

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА **ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН** В МОДИФИКАЦИИ СЕЙСМОТОМОГРАФИИ

АДЕВОЙИН О.О.

Физический факультет Университета
Ковенанта, г. Ота, Нигерия
olusegun.adewoyin@covenantuniversity.
edu.ng

ДЖОШУА Э.О.

Университет Ибадана, г. Ибадан,
шт. Ойо, Нигерия

АКИНЬЕМИ М.Л.

Физический факультет Университета
Ковенанта, г. Ота, Нигерия

ОМЕДЖЕ М.

Физический факультет Университета
Ковенанта, г. Ота, Нигерия

АДАГУНОДО Т.А.

Физический факультет Университета
Ковенанта, г. Ота, Нигерия

ДЖОЭЛ Э.С.

Физический факультет Университета
Ковенанта, г. Ота, Нигерия

АННОТАЦИЯ

Представляем вниманию читателей немного сокращенный и адаптированный перевод доклада нигерийских изыскателей «Инженерные изыскания с использованием метода преломленных волн в модификации сейсмотомографии» (Adewoyin et al., 2020). Этот доклад был сделан в городе Ота (Нигерия) на 4-й Международной конференции по науке и устойчивому развитию «Достижения в области науки и технологий для устойчивого развития» (ICSSD 2020). Он также был опубликован в виде статьи в журнале Earth and Environmental Science («Науки о Земле и окружающей среде») издательством британской благотворительной научной организации IOP (Institute of Physics – «Институт физики»), ставшей поистине международной. Эта статья находится в открытом доступе по лицензии CC BY 3.0, которая позволяет распространять, переводить, адаптировать и дополнять ее при условии указания типов изменений и ссылки на первоисточник. В нашем случае полная ссылка на источник для представленного перевода (Adewoyin et al., 2020) приведена в конце.

В этом исследовании для получения двумерной информации о верхней части геологического разреза использовался метод преломленных волн (МПВ) в модификации сейсмотомографии вместе с бурением скважин, откопкой шурфов и полевыми испытаниями на внедрение конусного зонда (методом СРТ). Такой подход упрощает описание подповерхностных условий на относительно большой территории, особенно когда это необходимо для гражданского строительства.

Результаты применения МПВ выявили три слоя, которые характеризуются разными скоростями распространения сейсмических волн. Сопоставление результатов применения МПВ, бурения, откопки шурфов и СРТ показало, что третий от поверхности слой является наиболее компетентным (лучше всего подходит для выдерживания предполагаемых нагрузок от строительного объекта), а глубина залегания его кровли на исследованной территории в среднем составляет от 7 до 10 м.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

инженерные изыскания; метод преломленных волн; сейсмическая томография; бурение; статическое зондирование; шурф.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Адевойин О.О., Джошуа Э.О., Акинъеми М.Л., Омедже М., Адагунодо Т.А., Джоэл Э.С. Инженерные изыскания с использованием метода преломленных волн в модификации сейсмотомографии (пер. с англ.) // Геоинфо. 2023. Т. 5. № 9/10. С. 6–10 DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-9/10-6–10

ENGINEERING SITE INVESTIGATIONS USING SURFACE **SEISMIC REFRACTION** TECHNIQUE

ADEWOYIN O.O.

Department of Physics, Covenant University, Ota, Nigeria
olusegun.adewoyin@covenantuniversity.edu.ng

JOSHUA E.O.

University of Ibadan, Ibadan, Oyo State, Nigeria

AKINYEMI M.L.

Department of Physics, Covenant University, Ota, Nigeria

OMEJE M.

Department of Physics, Covenant University, Ota, Nigeria

ADAGUNODO T.A.

Department of Physics, Covenant University, Ota, Nigeria

JOEL E.S.

Department of Physics, Covenant University, Ota, Nigeria

ABSTRACT

We present a slightly abridged and adapted translation of the report "Engineering site investigations using surface seismic refraction technique" by Nigerian engineering surveyors (Adewoyin et al., 2020). This report was presented at the 4th International Conference on Science and Sustainable Development "Advances in Sciences and Technology for Sustainable Development" (ICSSD 2020) in Ota, Nigeria. It was also published as an article in the "Earth and Environmental Science" journal by the publishing company of the British scientific society "Institute of Physics" (IOP) that is now virtually international. It is an open access article under the CC BY 3.0 license that allows it to be distributed, translated, adapted, and supplemented, provided that the types of changes are noted and the original source is referred to. In our case, the full reference to the original paper (Adewoyin et al., 2020) for the presented translation is given in the end.

