

Геологічна будова заплавних територій р. Дніпро

Андрій РАЩЕНКО¹, Тетяна ДИПТАН², Олег МАЛИШЕВ³

Київський національний університет будівництва і архітектури

31, просп. Повітряних Сил, Київ, Україна, 03037,

¹raschenko.am@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-2948-3232

²dyptan.tv@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0003-2852-014X

³malyshev.ov@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-2804-6217

DOI: 10.32347/0475-1132.50.2025.210-226

Анотація. В сучасних умовах розвитку країни швидкими темпами відбувається забудова міст та приміської території, що спричинює її дефіцит, особливо в містах з великою кількістю населення. В таких умовах одним із можливих рішень розвитку міста є освоєння раніше непридатних ділянок, що можуть бути використані для будівництва. Такі ділянки включають території, що прорізані ярами, балками, заболочені чи заплавні (Малишев та ін., 2021), які в період паводків затоплюються водою. За рахунок наявності водоєм поряд із зазначеними територіями, можливий їх захист від підтоплення за рахунок підняття абсолютних позначок їх поверхні до незатоплюваних за допомогою використання наміву ґрунту способом гідромеханізації. Властивості таких нових техногенних утворень значною мірою відрізняються від природних, а в якості намівних використовуються піщані ґрунти. Таким способом створено велику кількість територій в різних країнах світу: Дубаї, Японія, Китай, США (Bridges, 1989), (Ball, 1974) та ін., що вказує на ефективність даного методу та його практичне значення (Sengupta, 2018), (Mojtahed-Zadeh, 2003) для розвитку міста.

В статті виділені особливості тектонічної будови, геологічного та геоморфологічного районування території м. Києва. Велику увагу приділено заплавному територіям р. Дніпро, які формувалися способом наміву. Такі майданчики створювалися, як правило, для нового будівництва та досить швидко забудовувалися будинками невеликої поверховості, основою для яких служили намівні ґрунти. Проведені інженерно-геологічні дослідження майданчиків після наміву та спостереження в часі за деформаціями основи дозволили встановити основні закономірності та правила будівництва на них.



Андрій РАЩЕНКО
ст. викладач кафедри
геотехніки



Тетяна ДИПТАН
ст. викладач кафедри
геотехніки



Олег МАЛИШЕВ
доцент кафедри
геотехніки
к.т.н., доц.

Сьогодні розвиток міста активно охоплює майданчики створені намівними ґрунтами, на яких активно будуються висотні будинки, торгові центри та інші будівлі, навантаження від яких необхідно передавати на надійні основи. Проте, в залежності від властивостей самих намівних ґрунтів так і від якості та підготовки основи на яку вони вкладаються можуть бути використані різні типи фундаментів, рішення про конструкцію яких приймається в кожному окремому випадку з урахуванням поверховості та типу будівель або споруд.

Ключові слова. Заплава, паводок, гідронамив, алювіальні відклади, намівні ґрунти, деформації, ущільнення.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Одним із напрямків територіального розвитку м. Києва стає освоєння непридатних для будівництва територій. Історично багато міст розташовані на берегах річок та в їх заплавах. Під час повені значні території цих ділянок стають затопленими. Освоєння таких територій передбачає створення поблизу річки майданчиків, які будуть підняті до незатоплюваних відміток способом наміву. Штучно намиті ґрунти складаються із піски, які внаслідок специфіки вкладання, суттєво відрізняються від пісків природного походження, як за фізичними характеристиками так і за розвитком деформацій в часі.

Аналіз вивчення намівних пісків показує, що для них характерні загальні закономірності: самоущільнення, ущільнення, стабілізація.

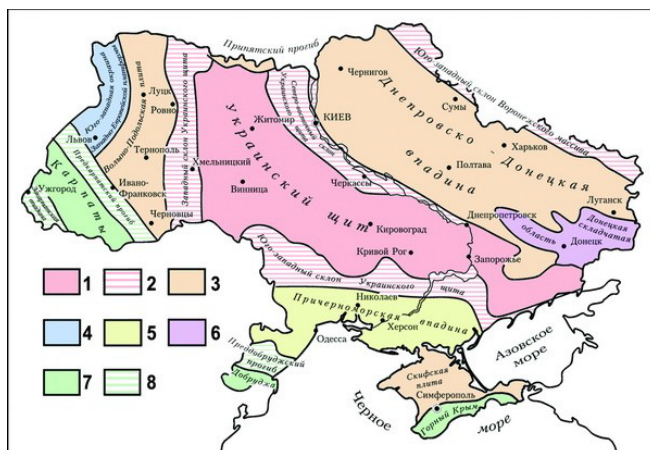
МЕТА РОБОТИ

Дослідження особливостей формування ґрунтів заплавної території р. Дніпро в межах м. Києва, аналіз основних методів наміву ґрунтів, вивчення архівних матеріалів та експериментальних даних досліджень ґрунтів та деформацій основ при будівництві споруд на намівних територіях для можливості аналізу результатів досліджень несучої здатності паль та пальових фундаментів.

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Територія України відноситься до східно-європейської платформи, в якій можливо виділити одинадцять основних тектонічних структур показано на Рис.1 (NVR, 2022), (Авіаційна метеорологічна станція Рівне, 2014): 1 – Український кристалічний щит; 2 – Ковельський виступ; 3 – Волино-Подільська плита; 4 – Карпатська складчаста область; 5 – Західно-Європейська платформа; 6 – Дніпровсько-Донецька западина; 7 – Воронежський масив; 8 – Донецька складчаста область; 9 – Причорноморська западина; 10 – Скіфська плита; 11 – Кримська складчаста система. Значна частина території України відноситься до Українського кристалічного щита, який характеризується стабільністю.

Його особливістю є умови залягання – на західній частині щита кристалічні породи залягають практично з поверхні, а на східній частині різко занурюються вниз: так, вздовж високого правого берега р. Дніпро ці породи залягають на глибинах 300...350 м, а вже на лівому березі ці породи залягають на глибинах більше 600 м. Відбувається перехід від Придніпровської височини до Придніпровської низини.



a)



b)

Рис.1. Основні тектонічні структури території України: а) тектонічна карта; б) карта рельєфу.
Fig.1. The main tectonic structures of Ukraine territory: a) tectonic map; b) relief map.

Таким чином, сучасне русло р. Дніпро протікає вздовж найбільшого тектонічного розлому країни, який знаходиться у стабільному стані.

В геоструктурному відношенні територія м. Києва відноситься до Дніпровсько-Донецької западини, на ділянці її примикання до Українського кристалічного щита, де кристалічні метаморфізовані породи знаходяться на глибині більше 300 м і перекриваються палеозойсько-кайнозойськими відкладами. Границею між ними є Дніпровський розлом.

Тектонічний режим характеризується повільними диференційними вертикальними висхідними і низхідними рухами земної кори. В сучасних умовах це не спричиняє особливих змін поверхні.

Геоморфологічна будова міста Києва є складною показано на Рис. 2, а. Підвищені ділянки відносяться до лесового плато, лесових останців та водно-льодовикових відкладів, що прорізані густою мережею ярів та балок.

Долина р. Дніпро характеризується явно вираженою асиметрією – високий правий „корінний” берег, що зазнає постійної дії

розмиву та перевідкладений низький лівий берег показано на Рис. 2, б.

З літературних джерел відомо, що давнє русло пра-Дніпра утворилося більше 1.2...1.5 млрд років тому приблизно на 95...110 км на схід від Києва. Як наслідок, територія лівого берега складена алювіальними терасами, що „притиснуті” одна до одної.

Потужність товщі алювіальних відкладів збільшується на схід від міста Києва.

Північна територія міста відноситься до заплави та характеризується значною заболоченістю, великою кількістю озер та лугів.

Відклади заплави ебН (або озерно-болотні відклади) у більшості випадків мають неоднорідність нашарувань показано на Рис.3. Це викликано, в першу чергу, умовами формування даних ґрунтів, що пов'язано з режимом роботи річки. Як правило переважають слабкі та сильно стисливі ґрунти, що мають незначну щільність, малий коефіцієнт фільтрації та характеризуються явищами вторинної консолідації під дією навантаження.

Такі ґрунти в Україні відносять до особливих.

