



Оценка инженерно-геологических изысканий города Тюмени по качеству лабораторных образцов грунта

Р. В. Мельников ✉, З. А. Косинова, Д. В. Рачков
Тюменский индустриальный университет, ул. Володарского, 38, Тюмень, 625000, Российская Федерация
✉ melnikovrv@tyuiu.ru

► **Аннотация.** Проведение инженерно-геологических изысканий является сложным и ответственным процессом. От качества их проведения зависит надежность и безопасность проектных решений. В настоящем исследовании оценивалось качество лабораторных образцов грунта на основании отчетов по инженерно-геологическим изысканиям города Тюмени и Тюменского района. Оценка проводилась по 13 отчетам девяти изыскательских организаций. Для оценки использовались методики Терцаги и Лунне. Для этого соответствующим образом проводилась обработка данных компрессионных испытаний грунта, которые получили из 505 паспортов. Результаты представлены в виде диаграмм: в целом для выборки; по организациям; по виду и консистенции грунта; по глубине отбора проб. Сделаны выводы о неудовлетворительном качестве изысканий и факторах, повлиявших на это. Даны рекомендации для повышения качества образцов грунта, отбираемых в ходе инженерно-геологических изысканий.

Ключевые слова: инженерно-геологические изыскания, качество образцов грунта, Терцаги, Лунне, лабораторные испытания, компрессионное сжатие, глубина отбора проб

Для цитирования: Мельников Р. В., Косинова З. А., Рачков Д. В. Оценка инженерно-геологических изысканий города Тюмени по качеству лабораторных образцов грунта. *Архитектура, строительство, транспорт*. 2024;(3):44–53. <https://doi.org/10.31660/2782-232X-2024-3-44-53>

Assessment of engineering geological survey quality in Tyumen based on the laboratory soil sample analysis

Roman V. Melnikov ✉, Zlata A. Kosinova, Dmitry V. Rachkov
Industrial University of Tyumen, 38 Volodarskogo St., Tyumen, 625000, Russian Federation
✉ melnikovrv@tyuiu.ru

► **Abstract.** Carrying out engineering geological surveys is a complex and responsible process. The reliability and safety of design solutions depend on the quality of their execution. This study assessed the quality of laboratory soil samples based on reports from engineering geological surveys conducted in Tyumen city and Tyumensky district. The assessment was based on 13 reports from 9 survey organizations. The Terzaghi and Lunne methods were used for evaluation. To achieve this, data from compression tests on soil samples, obtained from 505 reports, was processed accordingly. The data were presented as diagrams: for the sample as a whole; by organizations; by type and consistency of soil; by depth of sampling. The study concluded that the quality of the surveys was inadequate and identified factors contributing to this. The study provided recommendations for improving the quality of soil samples collected during engineering geological surveys.

Keywords: engineering geological surveys, soil sample quality, Terzaghi, Lunne, laboratory testing, compression test, sampling depth

For citation: Melnikov R. V., Kosinova Z. A., Rachkov D. V. Assessment of engineering geological survey quality in Tyumen based on the laboratory soil sample analysis. *Architecture, Construction, Transport*. 2024;(3):44–53. (In Russ.) <https://doi.org/10.31660/2782-232X-2024-3-44-53>



1. Введение

Важным этапом строительства различных объектов инфраструктуры являются инженерно-геологические изыскания. Без них невозможно принять надежные и безопасные решения на этапе проектирования. При проведении инженерно-геологических изысканий обязательно определяют характеристики грунтов и проводят их последующую оценку. На достоверность результатов существенно влияет качество образцов грунта, поступающих в лабораторию [1, 2]. Во время бурения, отбора, упаковки, транспортировки, хранения монолита и вырезания из него лабораторного образца происходит изменение структуры грунта вследствие разуплотнения, смятия, высыхания и т. п. [3, 4].

Существуют национальные стандарты, по которым определяют качество лабораторных образцов грунта:

- ГОСТ Р ИСО 22475-1-2017 Геотехнические исследования и испытания¹;
- СП 23.13330.2018 Основания гидротехнических сооружений²;
- EN 1997-2 (2007) (English): Eurocode 7: Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing³;
- Norsok Standart G-001 Marine soil investigations⁴;
- ASTM D-2487 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)⁵;
- British Standard BS5930:2015 Code of Practice for Ground Investigations⁶.

Оценка качества лабораторных образцов грунта проводится для повышения точности результатов лабораторного определения механических характеристик [5]. Она может быть качественной и количественной. Качественную (визуальную) оценку осуществляют в полевых и лабораторных условиях: оценивается форма монолита, его сплошность и однородность.

Количественная оценка проводится в лабораторных условиях по методике Терцаги [6] или Лунне [7]. Методики объединяет общий подход – на этапе реконсолидации (при приложении к об-

¹ ГОСТ Р ИСО 22475-1-2017 Геотехнические исследования и испытания. Методы отбора проб и измерения подземных вод. Часть 1. Технические принципы для выполнения = Geotechnical investigation and testing. Sampling methods and groundwater measurements. Part 1. Technical principles for execution. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200157817>.

