



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ПЕСЧАНИКОВ ПО ДАННЫМ СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Принята к публикации 08.08.2025

Опубликована 18.08.2025

## Латыпов А.И.

Руководитель лаборатории по исследованию грунтов в строительстве ООО «КазГеоЛаб»; доцент кафедры общей геологии и гидрогеологии Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета, д. г.-м. н., г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

## Гараева А.Н.

Доцент кафедры общей геологии и гидрогеологии Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета, к. г.-м. н., г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

## Королев Э.А.

Доцент кафедры общей геологии и гидрогеологии Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета, к. г.-м. н., г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

## Трофимова А.С.

Магистрант кафедры общей геологии и гидрогеологии Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета

## АННОТАЦИЯ

Статья посвящена трудностям, возникающим при строительстве из-за сложных инженерно-геологических условий на территории Нижнекамского промышленного узла, где широко развиты элювиальные песчаники уржумского яруса. Проанализированы их структура и свойства, отличающие их от обычных песков и вызывающие непредсказуемое поведение оснований. Собрано и проанализировано множество данных статического зондирования, лабораторных исследований. Установлены корреляционные зависимости между физико-механическими характеристиками рассматриваемых элювиальных песчаников и удельным лобовым сопротивлением. На основании систематизации и анализа полевых исследований построены региональные зависимости между параметрами статического зондирования и прочностными и деформационными характеристиками грунтов. Полученные результаты имеют важное практическое значение и позволяют оптимизировать проектирование и строительство инфраструктуры и сооружений на данной территории.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

кора выветривания; элювиальные песчаники; прочностные свойства; деформационные свойства; статическое зондирование; Нижнекамский промышленный узел.

## ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Латыпов А.И., Гараева А.Н., Королев Э.А. Определение прочностных и деформационных свойств элювиальных песчаников по данным статического зондирования // ГеоИнфо. 2025. Т. 7. № 2. С. 56–62. DOI:10.58339/2949-0677-2025-7-2-56-62.

# DETERMINATION OF THE STRENGTH AND DEFORMATION PROPERTIES OF ELUVIAL SANDSTONES FROM STATIC CONE PENETRATION TEST DATA

Accepted for publication 08.08.2025

Published 18.08.2025

## Latypov A.I.

DSc, head of the Laboratory for Soil Research in Construction, "KazGeoLab LLC"; associate professor at the Department of General Geology and Hydrogeology, Institute of Geology and Oil and-Gas Technologies, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation

## Garaeva A.N.

PhD, associate professor at the Department of General Geology and Hydrogeology, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation

## Korolev E.A.

PhD, associate professor at the Department of General Geology and Hydrogeology, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation

## Trofimova A.S.

Master's degree student at the Department of General Geology and Hydrogeology, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation

## ABSTRACT

The article is devoted to the difficulties encountered during construction due to difficult engineering-geological conditions in the territory of the Nizhnekamsk industrial hub, where the eluvial sandstones of the Urzhumian Stage are widely developed. Their structure and properties that distinguish them from ordinary sands and cause unpredictable behavior of the ground bases are analyzed. Lots of data from cone penetration tests, pile static load tests, and laboratory studies were collected and analyzed. Correlation dependencies between the physical-mechanical characteristics of the considered eluvial sandstones and the specific frontal resistance were established. Based on the systematization and analysis of field studies, regional dependencies between the parameters of cone penetration test and the strength and deformation characteristics of soils are constructed. The results are of great practical importance and make it possible to optimize the design and construction of infrastructure in a given area.

## KEYWORDS:

weathering crust; eluvial sandstones; strength properties; deformation properties; cone penetration test; Nizhnekamsk industrial hub.

## FOR CITATION:

Latypov A.I., Garaeva A.N., Korolev E.A., Trofimova A.S. Otsenka nesushchei sposobnosti svai, pogrushennykh v ehlyuvial'nye peschaniki [Assessment of the bearing capacity of piles immersed in eluvial sandstones] // *GeoInfo*. 2025. T. 7. № 2. S. 56–62. DOI:10.58339/2949-0677-2025-7-2-56-62 (in Rus.).

## ВВЕДЕНИЕ ►

Проектирование фундаментов основывается на определении несущей способности и деформативности грунтового основания путем расчета согласно СП 22.13330 по физико-механическим характеристикам слагающих разрез грунтов, определяемых как правило с помощью лабораторных исследований, либо с использованием данных полевых исследований, например, статического зондирования.