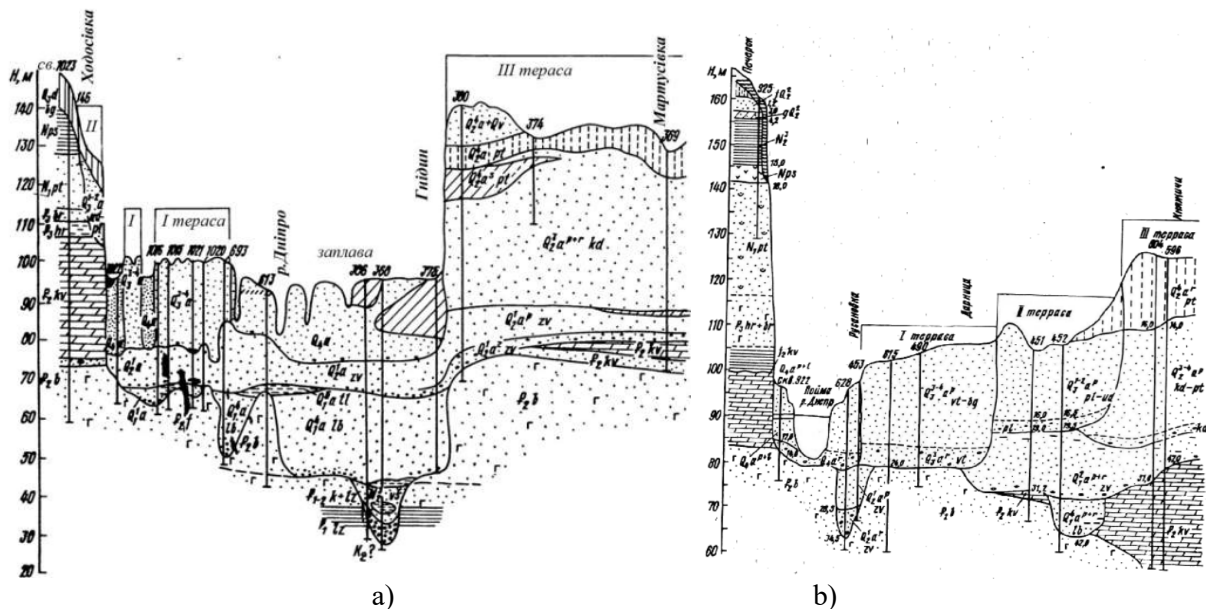


Рис.2. Геоморфологічне районування території м. Києва (а) (Barshchevskiy, 1989) та долини р.Дніпро (б) (Парникоза, 2013).

Fig.2. Geomorphological zoning of the Kyiv territory (а) (Barshchevskiy, 1989) and river Dnieper valley (б) (Парникоза, 2013).



Рис.3. Заплавні відклади р. Дніпро.
Fig.3. Floodplains of river Dnepr.

Малі показники міцності відкладів заправи викликані вмістом гумусу, ступенем його розкладеності та умовами формування цих ґрунтів у часі.

Наявність органіки різко знижує коефіцієнт фільтрації цих ґрунтів, що з врахуванням їх віку (відклади голоцену) вказує на недостатнє природне ущільнення.

Слабкі ґрунти залягають на сучасних алювіальних відкладах (пісках голоцену). Хоча нерідко і в самих пісках зустрічаються лінзи та прошарки торфу, мулу чи органічних ґрунтів приведено на Рис.4. Характеристики таких ґрунтів приведені в Табл.1.

Додатковою особливістю гумусованих ґрунтів є їх середня корозійна активність до бетону та висока корозійна активність до металу. Це необхідно враховувати при проектуванні та зведенні будівель і споруд на заплавних територіях: як правило для Київської області використовують бетон марки за водонепроникністю W6, W8.

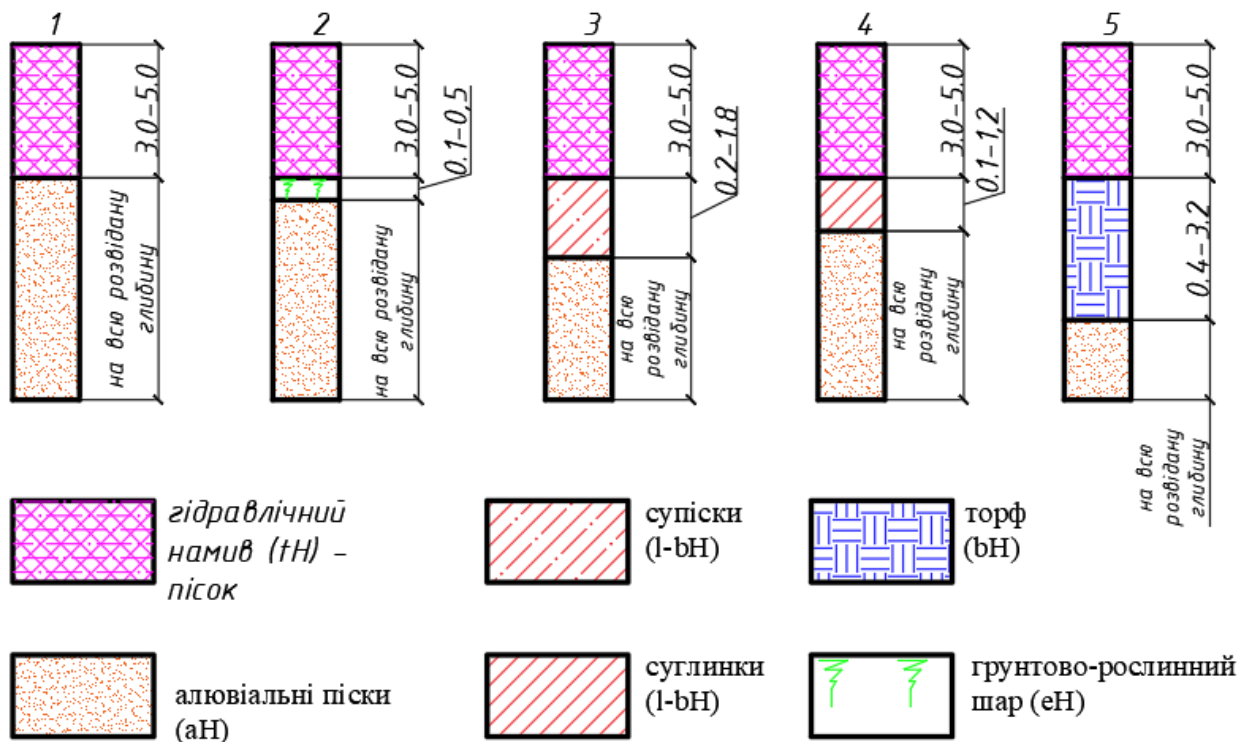


Рис.4. Заплавні відклади (можливі варіанти) (Слюсаренко, 1990).
Fig.4. Floodplain deposits (possible variants) (Слюсаренко, 1990).

Табл.1. Склад алювіальних заплавних ґрунтів (Слюсаренко, 1990)
 Table 1. The composition of floodplain alluvial soils (Слюсаренко, 1990)

Вид ґрунту	Щільність, ρ , г/см ³	Коефіцієнт фільтрації k_f , см/с	Ступінь вторинної консолідації m_v , см ³ /Н
Торф	1.09	0,00006	0.22...0.67
Глина заторфована	1.44	$0.4 \cdot 10^{-5}$	0.030
Супісок	1.94	0.004	0.006
Пісок замулений	1.97	0.023	0.007
Пісок мілкий	1.96	0.25	0.002

У 60-х роках минулого століття було прийнято рішення про освоєння заплавних територій на північній околиці міста Києва. Для цього необхідно було вирішити декілька задач:

- забезпечення невідтоплюваності території під час повені;
- усунення несприятливих явищ консолідації гумусованих ґрунтів;
- забезпечити нормальну експлуатацію будівель та мереж, які б не зазнавали впливу високого рівня ґрунтових вод та поверхневих вод відкритих водойм.

З цією метою на території району „Оболонь” був розроблений та реалізований проєкт інженерної підготовки території за рахунок гідронамиву піщаних ґрунтів показано на Рис.5.

Ґрунт намиву – місцевий алювіальний пісок руслової фації р. Дніпро, що розроблявся як безпосередньо з основного русла річки, так і русел-притоків, що протікали паралельно р. Дніпро.

