

Geologiczno-inżynierska charakterystyka gruntów antropogenicznych historycznej zabudowy Lwowa

Petro Voloshyn¹



Engineering-geological characteristics of technogenic soil of the historical building of Lviv. *Prz. Geol.*, 65: 890–894.

A b s t r a c t. In the article the conditions of occurrence, spatial distribution, genesis, composition and properties of technogenic soils in central part of Lviv were described. It was established that these soils cover the study area as a solid layer with thickness from 2.0–4.0 to 6.0–9.0 m. They are characterized by a high degree of spatial heterogeneity, low values of mechanical properties and specific sensitivity caused by the presence of ephemeral elements (makroorganic substance, soluble salts etc.) in their composition that are very susceptible to changes in air-humidity regime.

Keywords: *technogenic soils, salt contains, water-physical properties, physical and mechanic properties, corrosion activity*

Charakterystyczną cechą wielu miast, zwłaszcza ich centralnych części, jest szeroko rozpowszechnione nagromadzenie gruntów specyficznych, które określa się jako grunty antropogeniczne.

Wielu specjalistów, w tym: geologów inżynierskich (Kotlov, 1947, 1962; Kotlov i in., 1967; Afonin i in., 1990; Khazanow, 1975), inżynierów budownictwa (Abelev, 1962), geografów (Dobrovolskoho, 1991; Sychova, 1994, 1999, Timofeev, 1997; Voloshyn, 2001, 2002) i archeologów (Avdusin, 1980) badało grunty antropogeniczne na obszarach zurbanizowanych i położonych poza terenami zabudowanymi. Duże zainteresowanie tym zagadnieniem jest spowodowane bardzo zróżnicowanymi właściwościami gruntów stanowiących podłoże obiektów.

Grunty antropogeniczne pełnią funkcję litologicznej podstawy na terenach zurbanizowanych, stanowiąc podłoże gruntowe dla różnego rodzaju obiektów inżynierskich. Ich obecność wskazuje także na przekształcenie rzeźby terenu wskutek działalności człowieka. W miejscach występowania gruntów antropogenicznych są aktywne niebezpieczne dla środowiska procesy morfodynamiczne, wymagające dokładnych i kompleksowych badań. Terenem, na którym działalność człowieka szczególnie widocznie zmieniła podłoże gruntowe, jest obszar Starego Miasta we Lwowie, z zabytkową architekturą. Grunty antropogeniczne w tym rejonie, i nie tylko, odzwierciedlają historyczny i geograficzny rozwój zabudowy miasta, ale także ze względu na specyficzne właściwości mogą stanowić zagrożenie dla wielu obiektów budowlanych, w tym o dużym znaczeniu historycznym. Warto podkreślić, że w ciągu ostatnich pięciu lat w zabytkowej części Lwowa całkowicie lub częściowo zniszczeniu uległo siedem budynków, a co najmniej 200 wymaga remontu.

Celem podjętych prac było kompleksowe zbadanie składu, stanu oraz właściwości fizyczno-mechanicznych gruntów antropogenicznych, występujących w centralnej części Lwowa, które stanowią podłoże większości posadowionych w tym rejonie budynków i mają duży wpływ na ich bezpieczeństwo. Dla osiągnięcia zamierzonego celu przeprowadzono badania, które umożliwiły określenie:

- warunków występowania gruntów antropogenicznych;
- lokalizacji oraz miąższości tych gruntów;

– właściwości nagromadzonych gruntów wraz z domieszkami, w tym: skład granulometryczny i chemiczny, zawartości substancji organicznej i jej zmienność z głębokością, właściwości korozyjne;

– warunków gruntowo-wodnych.