Для ответственных сооружений ожидаемые деформации могут уточняться с помощью натурных штамповых испытаний [1], [9], [13]. При этом получаемые значения деформационных характеристик рассчитываются согласно различным зависимостям и таблицам и зависят только от гранулометрического состава и коэффициента пористости для несвязных грунтов. Подобные расчеты могут быть применимы для природных и техногенных песков, не обла-

дающих связностью и не имеющих существенных структурных связей.

В отчетах по изысканиям, выполненным в районах распространения элювиальных грунтов, песчаники с высокой степенью выветрелости часто обозначаются как просто пески, без указания их исходного материнского литотипа [7], [10], [12]. При этом расчеты несущей способности проводятся по тем же самым таблицам, что и для песков, с использованием классификации продуктов выветривания песчаников по ГОСТ 25100. Аналогично поступают и при определении прочностных и деформационных характеристик по данным статического зондирования, так как заложенные в основу этих расчетов корреляционные зависимости получены для песков, а не для песчаников.

Однако в тех случаях, когда грунтовым основанием являются элювиальные песчаники, практика проектирования часто показывает значительные несоот-

ветствия между ожидаемыми по таким расчетам и реальными значениями прочности и деформативности [3], [4], [14].

## ТЕРРИТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ►

В качестве примера можно привести опыт проведения инженерно-геологических изысканий на территории Нижнекамского промышленного узла, расположенного на левом берегу реки Кама в Республике Татарстан, который является одним из наиболее динамично развивающихся территориально-производственных комплексов. Он включает в себя десятки химических заводов органического синтеза на основе местного углеводородного сырья, а также предприятий по производству комплектующих для автомобилестроения [8].

Нижнекамский промышленный комплекс расположен в южной части города Нижнекамск (рис. 1) и в настоящее время занимает площадь около 5 тыс. га. Сосредоточенный здесь мощ-



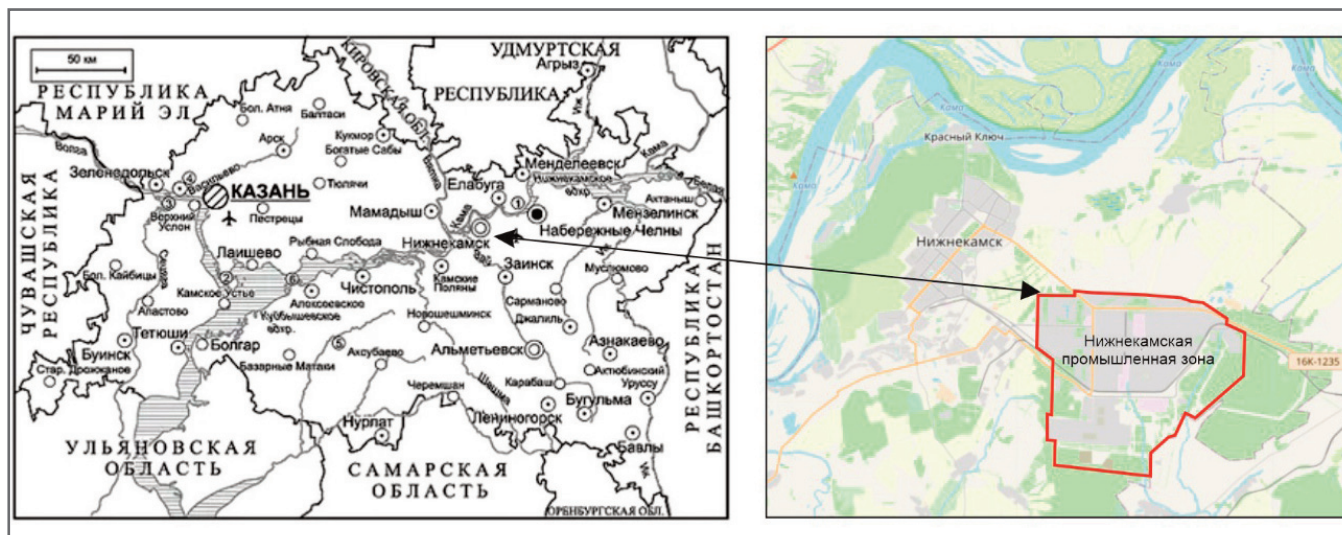


Рис. 1. Расположение Нижнекамской промышленной зоны

ный инновационный потенциал предполагает дальнейшее увеличение территории за счет строительства новых сопутствующих нефтехимической отрасли предприятий и объектов социальной значимости.

