

WPŁYW WARUNKÓW GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH NA ZACHOWANIE ZABYTKÓW ARCHITEKTURY CENTRALNEJ CZĘŚCI LWOWA

THE INFLUENCE OF ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS ON MONUMENTS' MAINTENANCE IN THE CENTRAL PART OF LVIV

PIOTR WOŁOSZYN¹

Abstrakt. Na przykładzie Lwowa przedstawiono wpływ właściwości geologiczno-inżynierskich gruntów na zachowanie trwałości wybranych obiektów zabytkowych. Głównymi czynnikami obniżającymi trwałość fundamentów są: występowanie słabego podłoża, niekorzystne warunki hydrogeologiczne, deformacje filtracyjne oraz podtopienia. Pogorszenie stanu budynków jest spowodowane zastosowaniem drewnianych fundamentów, niekorzystnym wpływem obciążeń dynamicznych, wywołanych znacznym ruchem samochodowym, oraz podtopieniami obiektów w wyniku nieszczelności kanalizacji i wodociągów.

Słowa kluczowe: warunki geologiczno-inżynierskie, obiekty zabytkowe, grunty antropogeniczne, procesy morfodynamiczne, sufozja.

Abstract. The influence of engineering-geological conditions on monuments' stability is discussed in this article. The main factors which weaken the buildings' foundations are weak rocks, hydrogeological conditions, mechanical suffosion and flooding. The condition of buildings is getting worse because of the usage of wooden elements instead of more durable ones, by vibrations produced by considerable car traffic and by leakages from sewage systems and waterworks.

Key words: engineering-geological conditions, monuments, anthropogenic soils, morphodynamical process, mechanical suffosion.

WSTĘP

Centralna część Lwowa to swoiste muzeum architektury pod otwartym niebem. Dzięki swojej unikatowości i niepowtarzalności, historyczno-architektoniczne centrum w 1998 r. zostało wpisane na Listę Światowego Dziedzictwa Kulturowego i Przyrodniczego Ludzkości UNESCO. Utrzymanie tego statusu wymaga zachowania budowli w należytym stanie.

Skoncentrowany we Lwowie ogromny potencjał kulturowo-historyczny stwarza wiele różnych problemów, które wymagają szybkiego rozwiązania. Najbardziej widoczny i aktualny jest problem fizycznego zachowania zabytków

architektury w kontekście ich wzajemnego związku i współdziałania ze składowymi środowiska przyrodniczego.

Z zebranych danych przez Urząd Miasta Lwowa i obserwacji autora artykułu wynika, że ponad 70% obiektów i zabudowań o dużej wartości historycznej w centralnej części miasta charakteryzuje się dużym stopniem uszkodzeń, a niektóre z nich uległy pełnej degradacji.

Wśród wielu składników przyrody, które współdziałają z zabytkami w ten czy w inny sposób i wpływają na ich stan, kluczową rolę pełni środowisko geologiczne, które stwarza z nimi skomplikowany przyrodniczy i antropogeniczny

¹ Państwowy Uniwersytet im. I. Franka, Wydział Geologii, Katedra Ekogeologii, Geologii Inżynierskiej i Hydrogeologii, ul. Uniwersytecka 1, 79000 Lwów; woloshyn@infocom.lviv.ua

kompleks. Ta ważna składowa jest podstawą i środowiskiem istnienia zabytków. Zmiana stanu i właściwości środowiska geologicznego w czasie pod wpływem czynników przyrodniczych i antropogenicznych często prowadzi do deformacji

budowli, a czasami nawet do ich zniszczenia. W celu ograniczenia procesów destrukcyjnych, zachodzących między obiektem zabytkowym a środowiskiem geologicznym, konieczne są prace badawcze i prowadzenie monitoringu.

CEL BADAŃ

Celem podjętych badań była ocena wpływu warunków geologiczno-inżynierskich na stopień zachowania zabytków architektury w centralnej części Lwowa oraz wskazanie środków umożliwiających zapewnienie ich trwałości.