OBSZAR BADAŃ

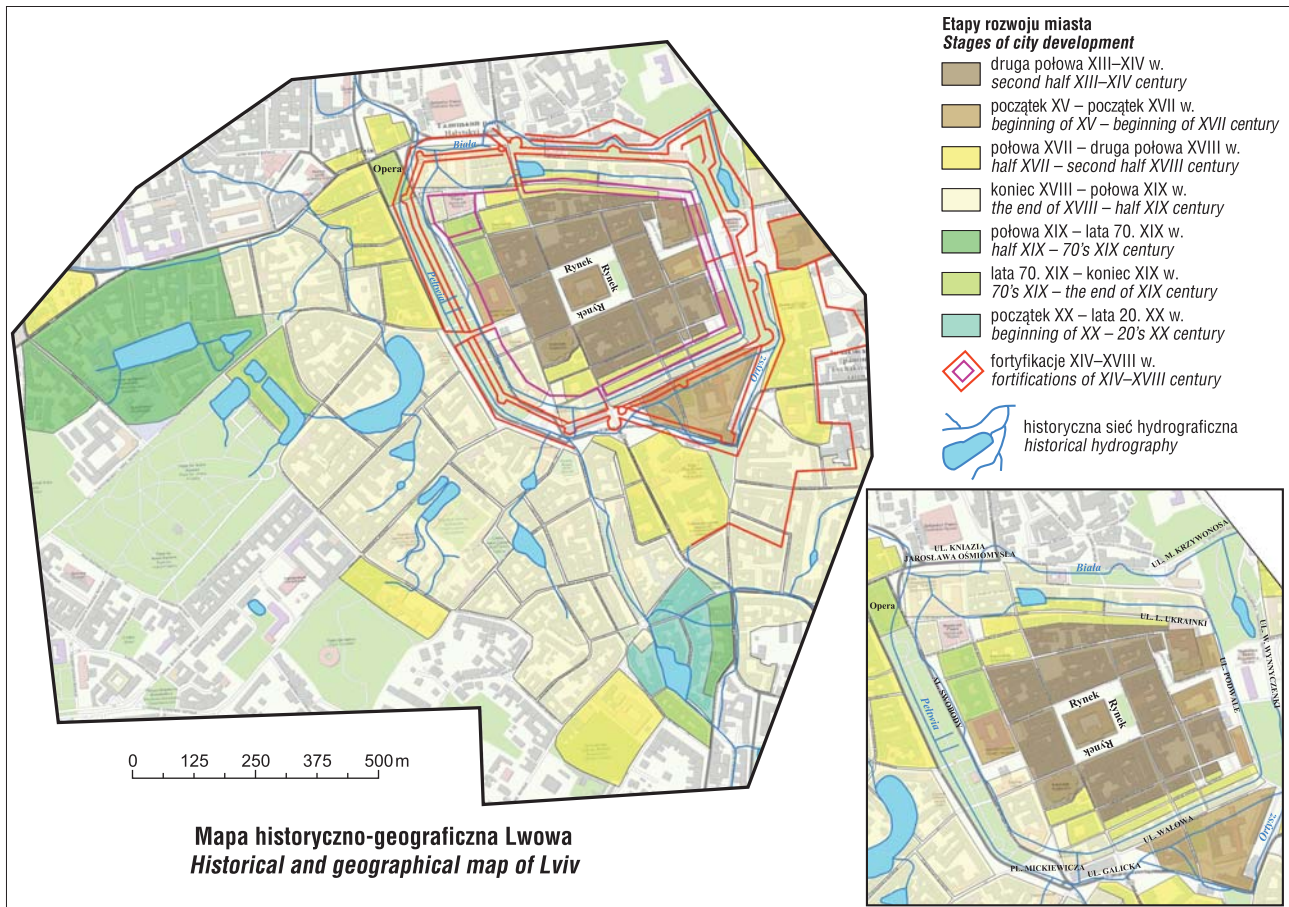
W historycznej części Lwowa o powierzchni ok. 2 km² przeprowadzono obserwacje całego obszaru, a także istniejących budowli. Wykonano 42 otwory wiertnicze i przeanalizowano dane z ponad 300 archiwalnych wierceń oraz wyrobisk. Określono skład granulometryczny oraz chemiczny gruntów (w tym zawartość rozpuszczalnych soli oraz substancji organicznych). Analizie poddano również warunki gruntowo-wodne podłoża oraz fizyczno-mechaniczne i korozyjne właściwości gruntów. Dodatkowo wykorzystano dane z archiwalnych dokumentacji i prac archeologicznych.