### СЛОЖНОСТЬ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ►

Несмотря на высокую степень инженерно-геологической изученности рассматриваемой местности, строительные работы в пределах Нижнекамского промышленного узла постоянно сталкиваются с различными трудностями, особенно на этапе возведения фундаментов. В основном это связано со сложными инженерно-геологическими условиями территории, что обусловлено частым переслаиванием пород различного состава и возраста, наличием элювиальных грунтов, залегающих на произвольных глубинах, присутствием водоносных горизонтов [2], [8].

Из всего перечисленного наибольшие проблемы при строительстве вызывают элювиальные песчаники уржумского яруса, имеющие повсеместное распространение на данной территории. При инженерно-геологических изысканиях эти песчаники часто служат естественным основанием фундаментов мелкого заложения или выбираются в качестве основного несущего слоя, на который опираются сваи-стойки. При этом, как было указано выше, проектировщики часто сталкиваются с серьезными несоответствиями между расчетными и реальными значениями прочности и деформируемости. Другой проблемой является то, что после возведения фундаментов или забивки свай и дальнейшего их нагружения часто на-

блюдаются дополнительные осадки таких грунтов.

Элювиальные песчаники в рассматриваемом регионе являются продуктами выветривания коренных осадочных пород казанского и уржумского ярусов пермской системы. Они не представлены ни на каких картах и не выделены в стратиграфической шкале. Это создает серьезные трудности для изыскателей, так как часто бывает очень трудно отличить такие элювиальные грунты разной степени выветрелости либо от невыветрелой материнской породы, либо от обычных песков как в процессе проведения полевых работ, так и при лабораторном изучении [2].

Исследования авторов показали, что в профиле выветривания для исследуемой территории основную часть занимают не элювиальные пески, как правило обладающие рыхлым сложением и поэтому легко смываемые, а так называемые элювированные песчаники, слагающие массивы коры выветривания, в которых грунты претерпели процессы химического или физического выветривания, но при этом сохранили текстурные признаки, свойственные исходной материнской породе. Именно эти песчаники зачастую и путают с песками.

На рисунке 2 показаны примеры массивов элювированных песчаников в различных частях Республики Татарстан.

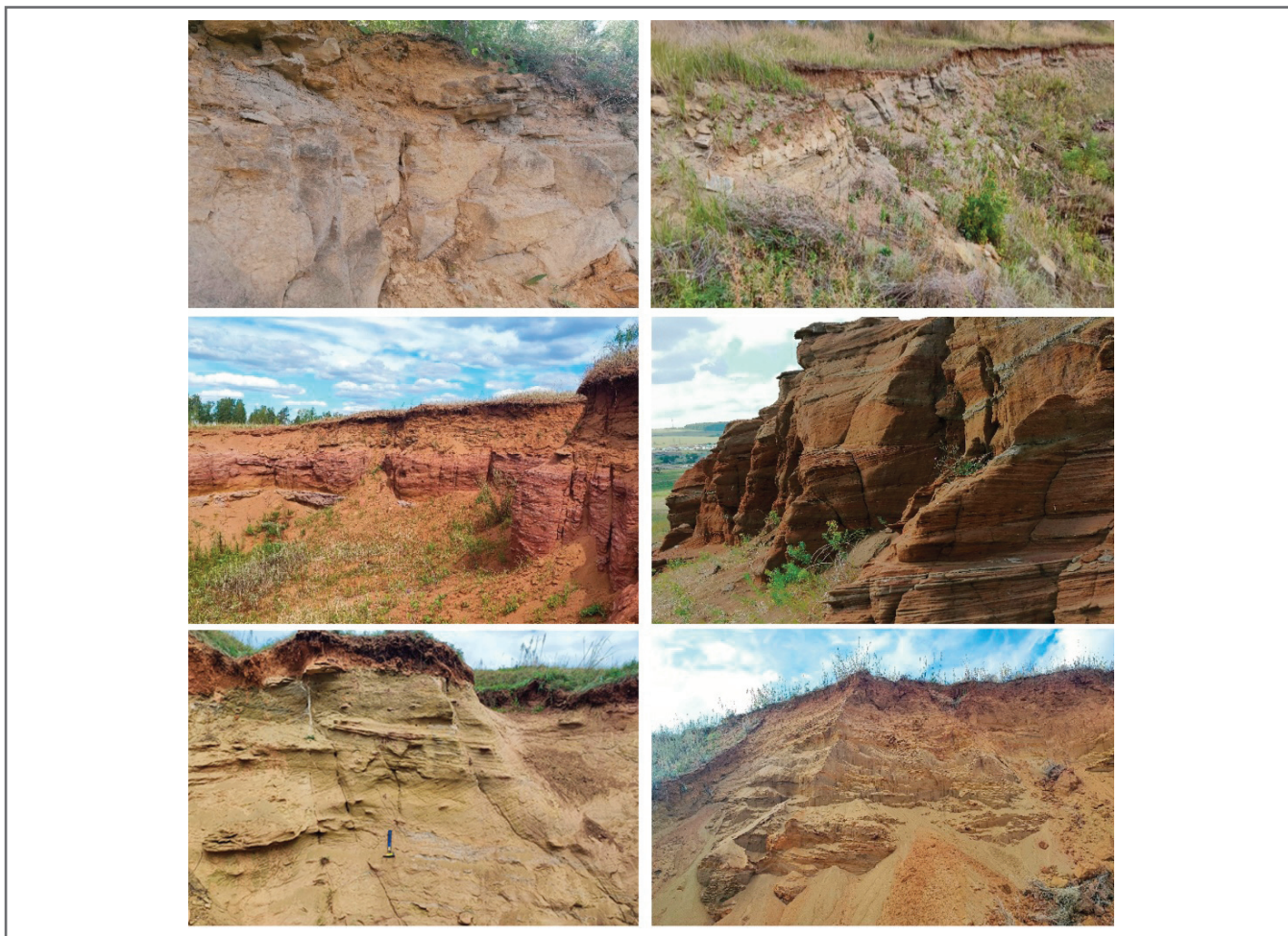
Песчаники зоны коры выветривания Б (по степени дезинтеграции и изменений физико-механических свойств) сохранили первичную косоугольную текстуру (рис. 3), что не позволяет считать их классическим элювием. В пределах этой зоны из песчаников практически полностью выщелочен кальцитовый цемент. Его фрагменты отмечаются в по-