Dla osiągnięcia tego celu postawiono następujące zadania:

- studiowanie budowy i właściwości środowiska geologicznego, ocena jego stanu i prognozowanie zmian;
- ocena charakteru i intensywności wpływu antropogenicznego na środowisko geologiczne;

- wskazanie naturalnych i antropogenicznych procesów, które rozwijają się w podłożu gruntowym;
- typizacja środowiska geologicznego;
- klasyfikacja obiektów architektonicznych i rodzajów fundamentów oraz stopień ich zmian, a także przestrzenna analiza ich stanu;
- ocena wpływu warunków geologiczno-inżynierskich na zachowanie zabytków;
- określenie środków na zmniejszenie negatywnego oddziaływania zmian środowiska geologicznego na zabytki.

ANALIZA BADAŃ

Problemy współdziałania zabytków architektury ze środowiskiem geologicznym najpełniej są opracowane i wyświetlone w pracach badaczy rosyjskich (Briling, 1987; Bahirewa i in., 1989; Koff, red., 1991; Bahirewa, Rodina, 1992; Paszkin i in., 1997; Paszkin, 1998, 2002; Szwec i in., 1998). Analizują oni warunki środowiskowe różnych typów

zabytkowych obiektów Moskwy, jej okolic i wielu innych regionów Rosji, rozpatrują wpływ zmian w podłożu, przyczyny deformacji oraz ustalają metody badań. Problemy historycznych obiektów Lwowa przedstawia w swoich pracach również autor niniejszego opracowania (Wołoszyn, Kacur, 1999; Wołoszyn, 2002, 2003a, b).

BAZA INFORMACYJNA

W badanej części Lwowa o powierzchni około 1,5 km² wykonano szeroki zakres prac terenowych, laboratoryjnych i kameralnych. Przeprowadzono szczegółowe obserwacje całego obszaru i istniejących budowli, odwiercono 42 otwory i wykorzystano dane z ponad 300 archiwalnych otworów wiertniczych, określono właściwości fizyczno-chemiczne wody, fizyczno-mechaniczne gruntów, właściwości korozyjne, skład chemiczny gruntów, wód podziemnych i deszczowych oraz śniegu, a także badania prądów błędzących.

Określono stopień dynamicznego obciążenia podłoża przez różne rodzaje transportu, przeprowadzono pomiary geodezyjne – niwelację precyzyjną (II klasy), opracowano dokumenty archiwalne oraz wyniki wykopów archeologicznych. Opracowano 42 komputerowe szacunkowe, analityczne i syntetyczne modele kartograficzne, które charakteryzują współdziałanie przyrodniczego i antropogenicznego kompleksu w środowisku geologicznym oraz zmiany tego środowiska.

WYNIKI BADAŃ

Geomorfologicznie centralna część miasta, z jej licznymi zabytkami architektury, położona jest w granicach kotliny Lwowskiej, która stanowi głębokie zagłębienie erozyjne, utworzone przez dolinę rzeki Pełtwi i jej dopływów, rozciągające się w kierunku południkowym na długości prawie 2 km. Dno kotliny stanowi płaski taras zalewowy Pełtwi i częściowo rzeki Pasieki. Jej szerokość zmienia się od 500–600 do 800 m.

Naturalna rzeźba powierzchni terenu badań uległa istotnym przeobrażeniom. Cały obszar jest przekształcony antropogenicznie. Na powierzchni występuje nieprzerwana warstwa gruntów antropogenicznych o miąższości od 2–3 do

6–9 m. Doliny rzeczek, potoków oraz jeziora uległy pełnej antropogenicznej transformacji. Współczesne ukształtowanie centrum Lwowa jest w istocie w całości wynikiem działalności człowieka.

Zabudowa z różnych okresów pokrywa zarówno taras Pełtwi, jak i dosyć strome zbocza doliny.

W strefie zabytków architektury zalega zróżnicowany pod względem litologii, składu i właściwości kompleks gruntów, na który składają się współczesne nagromadzenia (warstwa antropogeniczna) oraz osady czwartorzędowe, neogenu i górnej kredy.