Dzięki interpretacji otrzymanych wyników oraz materiałów archiwalnych stwierdzono, że osady antropogeniczne stanowią podłoże historycznej części Lwowa i pokrywają go ciągłą warstwą. Rejon Starego Miasta pod względem geomorfologicznym znajduje się w granicach Kotliny Lwowskiej będącej głębokim zagłębieniem, powstałym na skutek erozyjnej działalności rzeki Pełtwi i jej dopływów (ryc. 1). Teren kotliny jest zabudowany zarówno na tarasie Pełtwi, jak i na dosyć stromych zboczach. W najniższej części obniżenia terenu podłoże gruntów antropogenicznych stanowią utwory aluwialne – nasycone wodą osady korytowe, tarasu zalewowego i nadzalewowe (mady rzeczne) oraz osady starorzeczy. Natomiast na zboczach kotliny można wyróżnić utwory górnej kredy (mastrycht) reprezentowane przez margle, mioceńskie piaski oraz piaszczysto-gliniaste osady górnego plejstocenu.

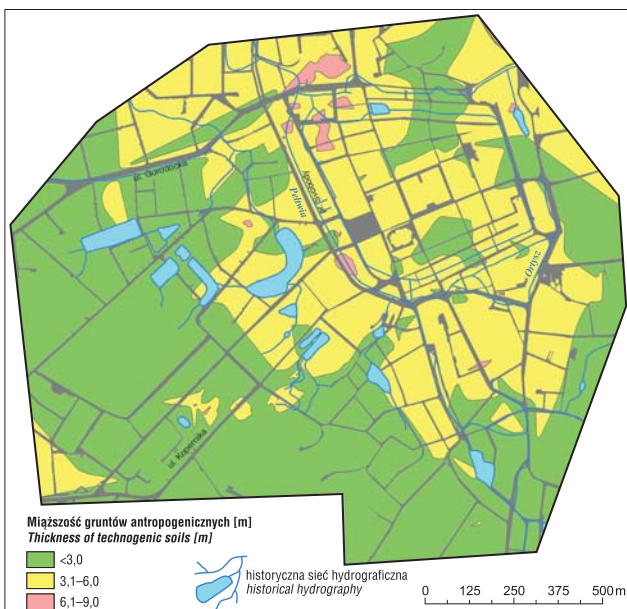
INTERPRETACJA WYNIKÓW

Miąższość gruntów antropogenicznych zmienia się w granicach od 2–4 do 6–9 m (ryc. 2). W obrębie zboczy doliny Pełtwi nie przekracza średnio 3–4 m, natomiast na tara-

¹ Lwowski Uniwersytet Narodowy im. I Franko, ul. Grushevskiego 4, 79004, Lwów, Ukraina; petro.voloshyn@gmail.com.



Ryc. 1. Mapa historyczno-geograficzna Lwowa
Fig. 1. Historical and geographical map of Lviv



Ryc. 2. Miażdżość gruntów antropogenicznych [m]
Fig. 2. Thickness of man-made soils [m]

się zalewowym, zwłaszcza w pobliżu koryta rzeki, osiąga 7–9 m. Znaczny wzrost miąższości tej warstwy (do 6–8 m) udokumentowano także w zasypianych dolinach dopływów Peltwi, zwłaszcza rzeki Białej (ul. Kniazia Jarosława Ośmiomysła), potoku Ortyż (ul. Podwałe, Wałowa, Galicka), rowów obronnych (al. Swobody, ul. Wałowa, Pod-

wale, L. Ukrainki), a także w pasie obronnych bastionów Berensa (ul. P. Rymljanina, Darwina, M. Krzywonosy). Obszar, w granicach którego miąższość warstwy antropogenicznej przekracza 3 m, zajmuje ponad 50% omawianej powierzchni. Przy średniej głębokości posadowienia fundamentów na 2–3 m, podłoże zbudowane z tych gruntów stanowi podstawę dla wielu obiektów i ma wpływ na stan zachowania budynków historycznych oraz infrastruktury podziemnej.