На початковому етапі, що включав підготовчі роботи, виконувався: демонтаж тимчасових будівель, споруд, перенос інженерних мереж, прибирались дерева і кущі. Територія розмічалась на окремі ділянки для влаштування намиву. З ділянок, що були відведені під житлову забудову багатоповерховими будинками, будівельне та побутове сміття прибиралося або переміщувалося на ділянки, що були в резерві, або відводились під промислову забудову. Наступним етапом передбачалося масове виторфовування ґрунту (зрізання поверхневих слабких шарів до рівня ґрунтових вод) із

складуванням зрізаного матеріалу по контуру намічених ділянок.



a)



b)



c)

Рис 5. Процес намиву заплавних територій
 а) труба; б) піщана дамба (Dredgers production in Ukraine); в) територія після гідралічного намиву (Geomini).

Fig 5. Regulation of territory with floodplain deposits
 a) pipeline; b) sand dams (Dredgers production in Ukraine); c) area after hydraulic fill (Geomini).

Намив вівся в межах виділених ділянок, формуючи так звані «карти наміву» показано на Рис 6, 7. Відбувався намив нижнього шару з постійним переміщенням пульпопроводу за допомогою гусеничних тракторів. В подальшому формувались наступні по висоті шари. Загальна товща наміву в межах району „Оболонь” складає 3...7 м. Після влаштування наміву досить важливо було витримати технологічну перерву для процесу

консолідації намівних ґрунтів та ґрунтів природного залягання, що залягали нижче.

Час влаштування наміву в межах однієї карти складав 1...3 місяці. Для фіксації процесу самоущільнення на корінні відклади закладались геодезичні знаки, а в товщі наміву – геодезичні марки. Найбільш активні деформації відбувались протягом перших трьох місяців, а потім вони різко затухали.

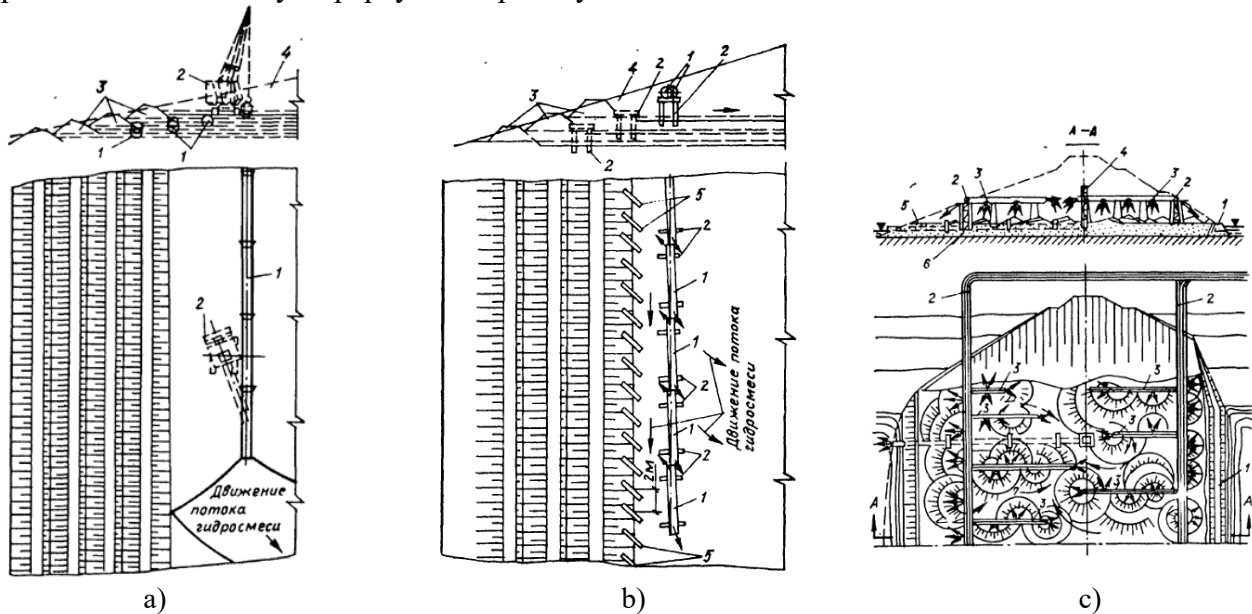


Рис.6. Ділянки гідронаміву (Слюсаренко, 1990): а) без естакадний спосіб наміву 1 – розподільчий трубопровід, 2 – кран, 3- дамби, 4 – проектний ухил; б) схема наміву з розосередженням в різні сторони при використанні низьких опор в 1 – ланки труб, 2 – низькі опори, 3- дамби, 4 – проектний ухил, 5 – відбійні щити; в) схема мозаїчного наміву – дренажна призма, 2- основний трубопровід, 3 – розподільчий трубопровід, 4 – скидний колодязь, 5 – скидна труба, 6 – основа майданчика.

Fig.6. Hydraulic fill areas (Слюсаренко, 1990): а) non-trestle method: 1 - distribution pipeline, 2 – crane, 3- dams, 4 - project slope; б) low support casting method with distribution on both sides: 1 - pipeline links, 2 – low supports, 3- dams, 4 - project slope, 5 - bumper plates; в) mosaic method: 1 - drainage prism, 2- main pipeline, 3 - distribution pipeline, 4 - sump, 5 - discharge pipe, 6 – base.

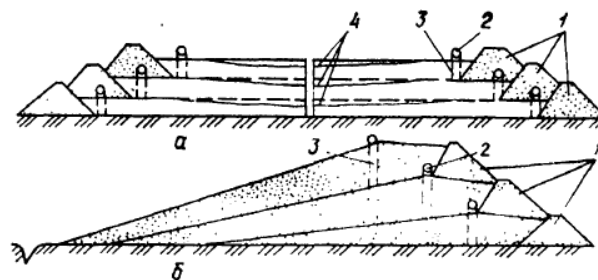


Рис.7. Намивні території (Слюсаренко, 1990): двостороння (а) та одностороння (б) схема наміву 1 - дамба, 2- трубопровід, 3 – низька опора, 4 – потужність шару.

Fig.7. Hydraulic fill areas (Слюсаренко, 1990): а) double sided; б) and one-sided; 1 - dam, 2- pipeline, 3 - low supports, 4 - layer thickness.

Необхідно зазначити, що під час наміву в пульпі співвідношення «частка піску» - «частка води» складала близько 1:100...1:5000. Тобто, обсяг води під час наміву був дуже великий. Саме тому процес ущільнення ґрунтів під час наміву відбувався поетапно:

- ущільнення ґрунту під дією стовпа води;

- в подальшому встановлювався фільтраційний потік, направлений вниз (під дією гравітації), під час якого виникала гідродинамічна сила (її напрямок теж був направлений до низу), яка „тягнула” за собою кожен піщану часточку та додатково її ущільнювала. А ущільнення від гідродинамічної

сили було значно більшим від тиску стовпа води.

Чим більшою по висоті була товща наміву, тим ефективніше відбувалося ущільнення шарів, що залягали нижче. Для встановлення термінів будівництва після наміву проведені спостереження (Слюсаренко, 1990) за деформаціями намівної товщі (рис. 8). Дослідження встановили, що найбільші деформації відбуваються в перші два місяці після наміву. Вимірювання рівня води в п'єзометрах (рис. 9) (Слюсаренко, 1984) показує, що вода опускається на 2 метри через місяць, і нижче 3 метрів через два місяці після завершення процесу наміву.

