов для лабораторных исследований. В общей сложности было

## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В КАРБОНАТНО-ТЕРРИГЕННЫХ ГРУНТОВЫХ МАССИВАХ БУГУЛЬМИНСКО-БЕЛЕБЕЕВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

изучено 26 карьеров, часть из которых вскрыла элювиальный покров, развивающийся по карбонатным породам, часть – по терригенным.

Анализ профиля выветривания по карбонатным породам казанского яруса позволил выявить следующие закономерности гелергенного преобразования грунтового массива [9, 10] (рис. 2). В основании элювиальных отложений повсеместно залегают слабо измененные, плотные, светло-серые известняки. Породы разбиты редкими вертикальными трещинами, находящимися на расстоянии 3–5 м друг от друга, на крупные фрагменты. Трещины открытые, шириной до 1,0 см, по их стенкам отмечаются редкие светло-серые или бурые корочки натечного кальцита. Наличие трещин разгрузки в плотных известняках подошвы профиля выветривания обуславливает хорошие дренирующие свойства верхней части грунтового массива, что исключает формирования в них даже временных водоносных горизонтов. Над относительно плотным слабо измененным известняком залегает слой аналогичных пород с повышенной трещиноватостью мощностью до 1,5 м. В пределах этого слоя существенно увеличивается плотность трещин, сгущается сетка вертикальных трещин, появляются горизонтальные системы трещин. Породы разбиваются на крупные блочные отдельности в виде параллелепипедов, разделенных открытыми протяженными разрывами. Снизу вверх по слою отмечается закономерное уменьшение размеров блочных отдельностей. Если в нижней части слоя преобладают крупные обособления средним размером 0,6х0,3х0,4 м, то в кровле — размеры блоков уменьшаются до 0,25х0,15х0,2 м. Соответственно увеличивается и плотность трещин с 10–12 шт./м<sup>2</sup> до 16–20 шт./м<sup>2</sup>.



Рис. 2. Карбонатный карьер п.Райлан Бугульминский район Республика Татарстан (фото Гараева А.Н.).

Несмотря на повышенную трещиноватость пород, блочные отдельности в пределах слоя сохраняют пространственное положение, унаследованное от исходных известняков, без каких-либо существенных смещений. При этом они относительно прочно удерживаются в грунтовом массиве, что позволяет планировать в них заложение отвесных уступов.

Выше по разрезу залегают карбонатные породы, в которых преобладают плитчатые отдельности. В этом слое увеличивается количество трещин отрыва как вертикальных, так и горизонтальных. В подошве слоя преобладают крупноблочные отдельности 0,2х0,08х0,1 м, в кровле — их размер уменьшается до тонкоплитчатой размерности 0,1х0,05х0,03 м. Несмотря на относительно небольшие размеры все отдельности плотно прилегают друг к другу с сохранением условий залегания первичных пород и их структурных и текстурных особенностей. Однако, сила сцепления между плиточками не значительна, отдельности легко разбираются вручную при минимуме механического воздействия. Мощность слоя составляет 1,2–2,0 м. Выше по разрезу наблюдается зона полной дезинтеграции карбонатных пород мощностью до 1,5 м. В пределах этой зоны отсутствует структурная связность грунтового массива. Тонкие плиточки отдельностей не контактируют между собой, часто ориентированы по отношению друг к другу под углом 5–15 град. Пустоты трещин между ними частично или полностью заполнены карбонатной мукой. Подобные слои дезинтегрированных карбонатных пород в разрезе профиля выветривания могут чередоваться со слоями более плотных массивных известняков. Такое избирательное преобразование карбонатных пород обусловлено их литолого-минералогическими особенностями, приобретенными при литогенезе. Изначально более плотные известняки в меньшей степени подвергались процессам выветривания, по сравнению с глинистыми известняками и известковистыми доломитами, при одинаковых условиях выветривания. За счет этого в верхней части профиля зоны гипергенеза сформировался слоеный «пирог» их плотных и расструктурированных карбонатных пород. Венчает разрез профиля выветривания слой карбонатной (известково-доломитовой) муки, мощность которого варьирует от 0,3 до 0,6 м. В зависимости от степени преобразованности пород карбонатная мука содержит различное количество дресвяного материала, представленного обломками тонкоплитчатого доломита или заглинизированного известняка. В некоторых разрезах карбонатная дресва рассеяна по всему слою, в некоторых — сконцентрирована в нижней подошвенной части слоя. В зоне развития карбонатной муки можно наблюдать, как первично горизонтально залегающие доломиты или глинистые известняки начинают приобретать экзогенные складчатые деформации. Формирование складок происходит за счет неравномерного растворения пород и выноса тонкодисперсного материала из-под тонкоплитчатых доломитов и известняков. В результате неравномерных просадок изначально горизонтально расположенные тонкоплитчатые карбонатные породы приобретают волнисто-складчатое залегание.