Powstawanie warstwy gruntów antropogenicznych trwało ponad 15 wieków. Najstarsze osady sięgają V w. n.e. (Petehyrych, 1996), o czym świadczą drewniane fragmenty budynków oraz naczynia związane z kulturą praską odkryte przez archeologów w wykopie hotelu „Złoty Lew”, który został zbudowany na terenach zalewowych Peltwi (Petehyrych, 1996). Średnie tempo gromadzenia się osadów antropogenicznych wynosi około 0,5–1,0 cm rocznie, natomiast ich całkowita objętość to ponad 5 mln m³ (Voloshyn, Kachur, 2002).

Specyfiką osadów antropogenicznych jest ich bardzo zróżnicowany skład zarówno pod względem rozprzestrzenienia poziomego, jak i pionowego. Część tych osadów stanowią grunty naturalne o różnej genezie i składzie (pobrane z różnych miejsc i zdeponowane) oraz produkty związane z działalnością człowieka. Można do nich zaliczyć głównie fragmenty starych budynków (tłuczona cegła, kamień, tynk, odłamki betonowe oraz elementy drewnianych konstrukcji), pozostałości po gospodarstwach domowych (np. ceramika, szkło, kości zwierząt, wyroby metalowe

i niemetalowe) oraz odpady przemysłowe (m.in. popiół, żużel).

W ciągu długiego procesu rozwoju miasta nastąpiło wiele zmian w sposobie i rodzaju gromadzonego materiału. Miały na to wpływ m.in. liczne pożary, powodzie i zniszczenia, do których dochodziło na przestrzeni wieków. Dlatego wydzielenie gruntów pochodzenia antropogenicznego jest często skomplikowanym zadaniem.

Najlepiej zachowane osady znajdują się w podstawie bastionów z XVII w., mają formę łańcucha o wydłużonej formie i wysokości 5–7 m (ul. Krzywonośa, Darwina, P. Rymljanina). Mniej zaznaczają się w rzeźbie terenu pozostałości po tzw. wałach Gubernatorskich (Dobrowolsko, 1997), znajdujących się w parku między ul. Podwale i ul. W. Wynnyczenko. Na pozostałym obszarze grunty antropogeniczne mogą mieć w swoim składzie produkty pochodzące z różnych okresów.

Szczegółowe badania warstwy kulturowej w kluczowych miejscach, takich jak wykopy budowlane i archeologiczne oraz rowy zlokalizowane w różnych częściach zabudowy historycznej (m.in.: al. Swobody 45; pl. Mickiewicza 4 i 10; ul. Wałowa 15, P. Rymljanina 3), wykazały złożoną strukturę. Poszczególne warstwy charakteryzują się soczewkową, drobnowarstwową budową z częstymi zmianami w litologii zarówno w planie, jak i pod względem głębokości. Różnią się one ilością, wielkością, jakością i składem cząstek antropogenicznych, a także rozmieszczeniem przestrzennym. Można w nich wydzielić wyraźne granice. Na przykład w archeologicznym wykopie budynku mieszkalnego znajdującego się przy pl. Mickiewicza 10 w 7,5-metrowej warstwie antropogenicznej wyróżniono 43 różne pod względem składu i właściwości warstwy, obejmujące prawie 400-letni okres działalności człowieka na tym terenie.

Innym charakterystycznym dla tego obszaru przykładem przestrzennego rozmieszczenia różnych domieszek antropogenicznych jest ich występowanie w okonturowanych rowach obronnych (Witwicki, 1971). W dolnej części wyraźnie dominują odpady z gospodarstw domowych i komercyjnych. W części przypowierzchniowej (do 2–3 m głębokości) znajdują się duże ilości cegły tłuczonej oraz innych pozostałości budowlanych. Przedstawiony układ wskazuje, że rów obronny po utracie jego pierwotnego przeznaczenia długo stanowił wysypisko odpadów budow-

lanych i śmieci pochodzących z gospodarstw domowych. Odsłonięte warstwy mają nachylenie zmieniające się od 25–30° w górnej części do 0–5° w podstawie rowów obronnych.

W wielu miejscach, gdzie były prowadzone badania, odkryto pozostałości konstrukcji budowlanych, takich jak: nierozebrałe fundamenty, fragmenty podziemnych tuneli, piwnic, rur kanalizacyjnych i wodnych, zakopanych szamb, studni, fragmenty deskowanych wykopów oraz powierzchni brukowych.