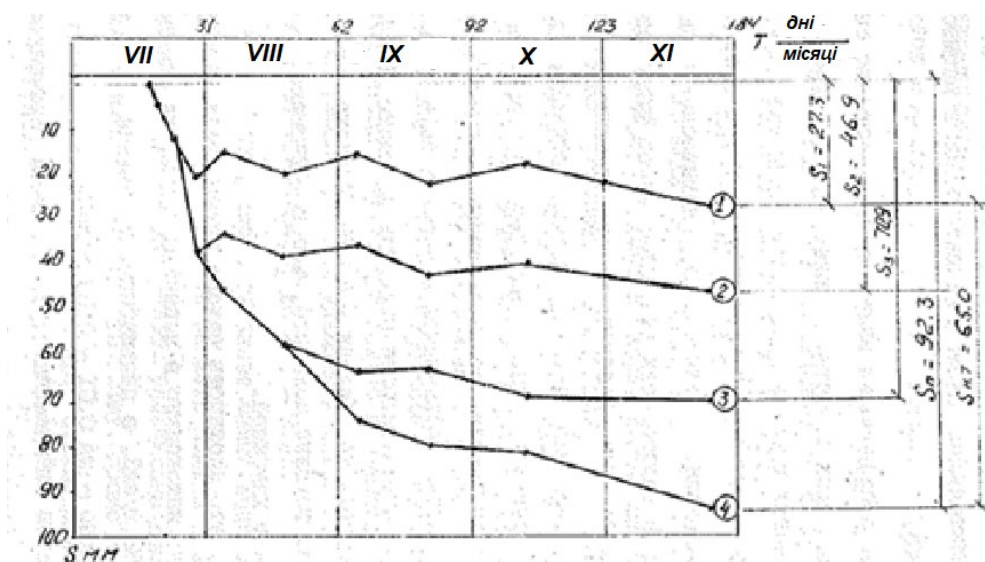


Рис.8. Графіки осідання марок на дослідному майданчику V мікрорайону житлового масиву «Оболонь» (Слюсаренко, 1990): 1- деформаційні репери (марки геодезичного контролю) встановлені на контакті з алювіальними відкладами; 2- деформаційний репер, встановлених на глибині 2.5 м від проектного профілю намівних ґрунтів; 3 - деформаційний репер, встановлений на глибині 2.0м від проектного профілю намівних ґрунтів; 4- деформаційний репер, встановлених на глибині 0.5 м від проектного профілю намівних ґрунтів.

Fig.8. Geodesic signs settlement on the experimental site of the 5th Obolon microdistrict (Слюсаренко, 1990): 1- signs settlement at a contact with underlying alluvial soils; 2- signs settlement installed at a depth of 2.5 m from the design hydraulic fill profile; 3 – signs settlement installed at a depth of 2.0 m from the design hydraulic fill profile; 4- signs settlement installed at a depth of 0.5 m from the design hydraulic fill profile.

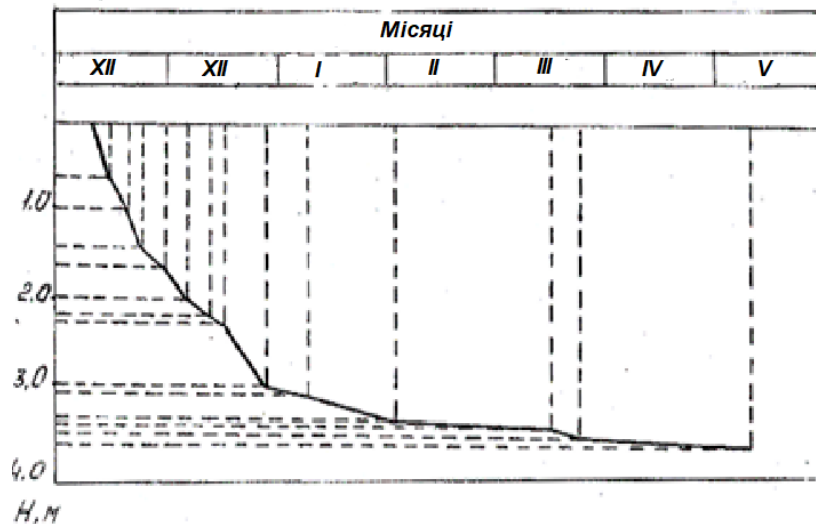


Рис.9. Вимірювання рівня води в п'єзометрах (Слюсаренко, 1984).

Fig.9. Filtration stream rate fall after hydraulic fill (Слюсаренко, 1984).

Під час виконання робіт з наміву за рахунок великого потоку води (пульпи) після її виливу на поверхню відбувалось розтікання матеріалу по площині карти наміву. За рахунок гравітації відбувалось сортування матеріалу: самі крупні частки осідали безпосередньо біля місця виливу. А тонший матеріал відносився на більшу відстань (рис.10) (Слюсаренко, 1984). В товщі наміву переважно спостерігаються добре відсортовані однорідні дрібнозернисті (середньої крупності та дрібні) піски. Це значно

покращує якість ґрунту для його подальшого використання як основи фундаментів, порівняно із звичайними насипними ґрунтами.

Тільки у випадках, коли потужність наміву була недостатньою в тілі наміву зафіксовано піски з кількістю пилу до 20...30% (пилуваті піски).

Аналіз однорідності піску по глибині (табл.2) показує, що склад пісків є майже однорідним при незначному збільшенні кількості мілких часточок з глибиною.

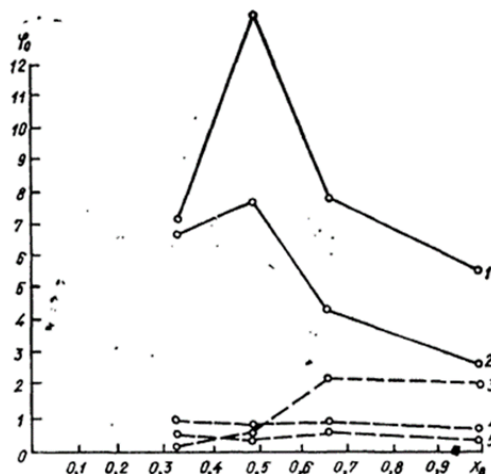


Рис.10. Криві розподілу фракцій по довжині наміву на житловому масиві «Оболонь» (Слюсаренко, 1984): 1-5 фракції відповідно 1.0 мм, 1.0...0.5 мм, < 0.1 мм, 0.5...0.25 мм, 0.25...0.1 мм

Fig.10. Fraction dispersion curves along the hydraulic fill slope of Obolon microdistrict (Слюсаренко, 1984): 1-5 – fractions respectively 1.0 mm, 1.0...0.5 mm, < 0.1 mm, 0.5...0.25 mm, 0.25...0.1 mm

Табл. 2. Гранулометричний склад пісків за глибиною (Слюсаренко, 1990)
 Table 2. Grade analysis of sands by depth (Слюсаренко, 1990)

Глибина від поверхні, м	Номер проби	Гранулометричний склад, % по фракціям, мм				
		>1.0	1...0.5	0.5...0.25	0.25...0.1	<0.1
0.5	19	0.7	11.9	57.7	27.3	2.4
1.0	12	0.9	8.2	67.7	20.4	2.7
1.5	2	0.7	9.1	42.6	44.4	3.2
2.0	13	0.9	10.4	51.6	33.8	3.3
2.5	36	1.6	9.8	47.4	36.5	4.7
3.0	17	1.0	11.6	49.7	33.0	4.7
3.5	5	0.9	8.3	42.7	37.7	10.4
4.0	Рослинний шар					

Враховуючи масштабність проекту із наміву ґрунтів, а також малу кількість фактичного матеріалу щодо поведінки таких ґрунтів, в межах масиву „Оболонь” виділялися мікрорайони, в кожному з яких виконувався комплекс додаткових інженерно-геологічних вишукувань.

Після підтвердження геологічної будови (буровим способом) виконувались статичні випробування ґрунтів круглими штампами площею 5 000 см² та 10 000 см². Штampi встановлювались як на поверхню намівних ґрунтів, так і по глибині наміву. Вони завантажувались довготривалим навантаженням, що створювало тиск на основу до 0.5 МПа з кроком 0.05 МПа, при цьому приріст величини осідань за останню годину

спостережень на кожному ступені не перевищував 0.1 мм. На наступному кроці виконувалася побудова залежності осідання від тиску під штампом і з його допомогою визначали січний модуль деформації (Слюсаренко, 1990).

Випробування показали, що з глибини 1...1.5 м піски знаходяться в стані середньої щільності, а з глибини 2...2.5 м – у щільному стані (модуль деформації $E > 30$ МПа), що підтверджується графіком зміни коефіцієнта пористості з глибиною (рис.11) (Слюсаренко, 1990). Усереднені міцнісні характеристики ґрунтів приведено в Табл.3 (Слюсаренко, 1990).