Перекрывает разрез молодой коры выветривания маломощный (0,1–0,2 м) почвенно-растительный покров, представленный светло-бурыми карбонатно-подзолистыми почвами. В подошве почвенно-растительного покрова отмечается зона

## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В КАРБОНАТНО-ТЕРРИГЕННЫХ ГРУНТОВЫХ МАССИВАХ БУГУЛЬМИНСКО-БЕЛЕБЕЕВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

иллювия, в виде вмывания карбонатно-глинистых частиц почвы в полости трещин между плитчатыми отдельностями доломитов и заглинизированных известняков.

Анализ профилей выветривания по терригенным породам показал, что в песчаниках процессы гипергенных преобразований протекают более однообразно, по сравнению с карбонатными породами (рис. 3). Это обусловлено с одной стороны более выдержанным минеральным составом и структурно-текстурными характеристиками песчаников по всей выветривающейся толще, с другой — наличием в них лишь одного минерала, неустойчивого к процессам выветривания в краткосрочный период времени. В долгосрочной перспективе профиль коры выветривания приобретет более сложное строения за счет вовлечения в преобразования алюмосиликатных минералов. В настоящее время зональность профиля гипергенеза выглядит следующим образом. В основание профиля залегают практически неизменные плотные зеленовато-серые песчаники, формировавшиеся в прибрежной части мелководного эпиконтинентального морского бассейна седиментации. Источником сноса терригенного материала в Казанское палеоморе являлись разрушающиеся Уральские горы, поэтому обломочная компонента пород обладает пестрым петрографическим составом.



Рис. 3. Терригенный карьер п. Ирекле Альметьевский район Республика Татарстан (фото Гараева А.Н.).

В составе аллотигенной части песчаников преобладают окатанные обломки эффузивных и кремнистых пород (65%), в меньшей степени полуокатанные зерна кварца (20%), угловатые зерна полевых шпатов (15%), редкие чешуйки мусковита и хлорита. В соответствие с классификацией В.Д. Шутова породы относятся к граувакковым песчаникам [11]. Обломки горных пород и минералов, характеризующиеся преобладающим размером 0,1–0,25 мм, составляют 80–85% состава песчаников. Обломки сцементированы глинисто-кальцитовым цементом, содержание которого варьирует в пределах 15–20%. Кальцитовый цемент базально-

порового типа, по структуре тонкозернистый, участками перекристаллизован до мелкозернистой размерности. В межзерновом пространстве кальцитового цемента отмечаются включения тонкодисперсных глинистых минералов. За счет неравномерной концентрации глинистой компоненты песчаники обладают неяснослоистой текстурой. По данным рентгенографического анализа глинистые минералы представлены смешаннослойной минеральной фазой иллит-монтмориллонитового состава, в меньшей степени иллитом и хлоритом. Благодаря преобладанию жестких структурных химических связей и низкой пористости песчаники обладают относительно высокой механической прочностью.

Над ними отмечается небольшой по мощности слой (0,4–0,6 м), представляющий собой зону дезинтеграции в подошве молодой коры выветривания. Этот слой сложен различными по размерам уплотненными обособлениями плотного песчаника, сцементированными рыхлым глинисто-обломочным материалом. Обособления имеют общую пространственную ориентировку, располагаясь согласно нижерасположенным плотным песчаникам. При этом текстура в обособлениях повторяет слоистую текстуру в плотных, неизменных терригенных породах. По границам плотных фрагментов дезинтегрированного песчаника отмечаются многочисленные темно-бурые пленочки гидроокислов железа. В стенках карьеров часто наблюдаются вывалы плотных фрагментов песчаников из слоя в результате осыпания цементирующего их рыхлого глинисто-обломочного материала.