In this study, surface seismic refraction method together with drilling wells, digging test pits and performing cone penetration tests (CPT) were used to provide 2D information of the subsurface geological features. This approach simplifies the characterization of the subsurface conditions of a relatively large area, especially when it is required for engineering construction purposes.

The results of using the seismic refraction method revealed three layers that were characterized by different seismic velocities.

Comparing the results of using the seismic refraction method, drilling wells, digging test pits, and CPT indicated that the third (from the surface) layer was the most competent for construction. The depth of its top in the investigated site was varied on the average between 7 and 10 m.

KEYWORDS:

site investigation; seismic refraction method; seismic tomography; drilling wells; investigation; static probing (cone penetration testing); test pit.

FOR CITATION:

Adewoyin O.O., Joshua E.O., Akinyemi M.L., Omeje M., Adagunodo T.A., Joel E.S. *Inzhenernyie izyskaniya s ispol'zovaniyem metoda prelomlennykh voln v modifikatsii seismotomografii [Engineering site investigations using surface seismic refraction technique] (translated from English into Russian) // Geoinfo. 2023. T. 5. № 9/10 S. 6–10 DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-9/10-6-10 (in Rus.)*

Введение ►

Для принятия решений о наилучшем использовании территорий во многих областях и прежде всего для гражданского строительства большое значение имеют адекватные данные о строении верхней части геологического разреза. Использование участка с неудовлетворительными подповерхностными условиями может привести к обрушению или разрушению построенного на нем здания, к соответствующим материальным потерям и к гибели людей.

Исследования показали, что большинство крупных городов и густонаселенных районов, например портовый город Лагос в Нигерии, расположено на слабых грунтах (эстуариевых, современ-

ных или других отложениях с похожими характеристиками) [1, 2].

Наиболее часто используемые методы определения характеристик грунтов основаны на бурении, откопке шурфов и на лабораторных исследованиях образцов. Но результаты, полученные с помощью этих подходов, часто ограничиваются точечными данными, и их трудно использовать при изучении весьма обширных территорий [3–7]. К тому же из-за неоднородных подповерхностных условий результаты точечных исследований нельзя относить к другим частям даже относительно небольшого участка будущего строительства.

Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно оценивать инженерно-геологические разрезы площадок на их при-

годность для строительства и другими методами, особенно геофизическими.

К популярным геофизическим методам, используемым для инженерных изысканий, относятся в том числе методы электрических сопротивлений, многоканальный анализ поверхностных волн (MASW), метод преломленных волн (МПВ) и др. [8]. Одним из основных геофизических методов, использование которых не влияет на строение и состояние грунтовых массивов, является МПВ [9, 10]. Именно поэтому в данном исследовании и был использован этот метод в модификации сейсмической томографии для определения пригодности исследуемой территории для строительства.