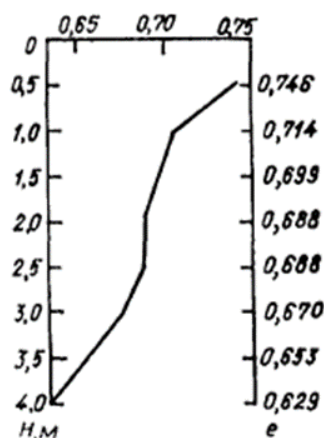


Рис.11. Графік розподілення значень коефіцієнту пористості по глибині для першої черги будівництва житлового масиву «Оболонь» (Слюсаренко, 1990).

Fig.11. Distribution of void ratio value from depth for the construction of the «Obolon» district (Слюсаренко, 1990).

Табл. 3. Середні значення характеристик наливних піщаних ґрунтів (Слюсаренко, 1990)
 Table 3. Average values of hydraulic fill sandy soils characteristics (Слюсаренко, 1990)

Характеристика ґрунтів	Значення характеристик ґрунту при коефіцієнті пористості (у чисельнику вказані значення для піску середньої крупності, у знаменнику – для дрібного)		
	0.51...0.60	0.61...0.70	0.70...0.80
Питоме зчеплення C , МПа	0.002	0.001	0.000
	0.004	0.002	0.001
Кут внутрішнього тертя ϕ , град	36	32	29
	35	31	28
Модуль деформації E , МПа	40	30	15
	38	30	13

При виконанні контрольних бурових свердловин були виявлені масові випадки, коли під товщею наливу залягали гумусовані та заторфовані ґрунти. Це було пов'язано з якістю виконання підготовчих робіт. Тому для кожного нового об'єкту будівництва виконувались додаткові інженерно-геологічні вишукування.

ДОСЛІДНИЙ МАЙДАНЧИК 1

Як приклад, на новому будівельному майданчику були проведені інженерно-геологічні дослідження (рис. 12) (Szajna, 2019), (Sakharov, 2019).

На геологічному розрізі відображено, що нижче рівня ґрунтових вод знаходяться

слабкі ґрунти, такі як торф, і залягають на окремих ділянках річкових відкладів із суглинками. В таких випадках можливе самоущільнення наливних ґрунтів і додаткове осідання внаслідок неповного ущільнення підстилаючих торф'янистих шарів ґрунту. Крім того, ґрунти, які залягають над і під торфом, можуть мати низькі механічні та деформаційні показники. Тому для підтвердження якості наливних та підстилаючих ґрунтів було проведено статичне (CPT) показано на Рис. 13, а та динамічне зондування ґрунтів, з використанням легкого зонду (DPL) показано на Рис. 13, b.

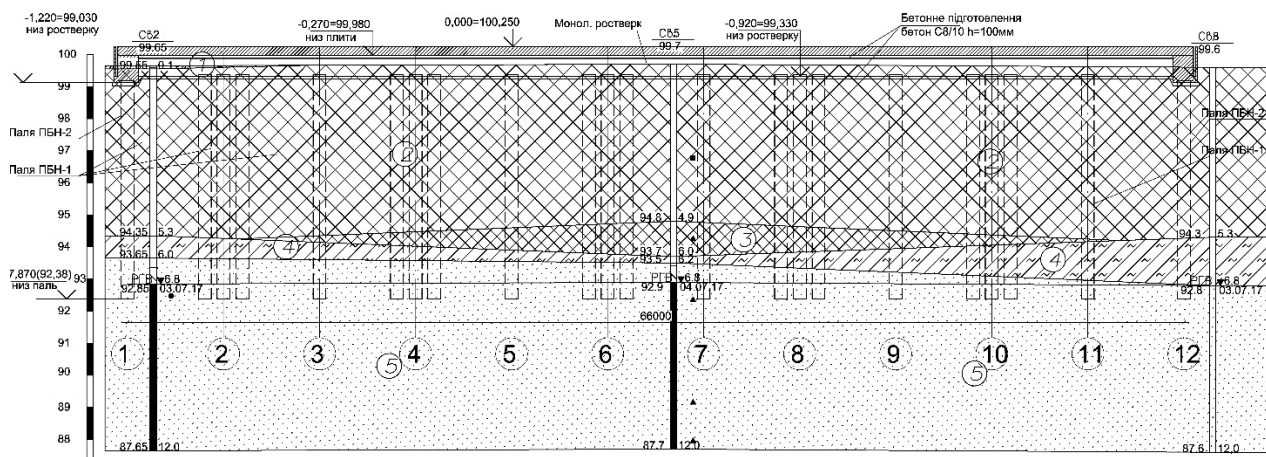


Рис.12. Геологічні умови дослідного майданчику 1: 1 – асфальт; 2 – наливний шар: пісок дрібний середньої щільності; 3 – наливний шар: пісок дрібний щільний; 4 – слабозаторфований суглинок; 5 – пісок дрібний середньої щільності та щільний

Fig.12. Geological conditions of "Pile-test" investigation site: 1 - asphalt; 2 - hydraulicking layer: medium density, fine sand; 3 - hydraulicking layer: dense fine sand; 4 - slightly peaty loam; 5 - medium density and dense fine sand

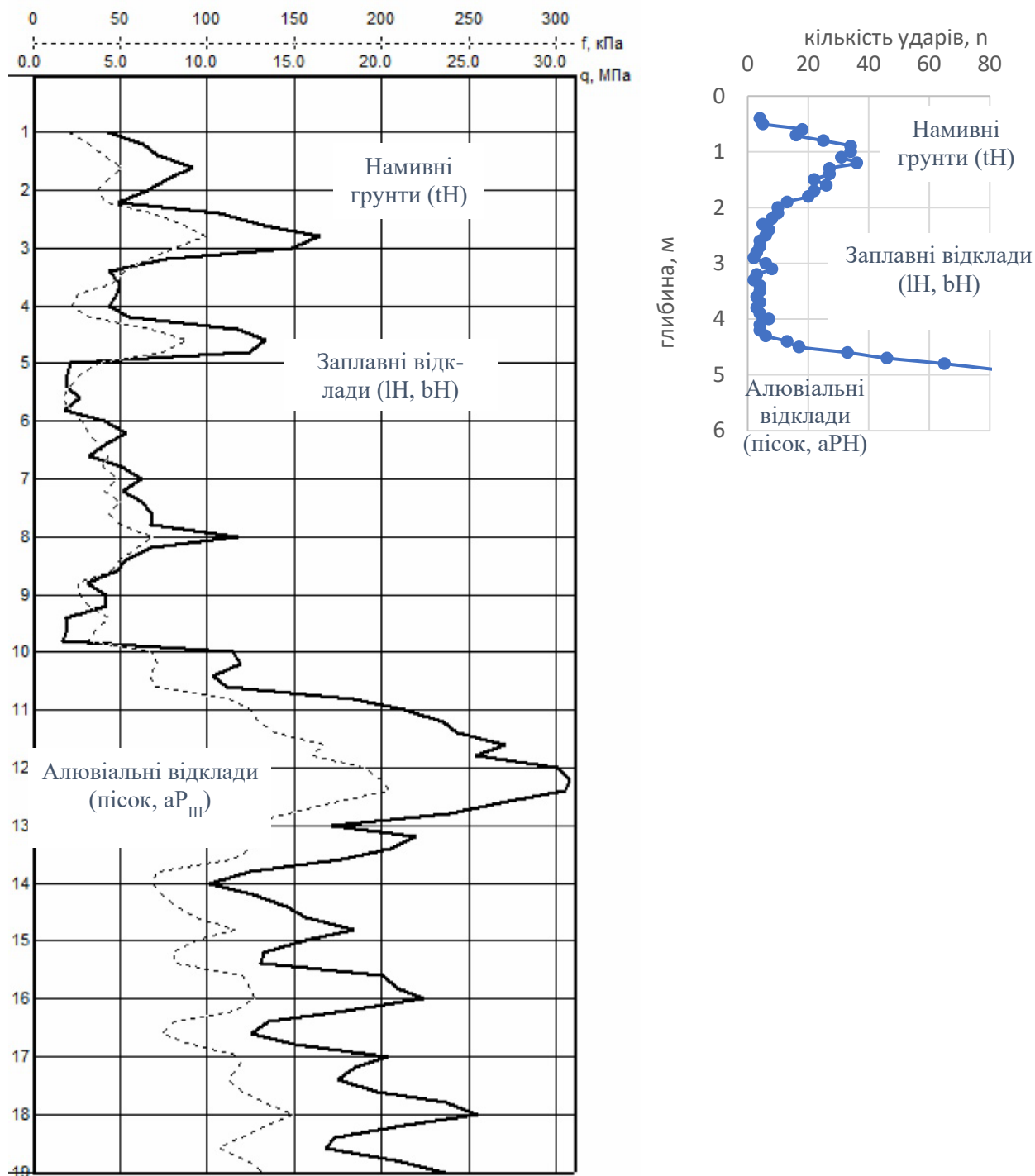


Рис.13. Польові випробування ґрунтів: а) CPT; б) DP (DPL)

Fig.13. Field tests of "Pile-test" investigation site: a) CPT; б) DP (DPL)

Результати зондування також підтверджують, що до глибини 1...1.5 м товща насипу характеризується підвищеною деформативністю ($E = 12...15$ МПа), а з глибиною якість пісків різко підвищується ($E = 27...30$ МПа). Товща алювіальних пісків (на глибинах 6...7 м) характеризується як

абсолютно надійна за будівельними властивостями.