Выше по разрезу залегает слой слабо сцементированного глинистого песчаника ненарушенного сложения мощностью от 2,5 до 6,0 м, представляющий собой покровный элювий. В отличие от нижележащих материнских терригенных пород, он претерпел более интенсивное гипергенное преобразование. В результате многовекового промывного режима нисходящими водами атмосферных осадков из состава песчаников элювиального слоя был полностью растворен и вынесен кальцит цемента. При этом глинистая компонента претерпела небольшой по дальности перенос из межзернового пространства породы к границам и стыкам близко расположенных обломков минералов и горных пород. За счет удаления кальцитового цемента обломки сблизались друг с другом, пространство между ними частично заполнилось тонкоалевритовым и глинистым материалом. Элювированные песчаники малопрочные, разуплотненные, легко рассыпаются при незначительном механическом воздействии до состояния песка. При этом в массиве они сохраняют все структурно-текстурные признаки присущие плотным неизменным породам. Сверху вниз по разрезу зоны гипергенеза отмечается незначительное увеличение глинистого материала. В ряде разрезов в теле элювированных малопрочных песчаников фиксируются наклонные трещины, обогащенные темно-бурыми агрегатами лимонита. На поверхности отдельных эффузивных обломков пород и сцементированных агрегатов присутствуют черные агрегаты оксидов марганца (пирролюзит-псиломелан). Если над слоем разуплотненных песчаников залегает рыхлый, бесструктурный карбонатный элювий, то в трещинах обнаруживаются вымытые светло-серые обломки разрушенных доломитов алевропесчаной размерности. Преобладание в элювированных песчаниках механических и водно-

## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В КАРБОНАТНО-ТЕРРИГЕННЫХ ГРУНТОВЫХ МАССИВАХ БУГУЛЬМИНСКО-БЕЛЕБЕЕВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

---

коллоидных связей часто приводит к осыпаниям и обрушениям склонов карьеров, заложенных в терригенных породах.

Различия в строение профилей выветривания элювированных карбонатных и терригенных пород Бугульминско-Белебеевской возвышенности являются следствием избирательности взаимодействия породообразующих минералов доломитов и песчаников с гипергенными процессами. Доломиты, обладающие более-менее однородным минеральным составом, сложенные плотно соприкасающимися ромбоэдрическими микрозернами (5,0–10 мкм), между которыми существуют прочные кристаллизационные структурные связи, относятся к устойчивым породам в массивах казанского яруса (рис. 3). Низкая межзерновая пористость субкапиллярной размерности, препятствующая проникновению воды из внешней среды, делает доломиты устойчивыми к растворению. В пользу этого говорит отсутствие каверн выщелачивания внутри слоя при наличии борозд и выемок выщелачивания в кровле слоя, являющейся локальным водоупором для инфильтрующихся вод атмосферных осадков. Песчаники, в отличие от доломитов, являются полиминеральными породами, состоящими из множества минералов, обладающих различной устойчивостью к процессам выветривания. За счет большей пористости и лучшей проницаемости терригенных пород, через них проходит больший объем нисходящих дождевых и талых снеговых вод. Более интенсивный водообмен в порах песчаников способствует интенсификации процессов растворения неводостойких минеральных фаз. Таким образом, различие строения профилей выветривания в доломитовых и терригенных грунтовых массивах обусловлено структурно-минералогическими особенностями пород, приобретенными на стадии седиментации и последующего диагенеза.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение продуктов гипергенеза верхней части элювия молодой коры выветривания по доломитовым породам показал, что здесь преобладают процессы физической дезинтеграции. Так слой бесструктурного элювия сложен агрегатами псаммитовой размерности, состоящими из сростков хорошо окристаллизованных доломитовых зерен ромбоэдрического габитуса. Среди агрегатов присутствуют многочисленные разобщенные микрозерна доломита размером до 10 мкм, также с хорошо сохранившимися элементами ромбоэдра (рис. 4). Наличие у доломитовых зерен хорошо сохранившихся гладких граней, ребер и углов свидетельствует об отсутствии протекания в породах реакций растворения. Сохранение габитусных элементов зерен при дезинтеграции плотных доломитов указывает на преобладание механизма разрывов кристаллизационных структурных связей между зернами без повреждения их первичного облика. Подобный механизм характерен для климатических зон с существенными сезонными перепадами температур. Именно такие природно-климатические условия и существовали в неоплейстоцене на территории Бугульминско-Белебеевской возвышенности, входящей в состав перигляциальной зоны с часто сменяющимися лесостепными ландшафтами [12, 13, 14, 15]. В периоды выпадения атмосферных осадков в субкапиллярных межзерновых порах доломитовых пород формировались тонкие водные пленочки.