² СП 23.13330.2018 Основания гидротехнических сооружений = Foundation of hydraulic structures. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/553863425>.

³ EN 1997-2 (2007) (English): Eurocode 7: Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing. Available at: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/02/en.1997.2.2007-1.pdf>.

⁴ Norsok Standart G-001 Marine soil investigations. Available at: <https://standards.globalspec.com/std/9978967/G-001>.

⁵ ASTM D-2487 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). Режим доступа: <https://www.astm.org/standards/d2487>.

⁶ British Standard BS5930:2015 Code of Practice for Ground Investigations. Available at: <https://geotechnicaldesign.info/download/bs5930-2015.pdf>.

разцу бытового давления) оценивается сжатие образца грунта по объемной деформации или коэффициенту пористости (таблица 1). Если качество образца высокое, то получаемые при испытании образцов грунта механические характеристики считаются надежными, при низком качестве рекомендуется определять только физические характеристики.

Таблица 1 / Table 1

Методики определения качества образцов грунта
Methods for determining soil sample quality

| Значение параметра $\Delta e/e_0$ | | | Качество по Лунне | Объемная деформация, % | Качество по Терцаги |
|-----------------------------------|-------------|--------------|-------------------|------------------------|---------------------|
| OCR = 1...2 | OCR = 2...4 | OCR = 4...6 | | | |
| до 0.04 | до 0.03 | до 0.02 | Очень хорошее | < 1 % | A |
| 0.04...0.07 | 0.03...0.05 | 0.02...0.035 | Хорошее | 1...2 % | B |
| 0.07...0.14 | 0.05...0.1 | 0.035...0.07 | Плохое | 2...4 % | C |
| свыше 0.14 | свыше 0.1 | свыше 0.07 | Очень плохое | 4...8 % | D |
| | | | | > 8 % | E |

По мнению В. А. Васенина [8], большинство образцов грунта имеют неудовлетворительное качество из-за нарушенной природной структуры и несовершенства приборов для отбора образцов грунта. Данный эффект усиливается при повышении значений параметра консистенции глинистых образцов [9]. Некоторые основные физические характеристики – влажность, влажность на границах текучести и раскатывания, гранулометрический состав, плотность твердых частиц грунта – можно определить на образцах любого качества и даже на образцах нарушенной структуры [10]. При определении механических характеристик грунта, более важных на этапе проектирования, вероятность получения некорректных результатов из-за плохого качества образцов очень высока [11, 12].

Целью данной работы являлась оценка качества инженерно-геологических изысканий для гражданского строительства в городе Тюмени на основе оценки качества лабораторных образцов грунта.

2. Материалы и методы

В рамках данной работы был произведен анализ 13 отчетов по инженерно-геологическим изысканиям девяти изыскательских организаций. Изыскания были проведены на площадках, расположенных в г. Тюмени и Тюменском районе. Все изыскания были выполнены для проектирования объектов жилого и общественного назначения. Были изучены данные 505 паспортов компрессионных испытаний глинистых грунтов, проведенных в 10 грунтовых лабораториях.

Изыскательские организации, участвовавшие в выборке: ООО «НПК Статика 72», ООО Фирма «Прогноз», ООО «ИнжГеоСервис», ООО «ПРИЗ», ООО «Геокад», ООО «Стройпроект», НПО «ТюмГАСУ», ООО «СКДС», ОАО «ПИР «ТюменьДорПроект».

Грунтовые лаборатории, участвовавшие в выборке: ООО «Нипин», ООО Фирма «Прогноз», ООО НПО «АрктикПромИзыскания», ООО «ПРИЗ», ИП Митрофанов А.Ю., ООО «ГеоЛаб», ООО «Стройизыскания», НПО «ТюмГАСУ», ОАО «ПИИ ТюменьДорПроект», лаборатория, не указанная в отчете.

Заказчиками инженерно-изыскательских работ являлись основные застройщики г. Тюмени: ОАО «ТДСК», ГК ARSIB Development, ГК «Брусника», ГК «ЭНКО», ГК «Навигатор. Девелопмент», ГК «ТИС», СЗ «ЖБИ-3 Девелопмент», ГК «Талан», ООО «Создатели», АО «Страна Девелопмент». Таким образом, выборка представлена инженерно-геологическими отчетами изыскательских компаний, активно участвующих в гражданском строительстве г. Тюмени. Хотя исследуемые отчеты и представляют со-

бой законченные продукты, изыскательские компании являются традиционными контрагентами застройщиков города, поэтому данная выборка может являться репрезентативной для гражданского строительства в Тюмени.

Так как цель данной работы состояла в комплексной оценке качества инженерно-геологических изысканий, а не качества материалов конкретных изыскательских организаций или грунтовых лабораторий, результаты исследований из этических соображений представлены в обезличенном виде.