роде локально на контактах соприкасающихся зерен минерального скелета. В отличие от исходного песчаника, у которого обломки горных пород и минералов не соприкасаются между собой, а «плавают» в кальцитовом цементе, в зоне выщелачивания боковые поверхности обломочных зерен контактируют друг с другом. За счет постепенного сближения зерен у них сформировались точечные контакты с механическим типом связи, чему в немалой степени способствовали шероховатость частиц кремнистых и эффузивных горных пород и угловатость кварцевых зерен.

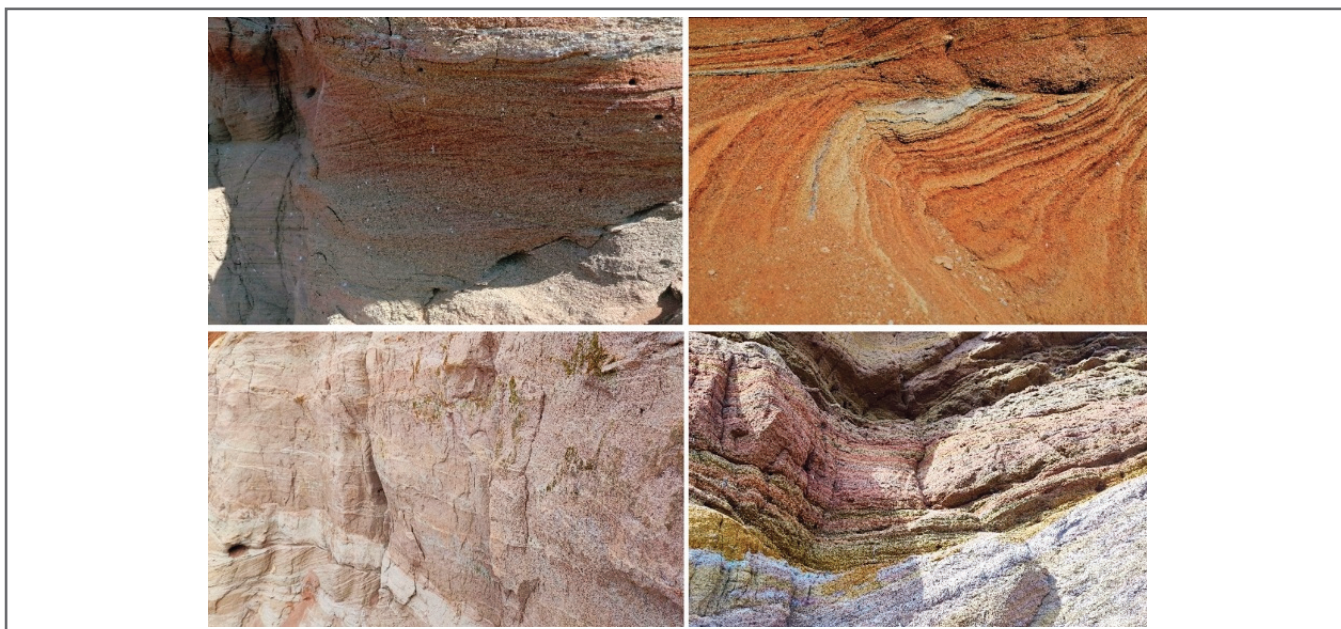
Одновременно с перемещением минеральных обломков произошло перераспределение глинистого материала. Инфильтрующиеся воды, смачивая глинистые минералы, способствовали их агрегированию и вторичной аккумуляции либо на контактах минеральных частиц, либо на шероховатых поверхностях обломков горных пород. Таким образом, в этих песчаниках наряду с механическими сформировались и коагуляционные типы контактов. Глинистые агрегаты, обладая высокой сорбционной активностью, осаждали на своей поверхности коллоидные соединения гидроксидов железа из поровых растворов. Со временем по мере «старения» коллоидов гидроксиды преобразовывались в гематит, увеличивая силу структурных связей между минеральными частицами.