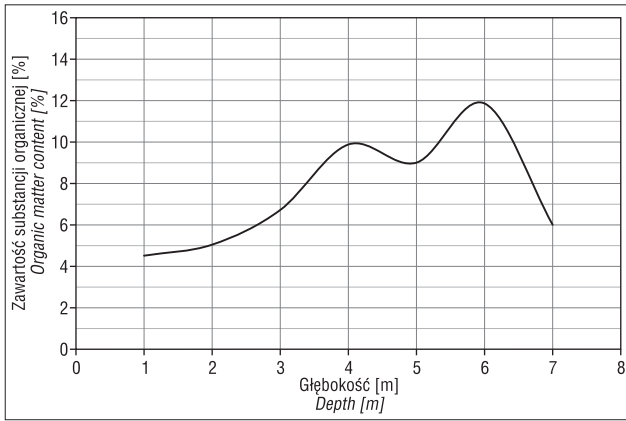
Proporcje pomiędzy ilością materiału antropogenicznego i gruntu pochodzenia naturalnego znacznie się różnią w rozprzestrzenieniu poziomym i pionowym. Wraz z głębokością maleje ilość części antropogenicznych, a w ich składzie dominują odpady pochodzące z gospodarstw domowych. Taki układ warstw jest najlepiej widoczny w średniowiecznym centrum miasta, gdzie od kilkuset lat nie prowadzono zabudowy. Lewa, niższa część tarasu zalewowego Pełtwi charakteryzuje się znacznie mniejszą miąższością osadów antropogenicznych, warstwa kulturowa została utworzona głównie w XIX w., a na jej skład istotny wpływ miały liczne powodzie.

Górna część warstwy antropogenicznej charakteryzuje się przeważnie znacznie wyższym stopniem niejednorodności przestrzennej i zawartością grubszego materiału antropogenicznego. W niektórych częściach Starego Miasta (pl. Mickiewicza 4, ul. P. Rymljanina 3) ilość tłuczonej cegły oraz gruzu budowlanego osiąga 60–80% i znacznie przewyższa ilość gruntów naturalnych. Cechy akumulacji, warunki występowania, różny czas trwania i niejednorodność materiału znacząco wpływają na właściwości gruntów antropogenicznych.

Badania składu chemicznego wody wyekstrahowanej z próbek gruntu (tab. 1) wskazały wiele specyficznych cech. Przede wszystkim uwagę zwraca jej alkaliczność, gdzie pH wynosi 7,5–7,6, wysoka sumaryczna zawartość soli rozpuszczalnych w granicach 1,1–3,2%, a także duża ilość azotu amonowego. Podwyższone pH środowiska jest związane z dużą łączną zawartością węglanu wapnia, spowodowaną obecnością w warstwie gruntowej wapnia pochodzącego z gruzu budowlanego, odłamków margla i wapienia litotamniowego. Sumaryczna zawartość CaCO₃ w gruncie waha się od 3–5 do 20–54%.

Tab. 1. Skład chemiczny wody wyekstrahowanej z gruntu
Table 1. Chemical composition of water extraction

Głębokość Depth [m]	pH [mg/100 g]	NH ₄ [mg/100 g]	Na + K [mg/100 g]	Ca [mg/100 g]	Mg [mg/100 g]	Cl [mg/100 g]	SO ₄ [mg/100 g]	HCO ₃ [mg/100 g]	Sucha pozostałość Dry residue [%]
1,0	7,5	22,0	434,7	150,3	30,4	752,1	110,6	329,5	1,6
1,5	7,5	20,0	770,5	124,5	29,2	1071,4	293,3	353,9	2,8
2,0	7,5	28,0	138,0	160,3	51,0	429,3	206,7	109,8	1,1
2,5	7,5	15,5	982,7	50,1	6,1	1291,3	302,9	183,1	3,2
3,0	7,6	16,9	837,2	96,2	21,9	1106,8	336,6	292,9	2,6
3,5	7,6	12,0	299,0	80,2	41,3	358,3	206,7	366,1	1,2
4,0	7,5	38,0	1106,0	30,1	18,2	1447,4	399,1	122,0	3,0
4,7	7,5	18,3	1060,3	810,2	14,6	1532,5	192,3	250,2	3,1
5,5	7,6	25,1	542,8	162,1	43,4	539,2	259,6	439,3	1,5
6,5	7,5	18,3	460,0	100,2	25,6	649,2	250,0	219,7	1,7