Для оценки качества лабораторных образцов по методике Лунне (таблица 1) необходимо было определить коэффициент переуплотнения OCR. Принималось, что для всех рассмотренных отчетов площадки исследования не были подвергнуты каким-либо нагрузкам и сложены грунтами верхне-четвертичного (Q_{III}) и современного (Q_{IV}) отложения, поэтому коэффициент OCR был равен единице.

В процентном соотношении выборка грунтов из паспортов компрессионных испытаний имела следующее деление по виду: глины – 22.2 %, суглинки – 72.5 %, супеси – 5.3 %. Преобладание суглинков в целом характерно для грунтовых условий г. Тюмени и юга Тюменской области [13].

Согласно всем отчетам, степень реконсолидации при проведении компрессионных испытаний и последующем определении модуля деформации отсутствовала.

Все исследуемые изыскательские организации использовали для бурения и отбора образцов механическое колонковое бурение. Диаметр скважин – от 108 до 160 мм при глубине до 20–35 м.

Оценка качества образцов грунта включала следующие мероприятия. Вначале для каждого инженерно-геологического отчета в базу данных заносилась общая информация об изыскательской организации и грунтовой лаборатории, способе бурения и отбора образцов. Затем для каждого паспорта компрессионных испытаний фиксировалась глубина отбора образца, вид грунта и его физические характеристики, определялось бытовое давление на образец грунта. Для этого использовались данные инженерно-геологических колонок и таблица физико-механических свойств выделенных ИГЭ. Так как программы компрессионных испытаний не содержали этап реконсолидации, каждая компрессионная кривая аппроксимировалась наиболее подходящей функцией для создания на компрессионной кривой точки, равной бытовому давлению. Далее, с учетом параметров исходного состояния каждого образца грунта и его параметров при приложении бытового давления определялось качество данного образца.

Для косвенной оценки использовалась методика норвежского инженера-геотехника Терье Финн Лунне [7]. Так как она основана на испытании морских глинистых грунтов от мягкопластичной до текучей консистенции и проведении компрессионных испытаний со ступенями нагрузки не более трех часов, что указано в СП 23.13330.2018, для основной оценки использовалась методика австрийского и американского инженера-геолога Карла Терцаги [8], которая не имеет существенных ограничений к применению.

3. Результаты и обсуждение

Собранная информация в виде базы данных позволила оценить каждую изыскательскую организацию и грунтовую лабораторию отдельно и в совокупности, оценить влияние вида грунта, консистенции и глубины отбора на качество образца.

Результаты общей оценки образцов грунта представлены в виде диаграмм (рис. 1). Совокупная оценка всех данных по всей толще изучаемых грунтов показала, что качество лабораторных образцов грунта неудовлетворительное: более 60 % образцов низкого качества («плохого» и «очень плохого») по Лунне, D и E по Терцаги – для них рекомендуется определение только физических параметров). Оценка качества по обоим методикам показала достаточно близкие результаты, поэтому в дальнейшем использовалась методика Терцаги как более универсальная. В связи с выявленным низким качеством образцов грунта потребовалось определить факторы, которые привели к такому результату.

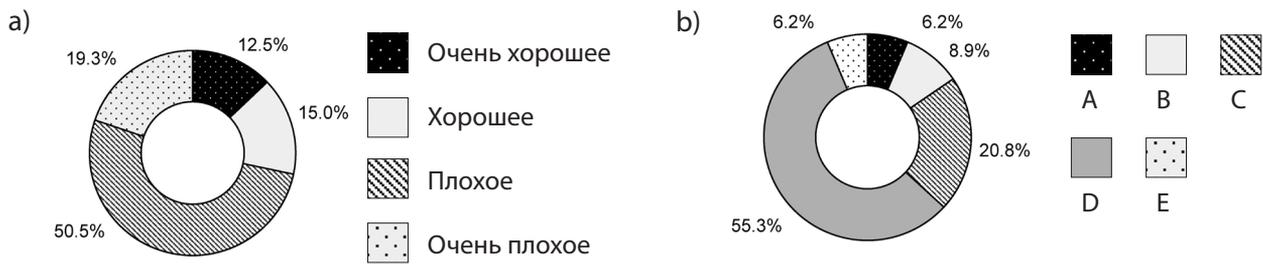


Рис. 1. Общая оценка качества лабораторных образцов грунта: а) по Лунне; б) по Терцаги (диаграммы составлены авторами)
 Fig. 1. General assessment of laboratory soil sample quality: a) using the Lunne method; b) using the Terzaghi method (diagrams created by the authors)