Оптико-микроскопические исследования рассматриваемых разуплотненных песчаников показали, что в пределах всего разреза эти грунты характеризуются рыхлой структурной упаковкой. Минеральные частицы скелета взаимодействуют друг с другом через





**Рис. 2.** Обнажения песчаников на территории Республики Татарстан



**Рис. 3.** Косослоистая текстура элювированных песчаников

точечные контакты и мостики из глинистых агрегатов. За счет слабых структурных связей терригенные породы зоны выщелачивания легко рассыпаются при незначительном механическом воздействии [6].

#### **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ►**

С учетом значительной неоднородности свойств изучаемых элювиальных грунтов и трудности качественного отбора их проб надлежащего качества для лабораторных исследований, перспек-

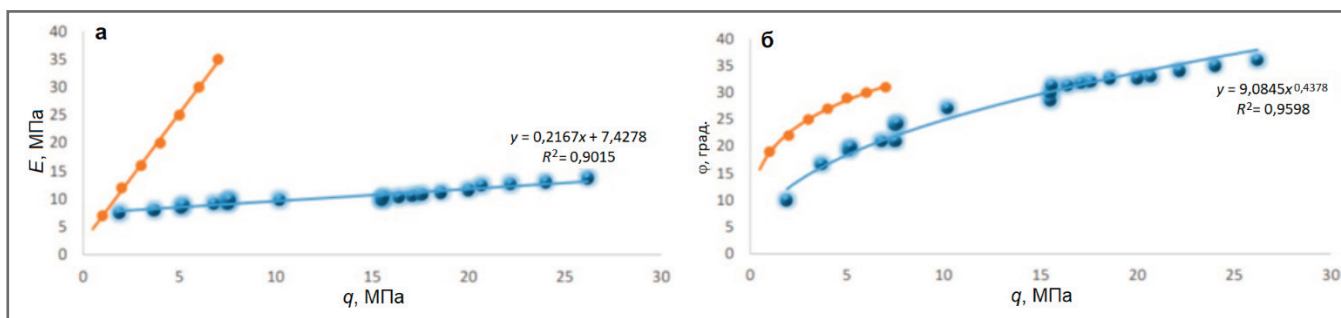
тивным представляется использование полевых методов исследований, из которых наиболее популярным и доступным является статическое зондирование [5], [15]. Главное препятствие для применения этого метода – отсутствие корреля-

**Таблица 1. Физико-механические свойства верхнепермских элювиальных песчаников**

Показатель		Значение
Число проб, шт.		820
Природная влажность $\omega$ , д.ед.		0,20÷0,29
Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>		1,61÷2,03
Пористость $n$ , %		37,0÷50,2
Коэффициент пористости $e$ , д.ед.		0,58÷0,79
Модуль деформации $E$ , МПа		7,1÷19,9
Угол внутреннего трения $\varphi$ , град.		19,1÷30,9
Удельное сцепление $c$ , МПа		0,016÷0,070
Гранулометрический состав: содержание частиц, %, размером	>1,0 мм	0,1÷1,8
	0,5 мм	17,7÷39,8
	0,25 мм	37,6÷61,6
	<0,1 мм	19,5÷30,8