Ryc. 3. Zawartość substancji organicznej w zależności od głębokości

Fig. 3. Organic matter content in relation to depth

Tab. 2. Skład granulometryczny oraz właściwości fizyczno-mechaniczne i korozyjne gruntów
Table 2. Particle size distribution, physical and mechanical and corrosive properties of soils

Parametr Parameter	Liczba próbek Number of samples	Wartość Value			Współczynnik zmienności Variation coefficient [%]
		Minimalna Minimum	Maksymalna Maximum	Średnia Mean	
Skład granulometryczny – zawartość cząstek Particle size distribution [%]	>2 mm	3	41	19,5	54
	2,0–0,05 mm	33	63	46	18
	0,05–0,005 mm	4	31	13,2	57
	<0,005 mm	5	22	10,9	43
Zawartość substancji organicznej Organic matter content [%]	223	2	73	10	140
Zawartość węglanów Carbonates content [%]	30	3	54	18,7	60
Wilgotność naturalna Natural moisture [%]	237	9	380	32	59
Stopień plastyczności Liquidity index [-]	230	0,01	0,33	0,11	55
Gęstość objętościowa Bulk density [g/cm ³]	232	0,94	2,10	1,77	11
Wskaźnik porowatości Porosity coefficient [-]	232	0,26	3,12	1,02	54
Stopień wilgotności Degree of saturation [-]	232	0,28	1,00	0,83	17
Moduł odkształcenia Deformation moduls [MPa]	57	1,4	25	6,2	59
Kąt tarcia wewnętrzny Friction angle [°]	65	2	35	11	97
Spójność Cohesion [MPa]	65	0,01	0,056	0,036	42
Współczynnik filtracji Permeability index [m/dobę]	12	0,01	1,00	0,05	58
Aktywność korozyjna Corrosion activity	głębokość / depth <3,0 m	24			średnia medium
	głębokość / depth >3,0 m	26			wysoka high

Chlorek sodu, potas oraz wapń są pochodzenia antropogenicznego. Ich podwyższona ilość w gruncie świadczy o wykorzystywaniu tych soli na drogach do likwidacji gołodzi podczas zimy. Ich zawartość zmienia się w cyklu rocznym.

Rozkład cząstek organicznych pozostałych w warstwach gruntu, a także wycieki z sieci kanalizacyjnych przyczyniają się do zwiększonej ilości azotu amonowego w próbkach (12,0–38,0 mg/100 g gruntu). Szczególną rolę w warstwie kulturowej odgrywają części organiczne, które nadają gruntom specyficzną brązowo-szarą lub ciemnoszarą barwę. Ich zawartość w może być pochodzenia naturalnego (powstałe wskutek naturalnych procesów przemiany materii) lub antropogenicznego (pozostałości po drewnianych budynkach, palach, deskowaniach wykopów itp.). Drobne, cienkolaminowane resztki organiczne występują niemal na całym omawianym obszarze i są efektem gromadzenia się produktów związanych z działalnością

człowieka oraz ciągłych procesów pedogenezy. Ich zawartość waha się w przedziale od 2,5 do 73% i wzrasta wraz z głębokością (ryc. 3). Ilość substancji organicznych, szczególnie resztek makroorganicznych, w dużej mierze zależy od stopnia przesuszenia warstwy, który jest ściśle związany z jej położeniem i rodzajem występujących gruntów naturalnych.

Analiza wielu profili wiertniczych wykazała, że na zboczach Kotliny Lwowskiej grunty antropogeniczne występują niemal wszędzie w strefie aeracji. Średnia wartość stopnia wilgotności wynosi $Sr = 0,76$. Na obszarze tarasu zalewowego Pełtwi grunty antropogeniczne znajdujemy zarówno w strefie aeracji, jak i saturacji. Miejsca, w których grunty występujące pod wodą należą do strefy podtopienia antropogenicznego, zajmują 26,8% ogólnej powierzchni badanego terenu. Stopień wilgotności osadów na tarasie zalewowym wynosi $Sr = 0,81$.