Результати зондування також підтверджують, що до глибини 1...1.5 м товща насипу характеризується підвищеною деформативністю ($E = 12...15$ МПа), а з глибиною якість пісків різко підвищується

($E = 27...30$ МПа). Товща алювіальних пісків (на глибинах 6...7 м) характеризується як абсолютно надійна за будівельними властивостями.

ДОСЛІДНИЙ МАЙДАНЧИК 2

Додатково приведено результати інженерно-геологічних досліджень в межах тієї ж заплави.

Геологічна будова другої ділянки визначена до глибини 20 м від поверхні землі і представлена комплексом сучасних неоплейстоценових відкладень, що залягають зверху вниз показано на Рис. 14.

А) Голоценові відклади:

- ІГЕ-1 – намівні ґрунти (tH) потужністю близько 3,8 м. Коефіцієнт пористості $e = 0,69$, питоме зчеплення $C = 0,002/0,001$ МПа; кут внутрішнього тертя $\varphi = 27/25$ град; модуль деформації $E = 17/16$ МПа (у чисельнику значення природної вологості, у знаменнику при водонасиченні);

- ІГЕ-3 – кварцовий пісок, дрібний, щільний і середньої щільності, водонасичений, з наступними характеристиками: $C = 0,002$ МПа; $\varphi = 30$ град.; $E = 26$ МПа.

- ІГЕ-2а – супісок замулений: $C = 0,005...0,007$ МПа, $\varphi = 13...15$ град, $E = 6...8$ МПа;

- ІГЕ-2 - дрібний пухкий пісок з прошарками замулених супісків: $C = 0,0005...0,001$ МПа; $\varphi = 23...25$ град; $E = 10...12$ МПа, що не були видалені перед влаштуванням гідравлічного наміву.

Б) Плейстоценові відклади:

- ІГЕ-4 – пісок кварцовий, дрібний і середній, середньої щільності, водонасичений;

- ІГЕ-6 – пісок кварцовий, середньої крупності, щільний, водонасичений.

Дані ґрунти мають надійні характеристики для будівельних цілей, починаючи від індивідуальних будинків і невеликого тиску (100 кПа) на ґрунтову основу і закінчуючи висотними будинками з високими значеннями тиску (більше 300 кПа), характеристики: $C = 0,003...0,005$ МПа; $\varphi = 32...37$ град; $E = 38...56$ МПа.

Загалом наведені вище характеристики дослідної ділянки 2 відповідають значенням, наведеним у таблиці 3 раніше розглянутої дослідної ділянки. Подібна геологічна

будова та характеристики ґрунтів приводяться в роботі В.І. Камінського (Bridges, 1989).

Інженерно-геологічні дослідження, що були проведені на другому дослідному майданчику і включали виконання випробувань ґрунтів статичним (СРТ) показано на Рис. 15, а та динамічним зондуванням (DPL) показано на Рис. 15, б, підтвердили, що щільність алювіальних пісків залежить від властивостей намівних ґрунтів і шару, на який виконується намів.

Якщо намів відбувається на ґрунти із низькими значеннями механічних показників (ІГЕ-2, ІГЕ-2а) із замуленими супісками, то середня частина намівного шару ґрунту характеризується як пухка (рис. 15, б): $q_s = 2,5$ МПа, $E = 7$ МПа, $e = 0,8$. Це пов'язано зі слабким відтоком води після наміву внаслідок зниження гідродинамічної сили, як результат намівні ґрунти до глибини 1...1.5 м характеризуються підвищеними значеннями деформацій ($E = 17/16$ МПа).

Встановлено, що в корінних алювіальних відкладах нижче рівня води розмір частинок піщаного ґрунту (діаметр) збільшується з глибиною. Для алювіальних відкладів (пісок, аР_{III}) середній діаметр становить 0,7 мм, а для алювіальних відкладів (пісок, аР_{II}) середній діаметр становить 2,3 мм.

Динамічні випробування (DPL) показують, що для пісків середньої щільності кількість ударів зменшена (14 порівняно з 50), в той же час результати статичних випробувань (СРТ) вказують, що значення q_s є більшим на 20 МПа. Як правило, в подібних ґрунтових умовах, при передачі значного навантаження на ґрунтову основу (більше 300 кПа або більше 2000 кН на колону), рекомендується використовувати фундаменти, що прорізають ґрунти, в яких виникають нерівномірні деформації, і заглиблюються в більш надійні. Для більш повного розуміння процесів, що відбуваються на намівних ґрунтах виконувався аналіз та спостереження деформацій збудованих будинків приведено на Рис. 16 (Слюсаренко, 1990). Так в результаті не зафіксованої в процесі виконання інженерно-геологічних вишукувань лінзи заторфованого суглинку

та глини під будівлю було запроектовано палі довжиною 4 м, перерізом 30×30 см. За рахунок невиявленої заторфованої лінзи середня частина будівлі зазнала тривалої

деформації протягом 7 років, котрі досягли значення 9.8 см в середній частині та 2.3 см на її кутах.