**Таблица 2. Результаты статистической обработки показателей свойств верхнепермских элювиальных песчаников на основе данных статического зондирования**

Показатель	Значения	Среднее	Коэффициент вариации
Количество определений, шт.	264	-	-
Удельное лобовое сопротивление $q$ , МПа	2,3÷27,0	14,4	0,27
Удельное сцепление $c$ , кПа	36÷59	47	0,12
Угол внутреннего трения $\varphi$ , град.	18÷26	22	0,10
Модуль деформации $E$ , МПа	9,2÷17,6	14,5	0,27



**Рис. 4.** Экспериментальные (синий цвет) и нормативные (красный цвет) зависимости модуля деформации  $E$  (а) и угла внутреннего трения  $\varphi$  (б) от удельного лобового сопротивления  $q$  при статическом зондировании

ционных зависимостей между параметрами зондирования и физико-механическими свойствами грунтов [11].

Авторами были проведено исследование, направленное на установление возможности использования метода статического зондирования для оценки прочностей и деформационных свойств. В качестве опытной площадки была выбрана территория проектируемой промышленной установки крупного нефтеперерабатывающего завода в Нижнекамске.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ►

На территории Нижнекамского промышленного узла ранее было выполнено несколько сотен инженерно-геологи-

ческих изысканий. Авторами были проанализированы данные по 550 буровым скважинам и 218 точкам статического зондирования объектов, расположенных в непосредственной близости от объекта исследований. Все результаты были сведены в единую базу данных. Анализ подвергались показатели физико-механических свойств, а также осредненные значения удельного сопротивления зондированию для каждого литологического типа грунта.

Результаты статистической обработки физико-механических свойств песчаников по данным лабораторных исследований приведены в таблице 1.

Для верхнепермских элювиальных песчаников отчетливо наблюдались бо-

лее низкие значения модуля деформации и угла внутреннего трения и более высокие значения удельного сцепления по сравнению с песками.

Также были собраны и проанализированы данные статического зондирования исследуемых грунтов. Результаты их статистической обработки приведены в таблице 2.

На основе полученных результатов были построены отдельные корреляционные зависимости для модуля деформации  $E$ , угла внутреннего трения  $\varphi$ , удельного сцепления  $c$ , показателя текучести  $IL$  и других параметров. Примеры таких зависимостей показаны на рисунке 4. Видны существенные расхождения величин параметров с нормативными, осо-



Таблица 3. Плотность сложения песчаников по данным статического зондирования

Песчаники	Плотность сложения при $q_c$ , МПа		
	плотные	средней плотности	рыхлые
среднезернистые независимо от влажности	>16	7-16	<7
мелкозернистые независимо от влажности	>14	6-14	<6
тонкозернистые: неводонасыщенныеводонасыщенные	>12>10	4-123-10	<4<3

бенно для модуля деформации. Несмотря на наличие отдельных высоких значений удельного лобового сопротивления  $q$  (до 27 МПа), величины модуля деформации  $E$  меньше 18 МПа. С этим скорее всего и связано существенное превышение осадок в исследуемых элювированных песчаниках над ожидаемыми.

На основании анализа данных статического зондирования была разработана таблица определения плотности сложения песчаников различного гранулометрического состава в зависимости от нормативных значений удельного сопротивления внедрению конуса  $q$  (таблица 3).

Сравнение с аналогичными по гранулометрическому составу дисперсными песками показывает смещение значений удельного сопротивления практически в каждой области в большую сторону. Наличие цемента в структуре песчанника, пусть и по большей части слабого, приводит к тому, что внедрение зона в массив становится более сложным, что и находит отклик в увеличении значения удельного лобового со-

противления. При этом реальная плотность оказывается ниже, а деформативность выше ожидаемых.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ ►

Выполненное исследование показало актуальность рассматриваемой задачи. Элювиальные грунты имеют широкое распространение и встречаются практически на всех континентах. При этом вследствие труднопредсказуемого характера выветривания при образовании элювиальных грунтов и, следовательно, высокой изменчивости их свойств, проектирование сооружений на них всегда сопряжено с серьезными трудностями.

На исследуемой территории установлено, что в разрезе профиля выветривания по песчаникам можно выделить выделяются два слоя, соответствующих зонам структурного и бесструктурного элювия. Оценка прочностных и деформационных свойств грунтов должна проводиться с учетом того, что песчанники структурного элювия, по сути,

представляют собой сцементированную скальную породу, а бесструктурный элювий — это выщелоченный песчанник до состояния рыхлого песка.