Granica strefy aeracji i saturacji znajduje się na głębokości 2,5–3,0 m p.p.t. Obliczenia stopnia wilgotności wykazały, że do tej głębokości jego wartość waha się w przedziale od 0,37 do 0,77, a poniżej zwykle przekracza 0,80 aż do całkowitego nasycenia wodą, co powoduje praktycznie wyeliminowanie

procesu rozkładu substancji organicznej. Efektem tego procesu jest gwałtowny wzrost zawartości związków organicznych na tej głębokości (ryc. 3).

Równie ważną rolę w procesie rozkładu substancji organicznej odgrywa litologia gruntu i ilość zawartych w nim drobno rozproszonych składników, które mają wpływ na zdolność ośrodka do utrzymania wilgoci (hydrofilność). Szybkość reakcji utleniania substancji organicznej w jednakowych warunkach jest znacznie wyższa w gruntach piaszczystych niż gliniastych. Rozpad makroorganicznych wtrąceń powoduje tworzenie się różnych rozmiarów pustek w ośrodku gruntowym, co zwiększa jego przepuszczalność i sprzyja przepływowi wody oraz powietrza, prowadząc do mechanicznego wypłukiwania ziaren z osadów (sufozja mechaniczna) i w efekcie do osiadania gruntu. Rozwój tych procesów jest silnym czynnikiem wpływającym na zmniejszanie się nośności podstawy konstrukcji inżynierskich i często prowadzi do deformacji (Voloshyn, 2001).

Skład granulometryczny i fizyczno-mechaniczne właściwości gruntów warstwy antropogenicznej charakteryzują się znaczną różnorodnością, co potwierdzają wyniki przedstawione w tabeli 2. Znaczne wahania zawartości w gruntach cząstek o różnej frakcji wskazują na ich dużą różnorodność pod względem litologicznym. W wielu profilach zaobserwowano gliny piaszczyste, ropy, gliny, piaski oraz grunty organiczne. Wilgotność naturalna gruntu waha się w przedziale od 9 do 380 % i jest ściśle związana z zawartością substancji organicznej, która ma wpływ także na gęstość gruntu. Wartości gęstości objętościowej zmieniają się w zależności od zawartości substancji organicznej od 0,94–1,06 g/cm³ do 1,34–2,10 g/cm³. Parametry określające mechaniczne właściwości gruntu charakteryzują się również dużymi wahaniami. Kąt tarcia wewnętrznego wynosi 2–35°, a spójność 0,01–0,056 MPa. Na podstawie tych wyników stwierdzono, że grunty te mają małą wytrzymałość. Dodatkowo moduł odkształcenia całkowitego, który w większości przypadków nie przekracza 5,0 MPa, wskazuje że należy traktować je jako słabe. Znaczną zmienność wykazują także wartości współczynnika filtracji (m/dobę), które mogą się różnić nawet o dwa rzędy wielkości. Warstwa gruntów antropogenicznych o małej zawartości substancji organicznych do głębokości 3 m charakteryzuje się średnią korozyjnością w stosunku do konstrukcji budowlanych, jednak poniżej tej głębokości warunki ulegają zmianie i grunt wykazuje wysoką aktywność korozyjną. Współczynnik zmienności dla większości parametrów podanych w tabeli 2 przekracza 50 %, co wskazuje na bardzo wysoki stopień niejednorodności omawianych osadów.

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Grunty antropogeniczne znajdujące się na terenie obejmującym historyczną zabudowę Lwowa są unikatowe

pod względem struktury wewnętrznej, litologii, składu petrograficznego i chemicznego oraz właściwości fizyczno-mechanicznych, które odzwierciedlają rozwój obszarów miejskich i sposób ich użytkowania.

2. Charakteryzują się one wyraźnymi właściwościami sensorycznymi wynikającymi z obecności elementów efemerycznych (np. substancji makroorganicznych, rozpuszczalnych soli), które mają wpływ na wielkość przesuszenia warstwy.