Рис. 4. Фото шлифа породы (А) и поверхность скола доломита (Б)

(Составлено авторами)

Оказывая расклинивающее действие на соседние зерна, прилегающие друг к другу, они постепенно ослабляли кристаллизационные связи между ними. В периоды понижения температуры поверхностная энергия незамерзающей поровой воды на границе с твердой минеральной фазой возрастала. Создающиеся напряжения способствовали окончательному разрыву межзерновых структурных связей в породах, способствуя их механическому разрушению [16]. Процессы химического выветривания отходят на второй план. Нисходящая инфильтрация атмосферных осадков участками выносить доломитовую муку бесструктурного элювия по трещинам в нижележащие трещиноватые доломиты, формируя иллювий. В областях интенсивного выноса дезинтегрированного материала деятельность нисходящими водными потоками, за счет суффозии, приводит к оседанию слоев структурного элювия с образованием экзогенной складчатости.

Песчаники, в отличие от доломитов, более подвержены влиянию процессов гипергенеза. За счет повышенной пористости и проницаемости через них проходят большой объем агрессивных атмосферных вод, что приводит к активизации растворения кальцитового цемента пород. В шлифах видно, как снизу вверх по профилю кор выветривание происходит уменьшение доли кальцита в породе с увеличением общей пористости (рис. 5).

Физическое выветривание, характерное для современного холодного и умеренного климата, вызывается в основном колебаниями температуры, замерзанием и оттаиванием воды в трещинах разного размера (включая микротрещины), что приводит к дезинтеграции горных пород, вначале — на крупные глыбы, затем — на щебень, дресву и отдельные минеральные зерна, представленные в основном фракциями песка и пыли (алеврита). Вторичные глинистые минералы образуются в небольших количествах, за исключением случаев, когда выветриванию подвергаются породы, содержащие их в своем составе (глинистые сланцы, аргиллиты, глинистые песчаники, глинистые алевролиты, мергели). Обломочный материал, образующийся при физическом выветривании, сохраняет минеральный состав материнской породы и значительную прочность благодаря унаследованной структурных связей.

**ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ  
ОТЛОЖЕНИЙ В КАРБОНАТНО-ТЕРРИГЕННЫХ ГРУНТОВЫХ МАССИВАХ  
БУГУЛЬМИНСКО-БЕЛЕБЕЕВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ**

---

Песчаники, в отличие от доломитов, являются полиминеральными породами, состоящими из множества минералов, обладающих различной устойчивостью к процессам выветривания. За счет большей пористости и лучшей проницаемости терригенных пород, через них проходит больший объем нисходящих дождевых и талых снеговых вод. Более интенсивный водообмен в порах песчаников способствует интенсификации процессов растворения водорастворимых соединений и выноса в ионной форме.