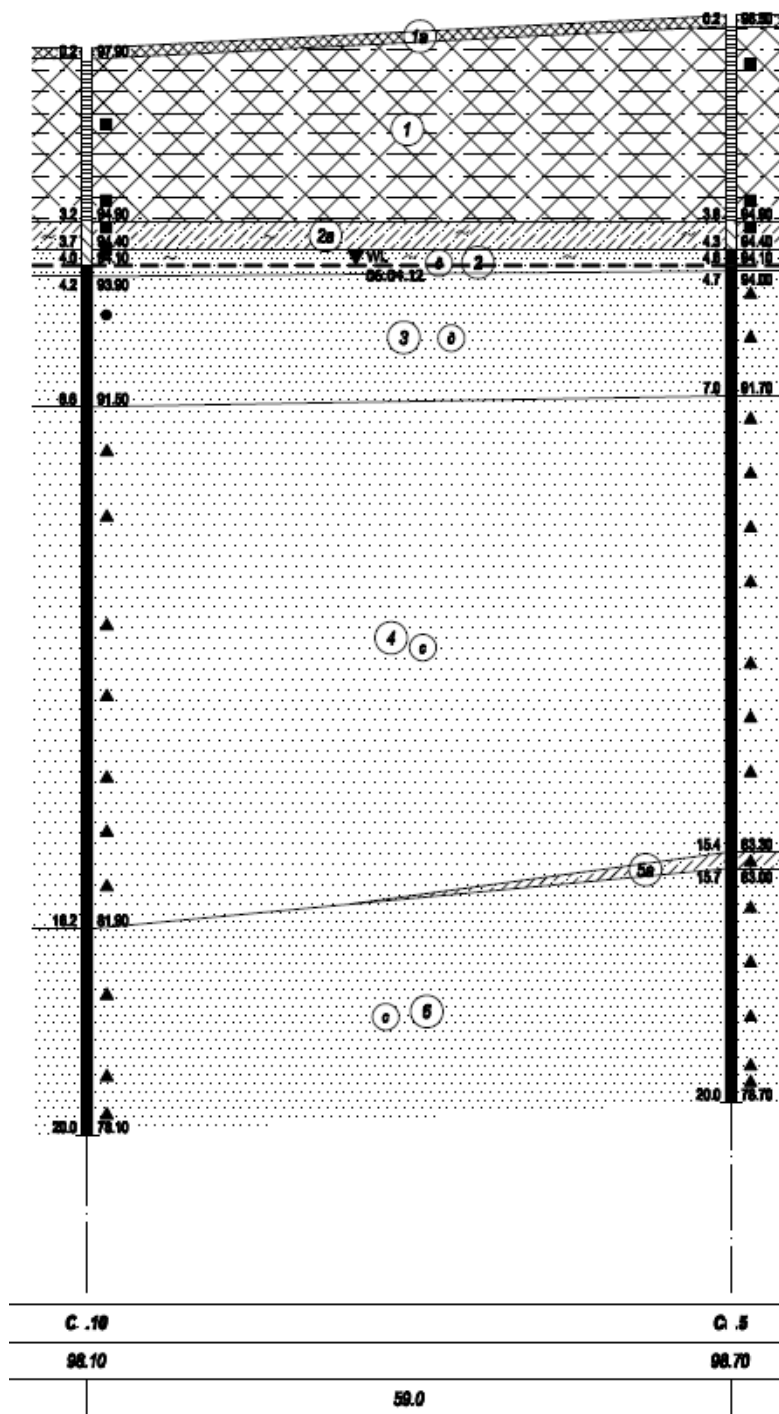


Рис.14. Геологічні умови другої ділянки дослідження: 1a – асфальт, 1 – намівні ґрунти, 2a – супісок замулений, 2 – дрібний пухкий пісок з прошарками замуленого супіску, 3 – дрібний пісок середньої щільності, 4 – пісок середньої щільності середньої крупності.

Fig.14. Geological conditions of the second investigation site: 1a – asphalt, 1 – man-made layer of hydraulic fill soils, 2a –silted sandy loam, 2 – fine soft sand with layers of silted sandy loam, 3 – medium density fine sand, 4 –medium density medium size sand.

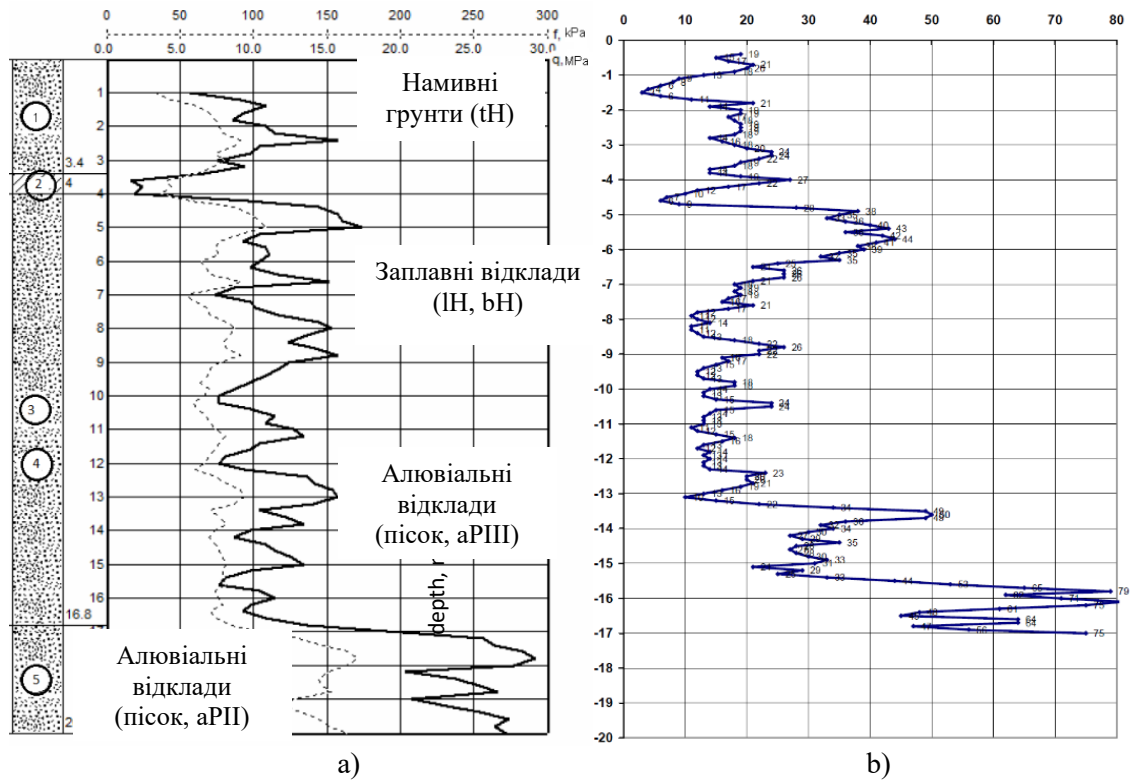


Рис.15. Результати польових випробувань ґрунтів на другому дослідному майданчику: а) CPT; б) DP (DPL).

Fig.15. Field tests results on the second investigation site: a) CPT; b) DP (DPL).

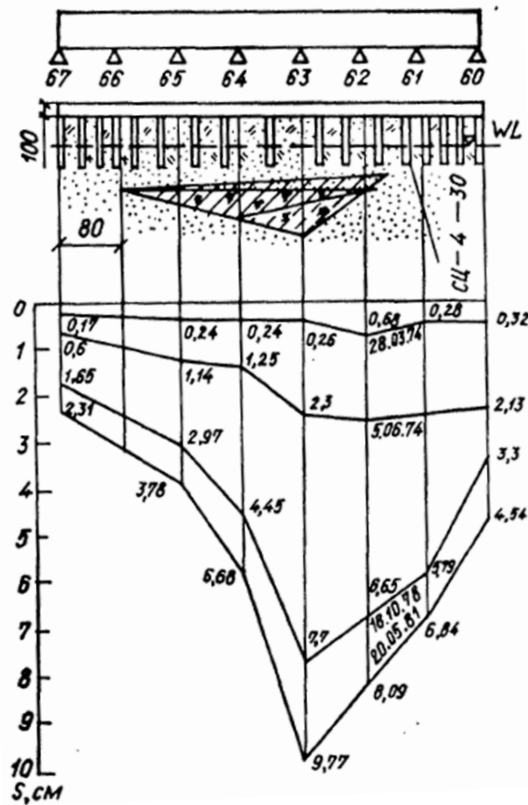


Рис.16. Деформації будівлі в часі.

Fig.16. House settlement in time.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Дослідні майданчики у геоструктурному відношенні належать до Дніпровсько-Донецької западини, та знаходяться на ділянці її примикання до Українського кристалічного щита.

В геоморфологічному відношенні район вишукувань відповідає пластово-аккумулятивній рівнині, яка була сформована на поверхні палеоген-крейдових відкладів. В 70-х роках ХХ ст. за допомогою гідромеханізації дана територія була піднятою до непідтоплюваних позначок, що відповідають рівню плейстоценової надзаплавної тераси.

Встановлено, що в гідрографічному відношенні майданчики, на яких проводилися інженерні вишукування відносяться до басейну р. Дніпро і знаходиться на відстані 3.2 км від її русла.

Приведено основні варіанти та особливості технології наміву піщаних ґрунтів, формування геологічної будови ґрунтової товщі намівних територій.

Показано, що максимальні значення деформації товщі намівних піщаних ґрунтів завершуються через два місяці після початку наміву, при цьому зниження рівня ґрунтових вод відбувається більш ніж на три метри.

Приведено основні показники міцнісних показників ґрунтів намівної товщі та встановлено, що намівна товща у верхній частині (до 1.8 м) характеризується підвищеною деформативністю, а нижня (корінна) частина з глибини від 7.5 м є надійною основою фундаментів будівель та споруд. Середня частина ґрунтової товщі, що представлена намівними ґрунтами, характеризується підвищеними показниками фізико-механічних властивостей ґрунтів.

Аналіз деформацій будівель і споруд показує необхідність детального проведення інженерно-геологічних вишукувань для виявлення небажаних прошарків гумусованих та заторфованих ґрунтів, що відносяться до слабких, залягають на корінних відкладах річки, а також виконання статичного чи динамічного зондування по сітці із зменшеним кроком.