3. Duża zawartość składników szkodliwych (np. azot amonowy, chlorek sodu itp.) znajdujących się w warstwie gruntów antropogenicznych jest źródłem zanieczyszczenia wód gruntowych.

4. Różnorodność litologiczna oraz obecność pustek o różnych wymiarach, powstałych na skutek rozpadu substancji organicznej, stwarzają warunki dla procesu sufozji, co może prowadzić do osiadania gruntu.

5. Grunty antropogeniczne są bardzo podatne na wszelkiego rodzaju zmiany zarówno naturalne, jak i antropogeniczne, które mogą prowadzić do zmniejszenia ich nośności i stworzyć zagrożenie dla istniejącej zabudowy. Dlatego tak ważne jest dokładne i kompleksowe badanie tych gruntów.

Badanie geologiczno-inżynierskich właściwości gleb technogennych w centralnej części Lwowa zostało sfinansowane przez Lwowską Radę Miejską. Autor składa podziękowania Recenzentom za głęboką analizę materiału przedstawionego w artykule i wszelkie uwagi.

LITERATURA

- ABELEV I.U.M. 1962 – Vozvedenie zdaniia na nasypnykh hruntakh. Moskva, Stroizdat: 147.
- AVDUSIN D.A. 1980 – Polevaia arkheologia SSSR. Moskva, Vysshiaia shkola: 335.
- AFONIN A.P., DUDLER I.V., ZIANHIROV R.S. I DR. 1990 – Klassifikatsiia tekhnogennykh hruntov. Inzhenernaia heolohia, 1: 115–121.
- DOBROVOL'SKOHO H.V. (red.) 1997 – Pochva, horod, ekolohiia. Moskva: 319.
- KHAZANOV M.I. 1975 – Iskusstvennye hrundy i ikh obrasovanie i svostva. Moskva: 143.
- KOTLOV F.V. 1947 – Kulturnyi sloi h. Moskvy i eho inzhenerno-heolohicheskaia kharakteristika – Ocherki hidroheol. i inzh. heol. Moskvy I ee okrestnosti. Moskva: Izd-vo MOIP: 3–17.
- KOTLOV F.V. 1962 – Izmenenie prirodnykh uslovii territorii Moskvy pod vlianiem dejaitel'nosti cheloveka i ikh inzhenerno-heolohicheskoe znachenie. Moskva: Izd-vo AN SSSR: 264.
- KOTLOV F.V., BRASHYNINA I.A., SIPIAHINA I.K. 1967 – Horod i inzhenerno-heolohicheskie protsessy. Moskva: Nauka: 167.
- PETEHYRYCH V. 1996 – Naidavnishe slovianske zhytlo zi Lvova. Hal'atska Brama, 12: 5.
- SYCHOVA S.A. 1994 – Pochvenno-heomorfolohicheskie aspekty formirovaniia kulturnoho sloia drevnykh poselenii. Pochvovedenie, 3: 28–33.
- SYCHOVA S.A. 1999 – Kulturnyi sloi drevnykh poselenii kak obiekt heografii. Izviestii AN Rossii. Ser. heohr., 6: 12–20.
- TIMOFEEVA D.A. (red.) 1997 – Horod – ekosistema. Moskva: Media-Press: 336.
- VOLOSHYN P.K. 2001 – Rozvytok antropohennoi sufozii u tsenralnii chastynei Lvova taii ekolohichni naslidky. Visnyk Lviv. un-tu. Ser. heohr, Vyp. 27: 4–45.
- VOLOSHYN P.K., KACHUR R.P. 2002 – Antropohennyi morfolitohe-nez u tsenralnii chastynei Lvova. Heomorf. dosl. v Ukraini: mynule, suchasne, maibutnie. Lviv, Vydavn. tsentr LNU, s. 150–151.
- WITWICKI J. 1971 – Obwarowania śródmieścia miasta Lwowa i ich przemiany do XVIII w. Część II : Obwarowania śródmieścia Lwowa. Warszawa, Kwart. Arch. Urban., 16 (2/3): 155.