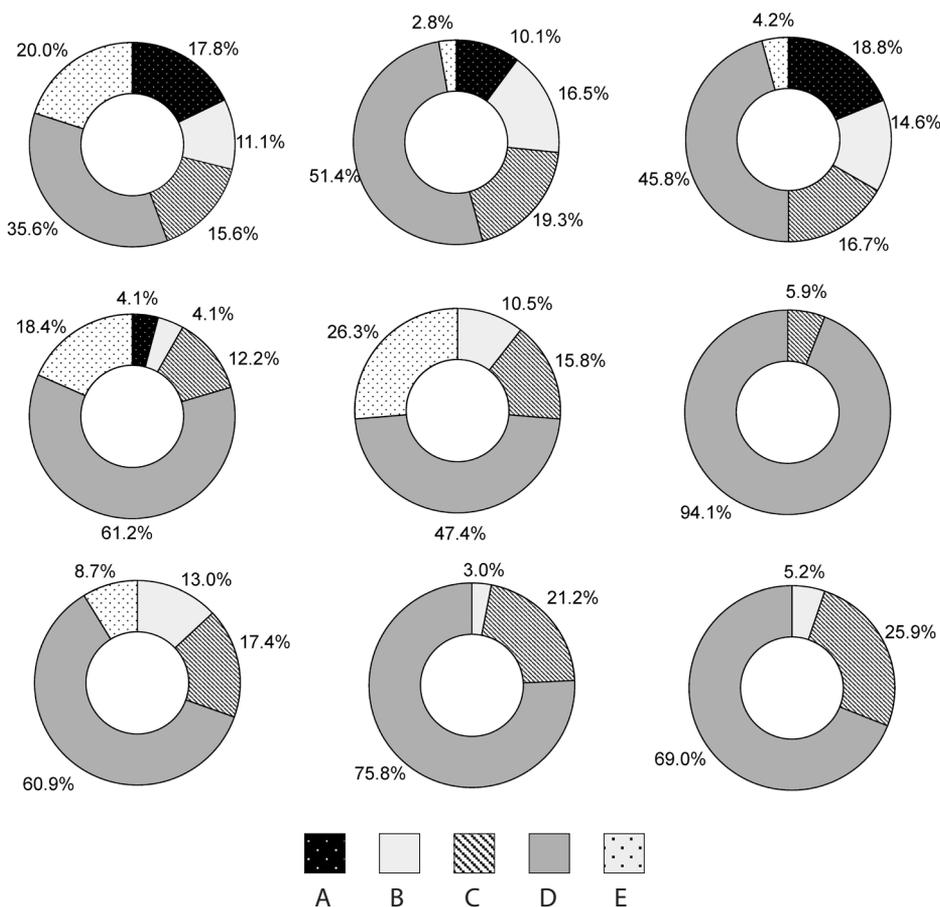


Рис. 2. Оценка качества образцов грунта по методу Терцаги для каждой изыскательской организации (диаграммы составлены авторами)
 Fig. 2. Soil sample quality assessment for each survey organization using Terzaghi method (diagrams created by the authors)

После оценки каждой изыскательской организации (без указания ее названия) была проведена оценка качества образцов грунта по методу Терцаги для каждой организации отдельно (рис. 2). Более 50 % образцов грунта, отраженных в отчетах, имели низкое качество (только для определения физических параметров), при этом у отдельных организаций отсутствовали образцы хорошего качества, необходимые для определения механических характеристик. Это существенным образом

влияло на качество отчета по инженерным изысканиям и, как следствие, на надежность принятых проектных решений.

Схожие результаты были получены и для грунтовых лабораторий.

Оценка влияния вида и консистенции глинистого грунта на качество лабораторного образца (рис. 3) показала, что вне зависимости от вида глинистого грунта (глина, суглинок или супесь) на качество образца существенное воздействие оказывает консистенция. Глинистые грунты твердой и полутвердой консистенции лучше, чем грунты с более высоким показателем текучести, сохраняли природную структуру. Данные результаты вполне логичны, образцы с выраженной пластичностью и текучестью больше других подвержены деформированию.

Оценка влияния глубины отбора на сохранение структуры образцов грунта (рис. 4) позволила сделать вывод, что до 90 % образцов грунта удовлетворительного качества (А и В по классификации Терцаги) находились на глубине, не превышающей 6.0 м, и только для них могли быть получены надежные механические характеристики. При увеличении глубины до 12.0 м происходило снижение качества до неудовлетворительного (С и D по классификации Терцаги) – по образцам грунта могли