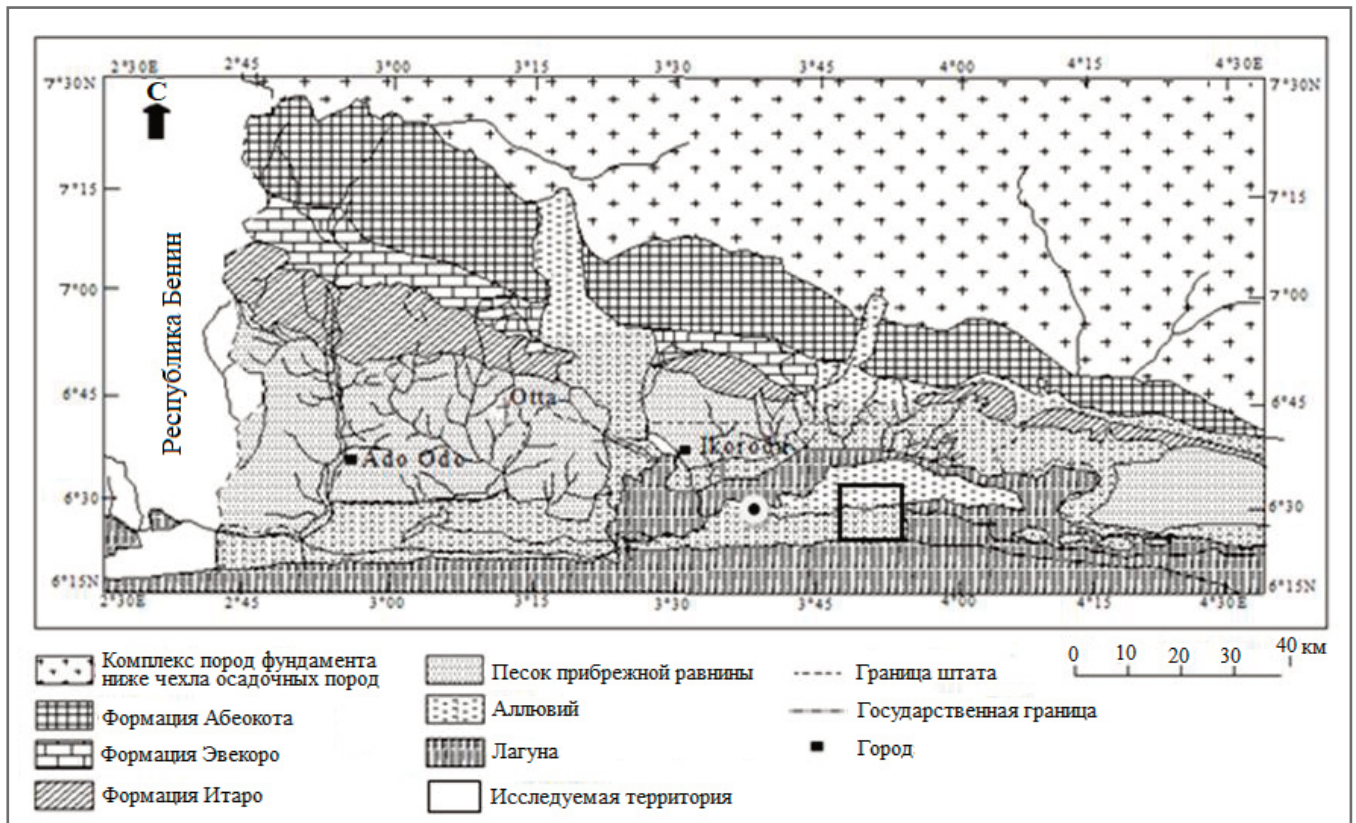


Рис. 1. Геологическая карта исследуемой территории [2]

Геологические условия исследуемой территории ►

Исследуемая территория располагается в районе местного самоуправления Эти-Оса в юго-восточной части штата Лагос на юго-западе Нигерии – между $6^{\circ} 30' 37''$ и $6^{\circ} 30' 18''$ с.ш. и между $3^{\circ} 36' 3''$ и $3^{\circ} 35' 34''$ в.д. (рис. 1). Она находится недалеко от восточной окраины нигерийского сектора бассейна реки Бенин в зоне устьев рек и лагун с песчаными барьерными пляжами и сложена переслаивающимися глинами и песками, представляющими собой типичные морские отложения. Эти отложения переходят друг в друга и сильно варьируют как по простиранию, так и по мощности [11].

Материалы и методы ►

На территории изысканий было пройдено семь профилей методом преломленных волн в модификации сейсмической томографии. Длина профилей составляла от 48 до 200 м. В качестве источника сейсмических волн применялся молот весом 15 кг. Для сбора данных использовался 24-канальный сейсмограф Terraloc МК-6. Расстояние между сейсмоприемниками составляло 2 м, чтобы обеспечить необходимую глубину исследований. Удары молотом по металлической плашке на поверхности земли выпол-

нялись в разных точках при перемещении вдоль профилей.

Полученные данные были проанализированы с использованием программы SeisImager/2D™. После их обработки результаты решения обратных задач сейсморазведки (инверсионных преобразований) выводились на экран [12, 13] (рис. 2).

Результаты и обсуждение ►

Двумерное исследование территории методом преломленных волн в модификации сейсмотомографии позволило описать горизонтальное и вертикальное распределение слагающих ее геологических слоев. В верхней части разреза было выявлено три слоя (см. рис. 2). Их толщина была переменной, что может быть результатом разных геологических процессов [13–15].

Толщина верхнего слоя варьировала от нуля до 5 м (или чуть больше). Этот слой характеризовался низкой сейсмической скоростью и был сочтен неуплотненным [12, 15, 16]. Как показало бурение, он сложен рыхлым сухим песком.

В точках 2 и 38 м по длине сейсмического профиля происходит максимальное «вторжение» геоматериалов первого слоя во второй.

Как показали геотехнические параметры, второй слой является полуплотненным [17–19]. Наблюдается по-

степенное уменьшение толщины этого слоя к другому концу профиля.