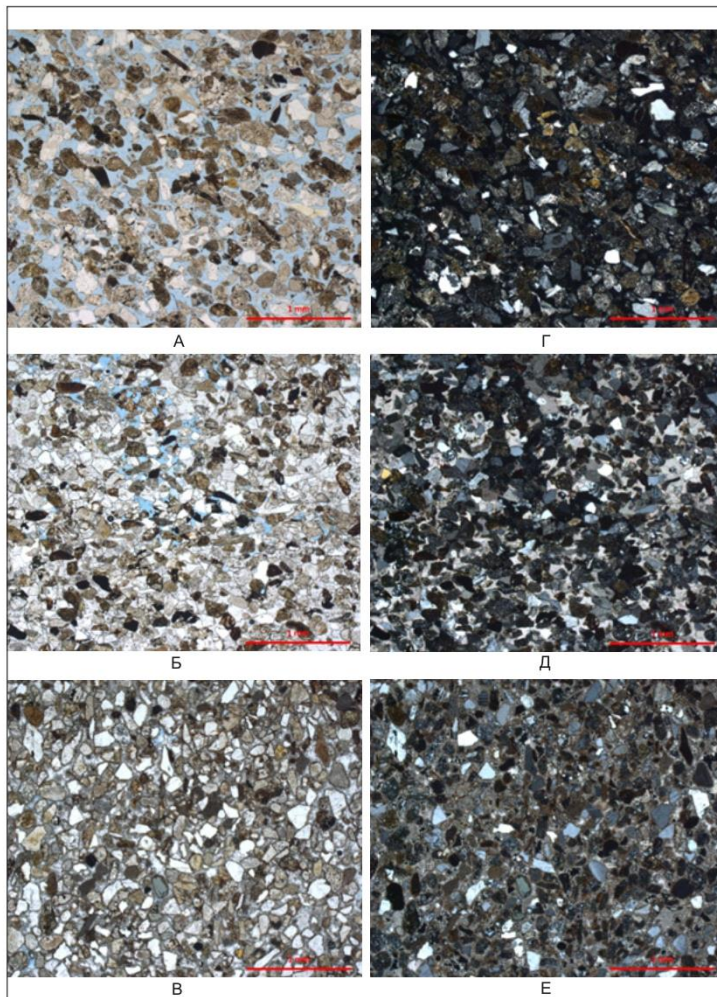


Рис. 5. Фото шлифов песчаников различной степени гипергенного преобразования: в одном николе (А, Б, В) и в скрещенных николях (Г, Д, Е).  
(Составлено авторами)

## ВЫВОДЫ

1. В геологическом строении большей части территории Бугульминско-Белебеевской возвышенности принимают участие элювиальные покровные отложения терригенного и карбонатного типа, перекрывающих коренные породы среднепермского возраста, представленных переслаиванием морских светло-серых известняков и доломитов, зеленовато-серых алевролитов и песчаников, и континентальных красноцветных лагунно-озерных доломитов, мергелей, глин, алевролитов и песчаников.

2. Проектно-изыскательские организации при проведении изысканий на исследуемой территории сталкиваются с целым рядом трудностей, напрямую влияющих на безопасность возводимых сооружений. Основными проблемами являются отсутствие представлений о строении выветрелых толщ, неправильный выбор методов бурения и отбора проб, отсутствие зависимостей для интерпретации данных полевого опробования и методик для корректной оценки физико-механических свойствах элювиальных грунтов с учетом степени их выветрелости.

3. Изучение процессов выветривания в карбонатных породах показало, что здесь преобладают процессы физической дезинтеграции с практически полным отсутствием протекания реакций растворения, что характерно для климатических зон с существенными сезонными перепадами температур.

4. В песчаниках за счет повышенной пористости и проницаемости активизируются процессы растворения и выноса в ионной форме водорастворимых соединений. Это приводит к тому, что снизу вверх по профилю кор выветривания происходит уменьшение доли кальцита в породе с увеличением общей пористости и ослаблением прочности грунтового массива.

5. Полученные в результате выполненных исследований результаты позволяют понять механизм выветривания в карбонатных и терригенных породах, а, следовательно, оценить потенциальное изменение физико-механических свойств пород как в период строительства, так и при эксплуатации зданий и сооружений.