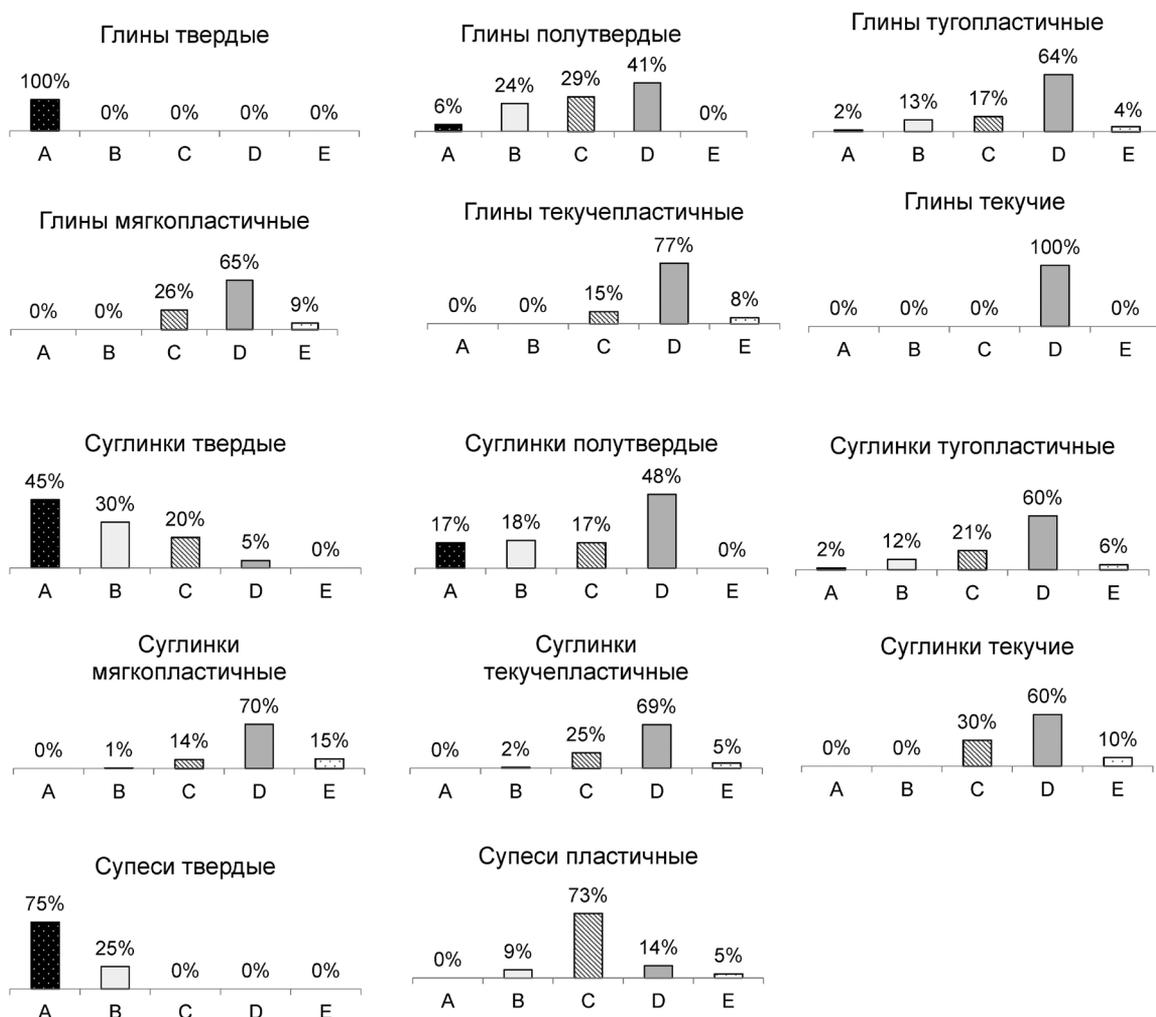


Рис. 3. Оценка качества образцов грунта по методу Терцаги в зависимости от вида и консистенции грунта (диаграммы составлены авторами)
 Fig. 3. Soil sample quality assessment using the Terzaghi method, classified by soil type and consistency (diagrams created by the authors)

быть определены только отдельные физические характеристики. Качество образцов, отобранных на глубине более 12.0 м, также было неудовлетворительным (преимущественно D по классификации Терцаги). Влияние глубины отбора на качество образцов грунта существенно, во многом это объясняется снятием с образца грунта бытового давления при его отборе и последующем разуплотнении. Отличие от качества D отдельных образцов грунта, находившихся на глубине более 12.0 м, было связано с консистенцией глинистого грунта (твердой, полутвердой – текучепластичной, текучей). На качество образцов, отобранных на глубине менее 6.0 м, консистенция оказывала меньшее влияние.

4. Заключение

Проведенное исследование позволило сделать вывод о низком качестве инженерно-геологических изысканий, особенно для глинистых образцов грунта с консистенцией $IL > 0.25$, а также для образцов, отобранных на глубине более 6.0 м (рис. 4). Учитывая, что в выборку были включены изыскательские организации, являющиеся традиционными партнерами застройщиков города, можно сделать вывод, что в целом качество проведения инженерно-геологических изысканий в г. Тюмени и Тюменском районе требует повышения.