Второй слой сильно вторгся в третий между точками 2 и 26 м по длине профиля.

Третий слой характеризуется самой высокой сейсмической скоростью. Это говорит о том, что он является уплотненным [20, 21]. Его мощность в среднем больше, чем у первых двух слоев. И он является более компетентным, чем два других, – очевидно, вследствие состава или возраста составляющих его отложений.

Результаты, полученные в этом исследовании, хорошо согласовывались с известной информацией по региональной геологии исследуемого района, а также с данными по местной геологии, полученными при бурении скважин, откопке шурфов и полевых испытаний методом СРТ.

Заключение ►

В этом исследовании для описания геологического строения территории изысканий с целью определения глубины залегания наиболее компетентного слоя (который лучше всего подходит для выдерживания предполагаемых нагрузок от строительных объектов) использовался метод преломленных волн в модификации сейсмотомографии. Результаты были подкреплены данными

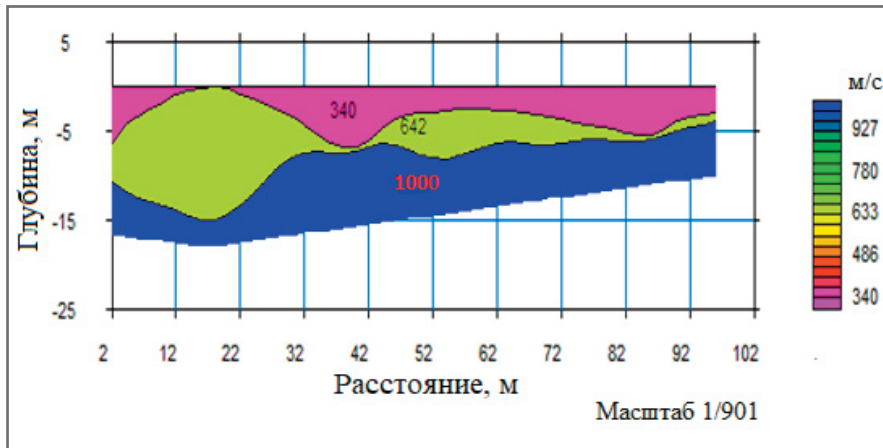


Рис. 2. 2D профиль, исследованный методом преломленных волн в модификации сейсмической томографии

по местной геологии, полученными с помощью бурения скважин, откопки шурфов и испытаний грунтов методом СРТ, а также известной информацией по региональной геологии.

Интерпретация результатов исследований методом преломленных волн показала, что территория изысканий до глубины около 18 м сложена тремя слоями. Верхний слой сложен неуплот-

ненным геоматериалом, второй – выветрелым или полуплотненным, третий – уплотненным.

Геотехнические исследования местной геологии показали, что первый от поверхности слой представляет собой рыхлый песок, второй – слабую песчанистую глину, третий (начиная с минимальной глубины 7 м) – более уплотненную песчанистую глину от полутвердой до твердой консистенции.

На основе сопоставления всех полученных результатов был сделан вывод, что нижняя часть второго слоя и третий слой являются наиболее механически устойчивыми в качестве грунтового основания для строительных объектов на исследуемой территории. **И**

Авторы выражают благодарность за всестороннюю поддержку Университету Ковенанта (Нигерия).

Источник для перевода ►

(Source for the translation) ►

Adewoyin O.O., Joshua E.O., Akinyemi M.L., Omeje M., Adagunodo T.A., Joel E.S. Engineering site investigations using surface seismic refraction technique // IOP Conference Series. Earth and Environmental Science. Vol. 655. Proceedings of the 4th International Conference on Science and Sustainable Development (ICSSD 2020) "Advances in Sciences and Technology for Sustainable Development", 3–5 August 2020, Center for Research, Innovation and Discovery, Covenant University, Ota, Nigeria. Article 012098. DOI:10.1088/1755-1315/655/1/012098. URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/655/1/012098/pdf.