ЛІТЕРАТУРА

1. Малишев О.В., Рашенко А.М., & Диптан Т.В. (2021) Інженерна підготовка території в умовах залягання слабкого ґрунту. *Основи та фундаменти: Науково-технічний збірник*, 43, 101-110. DOI: 10.32347/0475-1132.43.2021
2. Sengupta, D.; Chen, R., & Meadows, M.E. (2018) Building beyond land: An overview of coastal land reclamation in 16 global megacities. *Appl. Geogr.* 90, 229–238. ISSN 0143-6228,
3. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.12.015>.
4. Mojtabeh-Zadeh, P. (2003). Security and territoriality in the Persian Gulf. *A maritime political geography*. London: Routledgecurzon.
5. Слюсаренко С.А., Степаненко Г.М., & Глотова М.А. (1984) Строительные свойства намывных песчаных грунтов территории УССР. Киев: НИИСП.
6. Слюсаренко С.А., Степаненко Г.П., Глотова М.А., & Новиков М.Ф. (1990) Проектирование и устройство фундаментов на намывных песчаных грунтах. Киев: Будивильник.
7. Барщевский Н.Е. (1989) Геоморфология и рельефообразующие отложения района г.Киева. Киев. Наук. думка.
8. NVR. (2022, Березень 10) *Тектонічна будова України*. <https://nrv.org.ua/tektonichna-budova-ukrayiny/>
9. Авіаційна метеорологічна станція Рівне. (2014, Квітень 17) *Рельєф України*. <https://pogoda.rovno.ua/relief-ukrayini>
10. Szajna, W, Sakharov, V, & Boyko, I (2019). Pile tests – 2019. Geotechnical characteristics of the site. *Proceedings of Third International Conference "Challenges in Geotechnical Engineering"*, 10–13, 43-48.
11. Sakharov, V, Szajna, W, & Boyko, I, (2019). In situ Pile tests – 2019 project. Methodology and results. *Proceedings of Third International Conference "Challenges in Geotechnical Engineering"*, 10–13, 49-50.
12. Bridges E. M. (1989) Soils in the urban jungle. *Geographical magaz*, 61, 1-4.
13. Ball D.F., & Williams W.M. (1974) Soil development on coastal dunes at Holkham, Norfolk, England. *Transactions of the 10th international Congress of Soil Science*, 6, 380-386.
14. Dredgers production in ukraine. Sand alluvium and mining. <https://dredger.com.ua/en/uslugi-zemsnyarada/namyv-i-dobycha-peska/>
15. Geomini. *Луга. Намыв песка*. <https://geomini.ru/project/luga-namiv-peska/>

16. Парникоза И.Ю. (2013) Киевские острова и прибрежные урочища на Днепре – взгляд сквозь века.
17. <https://www.myslenedrevo.com.ua/ru/Sci/Kyiv/Islands/Nature/1-2-HistBud.html>

REFERENCES

1. Malyshev O.V., Rashchenko A.M., & Dyptan T.V. (2021) Inzhenerna pidhotovka terytoriyi v umovakh zalyahannya slabkoho hruntu [Engineering preparation of the territory in conditions of weak soil]. *Osnovy ta fundamente: Naukovo-tekhnichnyy zbirnyk*, 43, 101-110 (in Ukrainian). DOI: 10.32347/0475-1132.43.2021
2. Sengupta, D.; Chen, R., & Meadows, M.E. (2018) Building beyond land: An overview of coastal land reclamation in 16 global megacities. *Appl. Geogr.* 90, 229–238.
3. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.12.015>.
4. Mojtahed-Zadeh, P. (2003). Security and territoriality in the Persian Gulf. *A maritime political geography*. London: Routledgecurzon.
5. Slyusarenko S.A., Stepanenko G.M., & Glotova M.A. (1984) Stroitel'nyye svoystva namyvnykh peschanykh gruntov teritorii USSR [Construction properties of alluvial sandy soils of the territory of the Ukrainian SSR]. Kyiv: NIISP (in Russian).
6. Slyusarenko S.A., Stepanenko G.P., Glotova M.A., & Novikov M.F. (1990) Proyektirovaniye i ustroystvo fundamentov na namyvnykh peschanykh gruntakh [Design and installation of foundations on alluvial sandy soils]. Kyiv. Budivelnik (in Russian).
7. Barshchevskiy N.Ye. (1989) Geomorfologiya i rel'yefoobrazuyushchiye otlozheniya rayona g.Kyeva [Geomorphology and relief-forming deposits of the Kiev region]. Kiev. Nauk. dumka (in Russian).
8. NVR. *Tektonichna budova Ukrayiny*. [NVR. Tectonic structure of Ukraine] (in Ukrainian). <https://nrv.org.ua/tektonichna-budova-ukrayiny/>
9. Aviatsiyna meteorolohichna stantsiya Rivne. *Rel'yef Ukrayiny*. [Aviation meteorological station Rivne. *Relief of Ukraine*] (in Ukrainian). <https://pogoda.rovno.ua/relief-ukrayini>
10. Szajna, W, Sakharov, V, & Boyko, I (2019). Pile tests – 2019. Geotechnical characteristics of the site. *Proceedings of Third International Conference "Challenges in Geotechnical Engineering"*, 10–13, 43-48.
11. Sakharov, V, Szajna, W, & Boyko, I, (2019). In situ Pile tests – 2019 project. Methodology and results. *Proceedings of Third International Conference "Challenges in Geotechnical Engineering"*, 10–13, 49-50.
12. Bridges E. M. (1989) Soils in the urban jungle. *Geografical magaz*, 61, 1-4.
13. Ball D.F., & Williams W.M. (1974) Soil development on coastal dunes at Holkham, Norfolk, England. *Transactions of the 10th international Congress of Soil Science*, 6, 380-386.
14. Dredgers production in ukraine. Sand alluvium and mining. <https://dredger.com.ua/en/uslugi-zemsnyarada/namyv-i-dobycha-peska/>
15. Geomini. *Luga. Namyv peska* [Geomini. *Meadows. Sand accumulation*] (in Russian). <https://geo-mini.ru/project/luga-namiv-peska/>
16. Parnikoza I.YU. (2013) Kiyevskiye ostrova i pribrezhnyye urochishcha na Dnepre – vzglyad skvoz' veka [Kyiv Islands and Coastal Tracts on the Dnieper – a View Through the Centuries] (in Russian). <https://www.myslenedrevo.com.ua/ru/Sci/Kyiv/Islands/Nature/1-2-HistBud.html>

Geological structure of the Dnipro River floodplain areas

Oleg MALYSHEV
Andrii RASHCHENKO
Tetiana DYPTAN

Summary. In today's conditions of the country's development, cities and suburban areas are being built up at a rapid pace, which causes its shortage, especially in cities with a large population. In such conditions, one of the possible solutions for the development of the city is the development of previously unsuitable areas that can be used for construction. Such areas include territories cut by ravines, gullies, wetlands or floodplains, which are flooded with water during floods. Due to the presence of water bodies near the indicated territories, it is possible to protect them from flooding by raising the absolute marks of their surface to non-flooded ones by using alluvial soil by means of hydromechanization. The properties of such new man-made formations differ significantly from natural ones, and sandy soils are used as alluvial soil. In this way, a large number of territories have been created in different countries of the world: Dubai, Japan, China, the USA, etc., which indicates the effectiveness of this method and its practical significance.

The article highlights the features of the tectonic structure, geological and geomorphological zoning of the territory of the city of Kyiv. Much attention is paid to the floodplain areas of the Dnieper River, which were formed by alluvial.

Such sites were created, as a rule, for new construction and were built up quite quickly with low-rise buildings, the basis for which was alluvial soils. The engineering and geological studies of the sites after alluvial soils and the observation of deformations of the base over time allowed us to establish the basic patterns and rules of construction in such territories.

Today, the development of the city actively covers areas created by alluvial soils, on which high-rise buildings, shopping centers, and other buildings are being actively built, the loads from which must be transferred to reliable base. However, depending on the properties of the alluvial soils themselves and the quality and preparation of the base on which they are laid, different types of foundations can be used, the decision on their design is made in each individual case, taking into account the number of floors and the type of buildings or structures.

Keywords. Floodplain, flood, hydroalluvium, alluvial deposits, alluvial soils, deformations, compaction, consolidation.