Невозможно определить, на каком этапе – полевом или лабораторном, – происходит существенное изменение структуры образцов грунта. Для повышения качества лабораторных образцов грунта изыскательским организациям необходимо провести контроль качества на каждом этапе изысканий: на полевом – бурение, отбор, описание, упаковка, транспортировка; на лабораторном – хранение, подготовка и само испытание, обработка результатов. Необходим контроль качества и

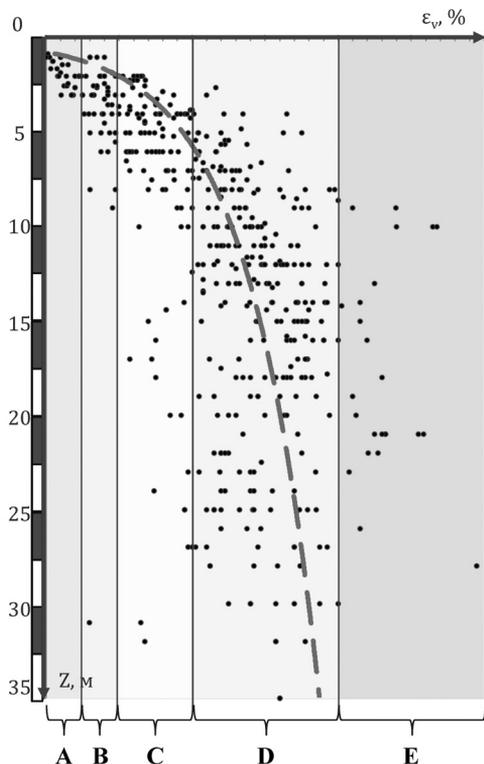


Рис. 4. Общая оценка качества образцов грунта по методу Терцаги в зависимости от глубины отбора (график составлен авторами)

Fig. 4. General assessment of soil sample quality using the Terzaghi method, classified by sampling depth (graph created by the authors)

соблюдение требований всех нормативных документов, для ответственных объектов рекомендуется проводить надзор (супервайзинг) сторонней специализированной организацией [14].

Так как на качество образцов грунта существенно влияет как глубина отбора, так и консистенция, организациям необходимо разработать регламент проведения работ и предусмотреть в нем способ отбора, упаковки и транспортировки образцов.

В состав полевой группы как минимум должны входить буровой мастер, помощник бурового мастера и полевой геолог. Все специалисты должны регулярно проходить повышение квалификации. Ответственность и обязанности каждой штатной единицы должны быть строго регламентированы.

Перед проведением лабораторных испытаний рекомендуется отдавать приоритет глинистым грунтам с более высокими значениями консистенции (например, основываясь на данных реестра образцов грунта или бурового журнала).

Данные мероприятия не являются затратными и материалоемкими, поэтому должны рассматриваться как первоочередные. Следование этим рекомендациям должно повысить качество

образцов грунта, которое необходимо оценивать при камеральной обработке. В случае, если повышения качества не произойдет, следует поменять способ упаковки, транспортировки или отбора (возможно, и способ бурения). К примеру, для отбора образцов грунта использовать грунтоносы или двойное колонковое бурение; для упаковки образцов грунта – жесткие обоймы или гильзы, для транспортировки – грунтовые ящики с возможностью вертикальной транспортировки без ударных воздействий.

Также следует указать, что при проведении компрессионных испытаний отсутствует этап реконсолидации, поэтому для образцов грунта рекомендуется назначать на одну ступень нагружения больше, особенно для залегающих на глубине.

Проведение инженерно-геологических изысканий является сложным и ответственным процессом, ошибки, допущенные при производстве работ, переходят на следующие этапы строительства и отражаются на проектировании. К сожалению, на качество изысканий влияет и финансовая составляющая. Стремление заказчика к экономии может стать причиной формального подхода к данному этапу работ. Наличие данного фактора практически невозможно оценить стороннему специалисту, но следует принимать его во внимание.

Так как инженерно-геологические изыскания являются основой проектирования и строительства, залогом надежной, долговечной и безаварийной эксплуатации объектов строительства, данный процесс необходимо контролировать и качественно оценивать [15, 16]. В настоящее время оценка качества лабораторных образцов грунта нормативно не закреплена и не используется при подготовке инженерно-геологических отчетов. Как показало данное исследование, инженерно-геологические изыскания для гражданского строительства г. Тюмени и Тюменского района основываются на образцах грунта низкого качества, что существенно влияет на достоверность механических характеристик ИГЭ. Количественно оценить данное влияние без контрольных изысканий невозможно, но, по мнению различных исследователей [4, 6–8], достоверность характеристик снижается не менее чем на 20 %.

 **Вклад авторов.** Мельников Р. В. – разработка и обоснование концепции исследования, анализ и обобщение результатов исследования, написание текста рукописи; Косинова З. А. – анализ и обобщение данных литературы, проведение экспериментального исследования, анализ и обобщение результатов исследования; Рачков Д. В. – работа с графическим материалом, редактирование и оформление текста рукописи.