Osady antropogeniczne pokrywają ciągłym płaszczem teren historycznej zabudowy Lwowa. Ich miąższość zmienia się w szerokich granicach od 2–4 do 6–9 m. Na zboczach kotliny wynosi przeciętnie nie więcej 3–4 m, a na terasie zalewowym rzeki, w szczególności w pobliżu jej koryta, osiąga 7–9 m. Tereny, w obrębie których grubość tej warstwy przekracza 3,0 m, zajmują ponad 50% powierzchni ogólnej. Przy przeciętnym posadowieniu fundamentów na głębokości 2–3 m podłoże ma decydujący wpływ na stan zachowania wielu zabytków architektury.

Szczegółowe badania warstwy kulturowej, przeprowadzone w otworach wiertniczych, szybkach, wykopach budowlanych, rowach oraz odsłonięciach archeologicznych, wykazały, że te unikatowe przyrodniczo-antropogeniczne utwory mają skomplikowaną budowę: zróżnicowaną litologię, skład chemiczny i właściwości fizyczno-mechaniczne. Osady tego typu charakteryzują się wyraźnie określonymi właściwościami, w tym obecnością wielu różnych składników (substancji organicznej, łatwo rozpuszczalnych soli itd.), bardzo wrażliwych na przyrodnicze, a zwłaszcza antropogeniczne zmiany warunków.

Charakterystyczną właściwością tych gruntów jest wysoki stopień niejednorodności składu, stanu i właściwości zarówno w poziomie, jak i w pionie. W kompleksie aluwialnym, na podstawie warunków nagromadzenia i jego litologii, wydzielono osady korytowe, osady tarasu zalewowego i nadzalewowego z madami rzecznyymi oraz osady starorzeczne.

Osady korytowe zbudowane są z piasków drobno- i średnioziarnistych z soczewkami i warstwami materiału żwirowo-otoczkowego. Utwory tego typu są rozpowszechnione głównie na prawym brzegu doliny Pełtwi. Na jej lewym brzegu występują one tylko w formie niewielkich płatów. Przeciętna miąższość tej warstwy wynosi 3,5–6,5 m.

Mady rzeczne składają się z niebieskawo-szarych piaszczysto-gliniastych i gliniasto-piaszczystych utworów z przewarstwieniami i soczewkami drobnego piasku, czasami z domieszką substancji organicznej. Miąższość ich waha się od 1 do 3 m.

Osady starorzeczne zajmują ponad jedną trzecią powierzchni badanego obszaru. Skupione są głównie na lewym brzegu Pełtwi, a także wypełniają dna dolin jej dopływów. Litologicznie są to zatorfione osady gliniasto-piaszczyste, gliny i torfy. Torfy tworzą oddzielne soczewki o miąższości od 0,2 do 1,0–2,4 m. Najczęściej spotykane są na Prospekcje Wolności oraz ulicach Bankowej, Iwana Franki i Kowżuna. Utwory zatorfione pod postacią ciągu izolowanych płatów rozpościerają się wzdłuż lewego brzegu Pełtwi. Największe miąższości (6–12 m) osiągają w pobliżu placu Mickiewicza, ul. Gnatjuka oraz w rejonie Teatru Opery i Baletu. Osady tego typu dzięki dużej zawartości części organicznych charakteryzują się niskimi wartościami parametrów mechanicznych, wysoką podatnością na wpływy antropogeniczne, a w szczególności na zawodnienie i wibracje.

Osady deluwialne są zbudowane z lessopodobnych gruntów piaszczysto-gliniastych w stanie twardoplastycznym i plastycznym, z przewarstwieniami piasków, które

mięszką warstwą (od 1–3 do 10–15 m) pokrywają zbocza Cytadeli. Charakteryzują się wysokimi wartościami parametrów mechanicznych.

Utwory górnej kredy należą do mastrychtu i zwane są lwowskimi marglami. Na zboczach kotliny znajdują się na głębokości 1,5–3,0 m, a na obszarze najwyższego tarasu erozyjnego doliny Pełtwi – na głębokości od 6 do 15 m. Margle są zwietrzałe z licznymi szczelinami. Stopień spękania masywu skalnego zmniejsza się z głębokością. W górnej, najbardziej zwietrzalej części, stopniowo przechodzą w gliniaste eluvia, które stanowią zwarte i półzwarte osady gliniasto-piaszczyste i gliny z różną zawartością węgla wapnia. Zawierają okruchy margli, których liczba rośnie z głębokością. Miąższość glin zmienia się od 0,5 do 4,0 m.