## Список литературы

1. Власова Л.В., Ракитина Г.С., Долгов С.И. Влияние природных факторов на устойчивость функционирования Единой системы газоснабжения России. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2009. 184 с.
2. Ларионов В. И., Новиков П. А., Гумеров А. К. Анализ напряженно-деформированного состояния трубопровода на участках с карстами // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2012. №3(88). С. 60–67.
3. Базаревская В.Г. Уникальное Ромашкинское месторождение Татарстана – неиссякаемый источник прироста запасов нефти // Георесурсы. 2006. №2(19). С.9–11.
4. Королев Э.А., Морозов В.П., Ескин А.А., Кольчугин А.Н. Постседиментационные доломитовые коллекторы каменноугольных отложений Мелекесской впадины и Южно-Татарского свода // Нефтяное хозяйство. 2016. №6. С. 40–42.
5. Королев Э.А., Нурғалиева Н.Г., Смелков В.М., Ескин А.А., Кальчева А.В. Литолого-петрофизические характеристики нефтеносных отложений бобриковского горизонта южного склона Южно-Татарского свода // Нефтяное хозяйство. 2016. №10. С. 17–19.
6. Чупкиова И.З. Доразведка, прирост запасов и добыча нефти на «старых» месторождениях новыми технологиями на примере Ново-Елховского месторождения // Георесурсы. 2012. №3(45). С.44–51.

**ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ  
ОТЛОЖЕНИЙ В КАРБОНАТНО-ТЕРРИГЕННЫХ ГРУНТОВЫХ МАССИВАХ  
БУГУЛЬМИНСКО-БЕЛЕБЕЕВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ**

---

7. Мартиросян И.Х., Тихова М.Ю. Природные условия и паводковый сток Бугульминско-Белебеевской возвышенности // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал). 2012. №4. 6 с.
8. Мингазов М.Н., Стриженов А.А., Камышников А.Г., Киямова А.Г. Региональные аспекты новейшей тектоники Республики Татарстан // Георесурсы. 2014. №2(57). С.44–50.
9. Гараева А.Н., Латыпов А.И., Зарипова Д.Р. Особенности гипергенного преобразования карбонатно-терригенных пород Бугульминско-Белебеевской возвышенности // Геологические науки – 2021: Материалы Всерос. научно-практ. конф. (Саратов, 2 - 3 декабря 2021 г.). Саратов: Издательство «Техно-Декор», 2021. С. 49–53.
10. Гараева А.Н., Латыпов А.И., Зарипова Д.Р. Элювиальные отложения эрозионно-денудационных останцев Бугульминско-Белебеевской возвышенности // Сборник статей всероссийской молодёжной конференции «Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий». – Москва: Издательство «Перо», 2021. С. 16–20.
11. Шутов В.Д. Минеральные парагенезы граувакковых комплексов. М.: Наука, 1975. 110 с.
12. Бутаков Г.П. Плейстоценовый перигляциал на востоке Русской равнины. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1986. 144 с.
13. Валиуллина Г.Ш., Илларионов А.Г. Плейстоценовое перигляциальное рельефообразование на территории Закамья Республики Татарстан // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2010. Вып. 4. №11. С. 126–136.
14. Васильев Ю.М. Отложения перигляциальной зоны Восточной Европы. М.: Наука, 1980. 171 с.
15. Илларионов А.Г., Валиуллина Г.Ш. Некоторые черты осадко- и рельефообразования в плейстоценовом перигляциале Прикамья на территории Удмуртии и Татарстана // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Науки о Земле. 2007. №11. С. 95-110.
16. Черняховский А.Г. Элювий и продукты его переотложения. М.: Наука, 1966. 179 с.

**FEATURES OF THE STRUCTURE AND FORMATION OF ELUVIAL  
DEPOSITS IN CARBONATE-TERRIGENOUS SOIL MASSIFS OF THE  
BUGULMA-BELEBEEVSKAYA UPLAND**

*Latypov A. I.<sup>1</sup>, Garaeva A. N.<sup>2</sup>, Korolev E. A.<sup>3</sup>*

*Kazan (Volga Region) Federal University, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan,  
Republic of Tatarstan, Russian Federation.*

*E-mail: <sup>1</sup>airatlat@mail.ru, <sup>2</sup>anastya-solnce@mail.ru, <sup>3</sup>edik.korolev@gmail.com*

This article is about studying alluvial deposits on the territory of the Bugulma-Belebeevskaya upland. Due to river erosion, a highly dissected and rugged terrain has formed in this area. This can be seen from the flattened erosional-denudation watershed spaces separated by narrow river valleys and terraced slopes.