Author contributions. Roman V. Melnikov, developed and justified the research concept, analyzed and summarized the research results, and wrote the manuscript; Zlata A. Kosinova, analyzed and summarized existing literature, conducted the experimental research, analyzed and summarized the research results; Dmitry V. Rachkov, worked with the graphic materials, edited, and formatted the manuscript.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no relevant conflict of interest.

Список литературы

1. Nicoletti J. V. M., Franchi M. R. A., Motomiya A. V. de A., Motomiya W. R., Molin J. P. Efficiency and quality of soil sampling according to a sampling tool. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2023;27(6):480–486. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/AGRIAMBI.V27N6P480-486>
2. Кропоткин М. П. Фоменко И. К. Инженерно-геологические изыскания в России сегодня: проблемы нормативной технической документации, экспертизы и контроля качества. *Инженерные изыскания*. 2021;15(5-6):8–23. <https://doi.org/10.25296/1997-8650-2021-15-5-6-8-23>
3. Hiroyuki Tanaka, Pankaj Sharma, Takashi Tsuchida, Masanori Tanaka. Comparative Study on Sample Quality Using Several Types of Samplers. *Soils and Foundations*. 1996;36(2):57–68. https://doi.org/10.3208/SANDF.36.2_57
4. Тычина Н. И. Исследования влияния конструкций грунтоносов и способов их погружения на свойства грунтов в монолитах, отбираемых из буровых скважин: автореф. дис. канд. техн. наук. М.: ПНИИИС; 1971. 146 с.

5. Mabit L., Fulajtar E., Toloza A., Ochoa V., Maestroni B. Implementation and Optimization of Soil Sampling: Some Practical Guidance and Considerations. In: *Integrated Analytical Approaches for Pesticide Management*. 2018. P. 47–63. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816155-5.00004-X>
6. Terzaghi K., Peck Ralph B., Mesri G. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons; 1996. 592 p. Available at: <https://archive.org/details/soil-mechanics-in-engineering-practice-1996-by-karl-terzaghi-ralph-b.-peck-gholamreza-mesri/page/n1/mode/2up>.
7. Lunne T., Berre T., Strandvik S. Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay. *Symposium on Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics*. 1997. P. 81–102. Available at: <https://trid.trb.org/View/476476>.
8. Васенин В. А. Статистическая оценка параметров нарушения природной структуры лабораторных образцов глинистых отложений при инженерно-геологических изысканиях на территории Санкт-Петербурга и окрестностей. *Инженерная геология*. 2018;XIII(6):48–65. <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2018-13-6-48-65>
9. Lacasse S., Berre T., Lefebvre G. Block sampling of sensitive clays. In: *11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (San Francisco)*. 1985. P. 887–892. Available at: <https://www.issmge.org/publications/publication/block-sampling-of-sensitive-clays>.
10. Юшков И. А., Глущенко Е. С. Разработка бурового устройства со съёмным керноприемником для бурения инженерно-геологических скважин. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Ґрничо-геологічна*. 2012;2(17):117–126. Режим доступа: http://ea.donntu.ru:8080/bitstream/123456789/29030/1/Npdntu_gg_2012_2_21.pdf.
11. Иовлев Г. А., Пискунов Н. С., Бахвалов Е. Д., Очкуров В. И. Методы оптимизации параметров нелинейных грунтовых моделей для инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2022;(7):148–163. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_7_0_148
12. Хачатрян В. А. Качество инженерно-геологических изысканий и особенности современных геотехнических расчетов. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2016;(5-1):110–114. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26100659_95011880.pdf.
13. Пронозин Я. А., Малышкин А. П., Наумкина Ю. В., Епифанцев Л. Р., Мельников Р. В., Порошин О. С. и др. *Геотехника Тюмени. Наука и инновации*. Тюмень: Тюменский индустриальный университет; 2024. 198 с.
14. Присс О. Г., Димитрюк Ю. С. Контроль качества инженерных изысканий – гарантия безаварийной эксплуатации объекта. *Инженерный вестник Дона*. 2023;(1):516–532. Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2023/8173>.
15. Макарычев К. В., Анжаурова К. С. Аварии зданий и сооружений вызванные ошибками при производстве инженерных изысканий. *Современные научные исследования и инновации*. 2020;(6). Режим доступа: <https://web.snauka.ru/issues/2020/06/92683>.
16. Степанов М. А., Мальцева Т. В., Краев А. Н., Бартоломей Л. А., Караулов А. М. Устранение прогрессирующего развития неравномерности осадок многоэтажного жилого дома на ленточных свайных фундаментах. *Интернет-журнал «Науковедение»*. 2017;9(4). Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/62TVN417.pdf>.