Оценка плотности сложения и определение параметров механической прочности элювированных песчаников с использованием метода статического зондирования может проводиться только на основании региональных зависимостей и таблиц, построенных для каждого конкретного региона.

Изучение процессов выветривания песчаников с точки зрения описания инженерно-геологических особенностей территории Восточного Закамья становится важным для безопасности и устойчивого развития региона. Полученные данные и результаты исследований позволят эффективно прогнозировать риски и разрабатывать меры по инженерной защите от неблагоприятных геологических процессов, а также оптимизировать проектирование и строительство инфраструктуры и сооружений на данной территории. **и**

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ►

1. Барановский, А. Г. Отечественный и мировой опыт изучения скальных и дисперсных элювиальных глинистых грунтов для инженерно-геологических целей / А. Г. Барановский // Инженерные изыскания. – 2015. – № 12. – С. 34–41.
2. Гараева, А. Н. Элювиальные отложения эрозионно-денудационных останцев Бугульминско-Белебеевской возвышенности / А. Н. Гараева, А. И. Латыпов, Д. Р. Зарипова // Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий: сборник статей всероссийской молодежной конференции. – Москва: Перо, 2021. – С. 16–20.
3. Золотарев, Г. С. Современные задачи инженерно-геологического изучения процессов и кор выветривания / Г. С. Золотарев // Вопросы инженерно-геологического изучения процессов и кор выветривания. – Москва: Изд-во МГУ, 1971. – С. 4–25.
4. Латыпов, А. И. Зональность профиля выветривания среднепермских песчаников на территории Восточного Закамья / А. И. Латыпов, А. Н. Гараева, Э. А. Королев // Грунтоведение. – 2024. – № 1 (22). – С. 33–43.
5. Латыпов, А. И. Об интерпретации данных статического зондирования / А. И. Латыпов, Е. Н. Яббарова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – № 10. – С. 82–90.
6. Латыпов, А. И. Региональные закономерности районирования гипергенных преобразований осадочных пород среднепермского возраста Восточного Закамья / А. И. Латыпов, А. Н. Гараева, Э. А. Королев // Сергеевские чтения: Региональная инженерная геология и геоэкология. Вып. 25: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (28–29 марта 2024 г.). – Москва: ГеоИнфо, 2024. – С. 71–74.
7. Минебаева, А. З. Современное состояние и перспективы развития нижнекамского промышленного комплекса / А. З. Минебаева, А. Р. Гапсаламов // Экономика и социум. – 2014. – № 4 (13). – С. 1272–1275.
8. Мусин, Р. Х. О масштабах загрязнения пресных подземных вод в Нижнекамской промышленной зоне Татарстана / Р. Х. Мусин, Н. А. Курлянов // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. – 2018. – № 12. – С. 402–405.

9. Нугманов, И. И. Особенности проведения инженерно-геологических изысканий в районах развития элювиальных грунтов (на примере Нижнекамска) / И. И. Нугманов // Записки Горного университета. – 2008. – Т. 174. – С. 10–12.
10. Сунгатуллин, Р. Х. Комплексный анализ геологической среды (на примере Нижнекамской площади) / Р. Х. Сунгатуллин. – Казань: Мастер-Лайн, 2001. – 140 с.
11. Черняк, Э. Р. Будущее – за региональными таблицами нормативных и расчётных показателей физико-механических свойств грунтов / Э. Р. Черняк // Инженерная геология. – 2011. – № 9. – С. 4–9.
12. Derakhshan-Babaei, F. Rating the spatial variability of chemical weathering and erosion to geological and topographical zones / F. Derakhshan-Babaei, K. Nosrati, D. Tihomirov, M. Chistl, H. Sadough, M. Egli // *Geomorphology*. – 2020. – Vol. 363. – P. 107235.
13. Mayne, P. Stress-strain-strength-flow parameters from enhances in-situ tests / P. Mayne // *International Conference on In-Situ Measurement of Soil Properties and Case Histories*. – 2001. – P. 27–48.
14. Startsev, A. Soils on eluvium of Permian carbonate deposits and the change in their chemical properties under the influence of bog formation / A. Startsev // *Moscow University Soil Science Bulletin*. – 1985. – Vol. 40, № 3. – P. 1–7.
15. Ziangirov, R. Use of static-penetration data to evaluate deformation properties of disperses soils / R. Ziangirov, V. Kashirskii // *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. – 2005. – Vol. 42, № 1. – P. 15–21