There is a high degree of technogenic and anthropogenic load on this territory, in particular, the main underground oil transportation highways are laid within the Bugulma-Belebeevskaya upland, where the development of the largest oil fields in terms of reserves is carried out. The sinking of oil pipelines is carried out in the thickness of alluvial cover deposits overlying Permian-age bedrock. At the same time, survey and design organizations working in this area face serious problems, primarily due to the lack of ideas about the structure of the eluvial strata and the physical and mechanical properties of eluvial soils. Therefore, there are erroneous decisions that affect the choice of design solutions for the foundations of buildings and structures. Thus, an incorrectly chosen method of drilling and

field testing leads to the destruction of cementation bonds in sandstones and fragmentation of relatively strong carbonate rocks, forming an erroneous idea of the degree of weathering of rocks. In laboratory studies of soils, difficulties arise in choosing research methods related to classification and rocky or dispersed soils.

The design of pile foundations on eluvial soils faces the problem of calculating the bearing capacity of piles, since normative formulas and correlation dependences are constructed without taking into account the incomplete weathering of eluvial rocks and the preservation of structural connections in them.

Moreover, the lack of methods for assessing chemical weathering processes does not allow us to correctly assess the danger and dynamics of karst-suffusion processes, which often develop in weakened eluvial soils.

According to the result, it is clear that the difference in the structure of weathering profiles in dolomite and terrigenous soil massifs is due to the structural and mineralogical features of rocks acquired at the stage of sedimentation and subsequent diagenesis.

The study of weathering processes in carbonate rocks has shown that the processes of physical disintegration prevail. The presence of well-preserved smooth faces, edges and corners in dolomite grains indicates the absence of dissolution reactions in the rocks. This is typical for climatic zones with significant seasonal temperature differences. Such natural and climatic conditions existed in the Neo-Pleistocene on the territory of the Bugulma-Belebeevskaya upland, which is part of the periglacial zone with frequently changing forest-steppe landscapes. The processes of chemical weathering here fade into the background.

Sandstones, unlike dolomites, are more susceptible to the influence of hypergenesis processes. Due to the increased porosity and permeability, a larger volume of aggressive atmospheric waters pass through them, which leads to the activation of the dissolution of calcite cement rocks. From the bottom up along the weathering crust profile, the proportion of calcite in the rock decreases with an increase in total porosity. Physical weathering, as in modern cold and temperate climates, is usually caused by temperature fluctuations, freezing and thawing of water in cracks of various sizes (including microcracks). This leads to the disintegration of rocks, first into large blocks, then into crushed stone, gravel and individual mineral grains, represented mainly by fractions of sand and dust (siltstone). Secondary clay minerals are formed in small quantities, except in cases when rocks containing them in their composition (clay shales, mudstones, clay sandstones, clay siltstones, marls) are subjected to weathering. The detrital material formed during physical weathering retains the mineral composition of the parent rock and significant strength due to inherited structural bonds.

Due to the greater porosity and better permeability of terrigenous rocks, a larger volume of descending rain and snowmelt waters passes through them. More intensive water exchange in the pores of sandstones contributes to the intensification of the processes of dissolution of water-soluble compounds and removal in ionic form.

As a consequence, the obtained results of the research allow us to understand the mechanism of weathering in carbonate and terrigenous rocks, and also, to assess the potential change in the physical and mechanical properties of rocks, both during construction and during the operation of buildings and structures.

**Keywords:** hypergene transformation of soil massif; physical disintegration, eluvium, weathering crust, carbonate rocks, terrigenous rocks, Bugulma-Belebeevskaya Upland.