References

1. Nicoletti J. V. M., Franchi M. R. A., Motomiya A. V. de A., Motomiya W. R., Molin J. P. Efficiency and quality of soil sampling according to a sampling tool. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2023;27(6):480–486. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/AGRIAMBI.V27N6P480-486>
2. Kropotkin M. P., Fomenko I. K. Engineering-geological surveys in Russia today: problems of regulatory technical documentation, expertise, and quality control. *Engineering Survey*. 2021;15(5-6):8–23. (In Russ.) <https://doi.org/10.25296/1997-8650-2021-15-5-6-8-23>
3. Hiroyuki Tanaka, Pankaj Sharma, Takashi Tsuchida, Masanori Tanaka. Comparative Study on Sample Quality Using Several Types of Samplers. *Soils and Foundations*. 1996;36(2):57–68. https://doi.org/10.3208/SANDF.36.2_57
4. Tychina N. I. *Investigations of the influence of designs of soil carriers and methods of their immersion on the properties of soils in monoliths, selected from boreholes*. Moscow: PNIIS; 1971. (In Russ.)
5. Mabit L., Fulajtar E., Toloza A., Ochoa V., Maestroni B. Implementation and Optimization of Soil Sampling: Some Practical Guidance and Considerations. In: *Integrated Analytical Approaches for Pesticide Management*. 2018. P. 47–63. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816155-5.00004-X>
6. Terzaghi K., Peck Ralph B., Mesri G. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons; 1996. 592 p. Available at: <https://archive.org/details/soil-mechanics-in-engineering-practice-1996-by-karl-terzaghi-ralph-b.-peck-gholamreza-mesri/page/n1/mode/2up>.

7. Lunne T., Berre T., Strandvik S. Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay. *Symposium on Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics*. 1997. P. 81–102. Available at: <https://trid.trb.org/View/476476>.
8. Vasenin V. A. Evaluation of disturbed parameters of the natural structure of the laboratory samples of clay deposits during engineering and geological surveys in Saint Petersburg territory and nearest areas. *Inzhenernaya Geologiya*. 2018;XIII(6):48–65. (In Russ.) <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2018-13-6-48-65>
9. Lacasse S., Berre T., Lefebvre G. Block sampling of sensitive clays. In: *11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (San Francisco)*. 1985. P. 887–892. Available at: <https://www.issmge.org/publications/publication/block-sampling-of-sensitive-clays>.
10. Yushkov I., Gluschenko Ye. Development of a drilling tool with a removable core-sampler for engineering-geological drilling. *Naukovi pratsi Donets'kogo natsional'nogo tekhnichnogo universitetu. Seriya: Girnichogeologichna*. 212;2(17):117–126. (In Ukr.) Available at: http://ea.donntu.ru:8080/bitstream/123456789/29030/1/Npdntu_gg_2012_2_21.pdf.
11. Iovlev G. A., Piscunov N. S., Bahvalov E. D., Ochukurov V. I. Optimizing nonlinear soil body models for geotechnical conditions of Saint-Petersburg. *Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)*. 2022;7:148–163. (In Russ.) https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_7_0_148
12. Khachatryan V. A. Quality of engineering-geological surveys and peculiarities of modern geotechnical calculations. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2016;(5-1):110–114. (In Russ.) Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26100659_95011880.pdf.
13. Pronozin Ya. A., Malyshev A. P., Naumkina Yu. V., Epifantsev L. R., Mel'nikov R. V., Poroshin O. S. et al. *Tyumen Geotechnics. Science and innovations*. Tyumen: Industrial university of Tyumen; 2024. (In Russ.)
14. Priss O.G., Dimitryuk J. S. Quality control of engineering surveys is a guarantee of trouble – free operation of the facility. *Engineering Journal of Don*. 2023;(1):516–532. (In Russ.) Available at: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8173>.
15. Makarychev K.V., Anzhaurova K.S. Accidents of buildings and structures caused by errors in engineering surveys. *Electronic scientific & practical journal "Modern scientific researches and innovations"*. 2020;6. (In Russ.) Available at: <https://web.snauka.ru/issues/2020/06/92683>.
16. Stepanov M. A., Maltseva T. V., Kraev A. N., Bartholomew L. A., Karaulov A. M. Elimination of the progressive development of uneven sedimentation of a multi-storey residential house on tape pile foundations. *Naukovedenie*. 2017;9(4). (In Russ.) Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/62TVN417.pdf>.



Информация об авторах

Мельников Роман Викторович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры строительного производства, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация, melnikovrv@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8369-3206>

Косинова Злата Андреевна, магистрант кафедры строительного производства, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация, karter.dekart@yandex.ru

Рачков Дмитрий Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры строительного производства, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация, rachkovdv@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7057-5676>

Information about the authors

Roman V. Melnikov, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor in the Department of Construction Production, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation, melnikovrv@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8369-3206>

Zlata A. Kosinova, Graduate Student in the Department of Construction Production, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation, karter.dekart@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7057-5676>

Dmitry V. Rachkov, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor in the Department of Construction Production, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation, rachkovdv@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7057-5676>

Получена 16 июня 2024 г., одобрена 05 сентября 2024 г., принята к публикации 20 сентября 2024 г.
Received 16 June 2024, Approved 05 September 2024, Accepted for publication 20 September 2024