## REFERENCES ►

1. Baranovskij, A. G. Otechestvennyj i mirovoj opyt izucheniya skal'nyh i dispersnyh elyuvial'nyh glinistykh gruntov dlya inzhenerno-geologicheskikh celej / A. G. Baranovskij // *Inzhenernye izyskaniya*. – 2015. – № 12. – S. 34–41.
2. Garaeva, A. N. Elyuvial'nye otlozheniya erozionno-denudacionnykh ostancev Bugul'minsko-Belebeevskoj vozvysheynosti / A. N. Garaeva, A. I. Latypov, D. R. Zaripova // *Geologiya, geoekologiya i resursnyj potencial Urala i sopredel'nykh territorij: sbornik statej vsrossijskoj molodyozhnoj konferencii*. – Moskva: Pero, 2021. – S. 16–20.
3. Zolotarev, G. S. Sovremennye zadachi inzhenerno-geologicheskogo izucheniya processov i kor vyvetriviya / G. S. Zolotarev // *Voprosy inzhenerno-geologicheskogo izucheniya processov i kor vyvetriviya*. – Moskva: Izd-vo MGU, 1971. – S. 4–25.
4. Latypov, A. I. Zonal'nost' profilya vyvetriviya srednepersmskikh peschanikov na territorii Vostochnogo Zakam'ya / A. I. Latypov, A. N. Garaeva, E. A. Korolev // *Gruntovedenie*. – 2024. – № 1 (22). – S. 33–43.
5. Latypov, A. I. Ob interpretacii dannykh staticheskogo zondirovaniya / A. I. Latypov, E. N. Yabbarova // *Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. – 2019. – № 10. – S. 82–90.
6. Latypov, A. I. Regional'nye zakonornosti rajonirovaniya gipergennykh preobrazovaniy osadochnykh porod srednepersmskogo vozrasta Vostochnogo Zakam'ya / A. I. Latypov, A. N. Garaeva, E. A. Korolev // *Sergeevskie chteniya: Regional'naya inzhenernaya geologiya i geoekologiya. Vyp. 25: materialy godichnoj sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geoekologii, inzhenernoj geologii i gidrogeologii (28–29 marta 2024 g.)*. – Moskva: GeoInfo, 2024. – S. 71–74.
7. Minebaeva, A. Z. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya nizhnekamskogo promyshlennogo kompleksa / A. Z. Minebaeva, A. R. Gapsalamov // *Ekonomika i socium*. – 2014. – № 4 (13). – S. 1272–1275.
8. Musin, R. H. O masshtabah zagryazneniya presnykh podzemnykh vod v Nizhnekamskoj promyshlennoj zone Tatarstana / R. H. Musin, N. A. Kurlyanov // *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nykh territorij*. – 2018. – № 12. – S. 402–405.
9. Nugmanov, I. I. Osobennosti provedeniya inzhenerno-geologicheskikh izyskanij v rajonah razvitiya elyuvial'nykh gruntov (na primere Nizhnekamska) / I. I. Nugmanov // *Zapiski Gornogo universiteta*. – 2008. – Т. 174. – S. 10–12.
10. Sungatullin, R. H. Kompleksnyj analiz geologicheskoy sredy (na primere Nizhnekamskoj ploshchadi) / R. H. Sungatullin. – Kazan': Master-Lajn, 2001. – 140 s.
11. Chernyak, E. R. Budushchee – za regional'nymi tablicami normativnykh i raschyotnykh pokazatelej fiziko-mekhanicheskikh svoystv gruntov / E. R. Chernyak // *Inzhenernaya geologiya*. – 2011. – № 9. – S. 4–9.
12. Derakhshan-Babaei, F. Rating the spatial variability of chemical weathering and erosion to geological and topographical zones / F. Derakhshan-Babaei, K. Nosrati, D. Tihomirov, M. Chistl, H. Sadough, M. Egli // *Geomorphology*. – 2020. – Vol. 363. – P. 107235.
13. Mayne, P. Stress-strain-strength-flow parameters from enhances in-situ tests / P. Mayne // *International Conference on In-Situ Measurement of Soil Properties and Case Histories*. – 2001. – P. 27–48.
14. Startsev, A. Soils on eluvium of Permian carbonate deposits and the change in their chemical properties under the influence of bog formation / A. Startsev // *Moscow University Soil Science Bulletin*. – 1985. – Vol. 40, № 3. – P. 1–7.
15. Ziangirov, R. Use of static-penetration data to evaluate deformation properties of disperses soils / R. Ziangirov, V. Kashirskii // *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. – 2005. – Vol. 42, № 1. – P. 15–21