### References

1. Vlasova L.V., Rakitina G.S., Dolgov S.I. Vliyanie prirodnyh faktorov na ustojchivost' funkcionirovaniya Edinoj sistemy gazosnabzheniya Rossii. M.: Gazprom VNIIGAZ, 2009. 184 s. (in Russian)
2. Larionov V. I., Novikov P. A., Gumerov A. K. Analiz napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya truboprovoda na uchastkah s karstami // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. N.E. Bauman. Ser. Mashinostroenie. 2012. №3(88). S. 60–67. (in Russian)
3. Bazarevskaya V.G. Unikal'noe Romashkinskoe mestorozhdenie Tatarstana – neissyakaemiy istochnik prirosta zapasov nefiti // Georesursy. 2006. №2(19). S.9–11. (in Russian)
4. Korolev E.A., Morozov V.P., Eskin A.A., Kol'chugin A.N. Postsedimentacionnye dolomitovye kollektory kamennougol'nyh otlozhenij Melekesskoj vpadiny i YUzhno-Tatarskogo svoda // Neftyanoe hozyajstvo. 2016. №6. S. 40–42. (in Russian)
5. Korolev E.A., Nurgalieva N.G., Smelkov V.M., Eskin A.A., Kal'cheva A.V. Litologo-petrofizicheskie harakteristiki neftenosnyh otlozhenij bobrikovskogo gorizonta yuzhnogo sklona YUzhno-Tatarskogo svoda // Neftyanoe hozyajstvo. 2016. №10. S. 17–19. (in Russian)
6. CHupikova I.Z. Dorazvedka, prirost zapasov i dobycha nefiti na «staryh» mestorozhdeniyah novymi tekhnologiyami na primere Novo-Elhovskogo mestorozhdeniya // Georesursy. 2012. №3(45). S.44–51. (in Russian)
7. Martirosyan I.H., Tihova M.YU. Prirodnye usloviya i pavodkovyj stok Bugul'minsko-Belebeevskoj vozvyshennosti // Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo centra UrO RAN (elektronnyj zhurnal). 2012. №4. 6 s. (in Russian)
8. Mingazov M.N., Strizhenok A.A., Kamyshnikov A.G., Kiyamova A.G. Regional'nye aspekty novejshej tektoniki Respubliki Tatarstan // Georesursy. 2014. №2(57). S.44–50. (in Russian)
9. Garaeva A.N., Latypov A.I., Zaripova D.R. Osobennosti gipergennogo preobrazovaniya karbonatno-terrigenykh porod Bugul'minsko-Belebeevskoj vozvyshennosti // Geologicheskie nauki – 2021: Materialy Vseros. nauchno-prakt. konf. (Saratov, 2 - 3 dekabrya 2021 g.). Saratov: Izdatel'stvo «Tekhno-Dekor», 2021. S. 49–53. (in Russian)
10. Garaeva A.N., Latypov A.I., Zaripova D.R. Elyuvial'nye otlozheniya erozionno-denudacionnykh ostancev Bugul'minsko-Belebeevskoj vozvyshennosti // Sbornik statej vsrossijskoj molodyozhnoj konferencii «Geologiya, geoekologiya i resursnyj potencial Urala i sopredel'nykh territorij». – Moskva: Izdatel'stvo «Per», 2021. S. 16–20. (in Russian)
11. Shutov V.D. Mineral'nye paragenezы grauvalkovykh kompleksov. M.: Nauka, 1975. 110 s. (in Russian)
12. Butakov G.P. Plejstocenovyy periglyacial na vostoке Russkoj ravniny. Kazan': Izd-vo Kazan. un-ta, 1986. 144 s. (in Russian)
13. Valiullina G.SH., Illarionov A.G. Plejstocenovoe periglyacial'noe rel'efoobrazovanie na territorii Zakam'ya Respubliki Tatarstan // Vestn. Udm. un-ta. Ser. Biologiya. Nauki o Zemle. 2010. Vyp. 4. №11. S. 126–136. (in Russian)
14. Vasil'ev YU.M. Otlozheniya periglyacial'noj zony Vostochnoj Evropy. M.: Nauka, 1980. 171 s. (in Russian)
15. Illarionov A.G., Valiullina G.SH. Nekotorye cherty osadko- i rel'efoobrazovaniya v plejstocenovom periglyaciale Prikam'ya na territorii Udmurtii i Tatarstana // Vestn. Udm. un-ta. Ser. Nauki o Zemle. 2007. №11. S. 95–110. (in Russian)
16. Chernyahovskij A.G. Elyuvij i produkty ego pereotlozheniya. M.: Nauka, 1966. 179 s. (in Russian)

*Поступила в редакцию 24.09.2023 г.*