Список литературы, использованной авторами переведенной статьи ►

(References used by the authors of the translated article) ►

1. Adapelumi A.A., Olorunfemi M.O. Engineering geological and geophysical investigation of the reclaimed Lekki, Peninsula, Lagos, South West Nigeria // Bulletin of Engineering, Geology and the Environment. 2000. Vol. 58. P. 125–132.
2. Adewoyin O.O., Joshua E.O., Akinwumi I.I., Omeje M., Joel E.S. Evaluation of geotechnical parameters using geophysical data // Journal of Engineering and Technological Science. 2017. Vol. 49. № 1. P. 95–113.
3. Alkroosh I.S., Bahadori M., Nikraz H., Bahadori A. Regressive approach for predicting bearing capacity of bored piles from cone penetration test data // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2015. Vol. 7. № 5. P. 584–592.
4. Altindag R. Correlation between P-wave velocity and some mechanical properties for sedimentary rocks // The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2012. Vol. 112. № 3. P. 229–237.
5. Atat J.G., Akpabio I.O., George N.J. Allowable bearing capacity for shallow foundation in Eket Local Government area, Akwa Ibom State, Southern Nigeria // International Journal of Geosciences. 2013. Vol. 4. P. 1491–1500.
6. Ayolabi E.A., Enoh I.J.E., Folorunsho A. F. Engineering site characterisation using 2-D and 3-D tomography // Earth Science Research. 2012. Vol. 2. № 1. P. 133–142.
7. Cai G., Puppala A.J., Liu S. Characterization on the correlation between shear wave velocity and piezocone tip resistance of Jiangsu clays // Engineering Geology. 2014. Vol. 171. P. 96–103.
8. Cardarelli E., Cercato M., De Donno G. Characterization of an earth-filled dam through the combined use of electrical resistivity tomography, P- and SH-wave seismic tomography and surface wave data // Journal of Applied Geophysics. 2014. Vol. 106. P. 87–95.
9. Das B.M. Principles of foundation engineering (6th Edition). Thomson, 2007. P. 90–91.
10. Deidda G.P., Ranieri G. Seismic tomography imaging of an embankment // Engineering Geology. 2005. Vol. 82. P. 32–42.
11. Eker A.M., Akgun H., Kockar M. K. Local site characterization and seismic zonation study by utilizing active and passive surface wave methods: a case study for the northern side of Ankara, Turkey // Engineering Geology. 2012. Vol. 151. P. 64–81.
12. Eker A.M., Kockar M.K., Akgun H. Evaluation of site effect within the tectonic basin in the northern side of Ankara // Engineering Geology. 2015. Vol. 192. P. 76–91.

13. Grelle G., Guadagno F.M. Seismic refraction methodology of groundwater level determination: "water seismic index" // Journal of Applied Geophysics. 2009. Vol. 68. P. 301–320.
14. Hunt R.E. Geotechnical engineering investigation handbook (2nd edition). 2005. P. 1–3.
15. Lorenzo J.M., Hicks J., Vera E.E. Integrated seismic and cone penetration test observations at a distressed earthen levee: Marrero, Louisiana, U.S.A. // Engineering Geology. 2014. Vol. 168. P. 59–68.
16. Martinez K., Mendoza J.A. Urban seismic site investigations for a new metro in central Copenhagen: near surface imaging using reflection, refraction and VSP methods // Physics and Chemistry of the Earth. 2011. Vol. 36. P. 1228–1236.
17. Mohamed A.M.E., Abdel Hafiez H.E., Taha M.A. Estimating the near-surface site response to mitigate earthquake disasters at the October 6th city, Egypt, using HVSR and seismic techniques // National Research Institute of Astronomy and Geophysics. 2013. Vol. 2. P. 146–165.
18. Mohamed A.M.E., Abu El Ata A.S.A., Azim F.A., Taha M.A. Site-specific shear wave velocity investigation for geotechnical engineering applications using seismic refraction and 2D multi-channel analysis of surface waves // NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics. National Research Institute of Astronomy and Geophysics, 2013. Vol. 2. P. 88–101.
19. Mohd H.Z.A., Rosli S., Fauziah A., Devapriya C.W., Mohamed F.T.B. Seismic refraction investigation in near surface landslides at the Kindasang area in Sabah, Malaysia // Procedia Engineering. Elsevier, Sciverse Science Direct, 2012. Vol. 50. P. 516–531.
20. Osazuwa I.B., Chinedu A.D. Seismic refraction tomography imaging of high-permeability zones beneath an earthen dam, in Zaria area, Nigeria // Journal of Applied Geophysics. 2008. Vol. 66. P. 44–58.
21. Pegah E., Liu H. Application of near-surface seismic refraction tomography and multichannel analysis of surface waves for geotechnical site characterization: a case study // Engineering Geology. 2016. Vol. 208. P. 100–113.

Независимый электронный журнал **ГеоИнфо**

**С 2022 года журнал «ГеоИнфо»
выходит в формате *PDF.
10 выпусков в год.**



WWW.GEOINFO.RU