Na badanym terenie występują dwa horyzonty wodonośne: czwartorzędowy i górnokredowy. Pierwszy od powierzchni, poziom czwartorzędowy leży na słabo przepuszczalnych eluwiach margli górnej kredy. Jest to zróżnicowany pod względem litologicznym kompleks aluwialnych osadów Pełtwi. Zwierciadło wód tego poziomu jest swobodne. Notowane jest przeważnie na głębokości 2–4 m. Tylko na obszarze zdrenowanym (Teatr Opery i Baletu, pl. Celna, a także na zboczach Cytadeli) głębokość jego występowania przekracza 6–9 m. W peryferyjnych częściach doliny Pełtwi osady te są praktycznie bezwodne.

W drugiej od powierzchni warstwie wodonośnej, górnokredowej, związanej ze spękanymi marglami mastrychtu, występują wody o zwierciadle napiętym. Głębokość zalegania poziomu wód tego horyzontu zmienia się od 2,8 (ul. Bankowa) do 11,6 m (ul. M. Krzywonośa). Napór wód podziemnych również waha się: w rejonie teatru Kukielkowego zwierciadło wody jest praktycznie swobodne, a w otworach wiertniczych na Prospekcje Wolności sięga głębokości 9,5–10,3 m, przy przeciętnej 2–4 m.

Na podstawie morfologii, budowy geologicznej, miąższości warstwy antropogenicznej, osadów zatorfionych i torfów, warunków hydrogeologicznych oraz współczesnych procesów morfodynamicznych w centralnej części Lwowa wydzielono 19 typów środowiska geologicznego. Najbardziej niesprzyjające warunki notowane są w dnie kotliny. Tu przeważają obszary z wielowarstwową budową geologiczną, dużą miąższością gruntów antropogenicznych (3–9 m), zatorfionych i torfów o miąższości do 6–8 m, aktywnym rozwojem procesów podtapiania, drenowania i sufozji mechanicznej. W jej obrębie znajdują się obszary najbardziej narażone na osiadanie (ponad 30 cm).

Zurbanizowana centralna część miasta składa się z budynków mieszkalnych, administracyjnych i obiektów kultury oraz gęstej sieci podziemnej i naziemnej infrastruktury. Mają one różny pod względem charakteru, intensywności i trwałości wpływ na środowisko geologiczne.

Charakterystyczną cechą tego rejonu jest zwarta, wielopiętrowa zabudowa (od 1 do 8 pięter). Przeważająca liczba (97%) z 1238 domów ma wysokość od 1 do 4 pięter. Najwięcej jest budynków 3-piętrowych (40,7%). Całkowita długość sieci kanalizacyjnej, która funkcjonuje od XVII w., wynosi 20,6 km, a wodociągowej (XIV w.) 57 km.



Fig. 1. Drewniane elementy fundamentów

Wooden elements of foundation

W przeszłości budynki stawiano na fundamentach płytkich (taśmowe) lub głębokich (palowe). Charakterystyczną ich cechą jest powszechne stosowanie drewna. W jednych miejscach fundament stanowią drewniane belki tworzące ruszt, czasami z piaszczystą poduszką, w innych zaś drewniane bale. W przekroju bywają one okrągłe lub prostokątne o grubości od 10 do 30 cm. Występują też fundamenty mieszane, jedno- lub dwurzędowe (fig. 1 i 2). Fundamenty palowe budowano z pali o średnicy od 10–15 do 20–30 cm. Często spotyka się fundamenty z krótkich zaokrąglonych pali o długości 1–1,5 m, które były wbijane dla ogólnego wzmocnienia podłoża. Pale wykonywano zazwyczaj z drewna dębowego, ale spotyka się także pale sosnowe. Głębokość położenia fundamentów taśmowych przeciętnie nie przekracza 3 m. Długość pali wynosi 3–6 m. Statyczne obciążenie jednostkowe (w zależności od wysokości budynku) waha się od 0,1 do 0,3, rzadziej 0,4–0,5 MPa.

Znaczący wpływ na środowisko geologiczne ma transport. Badania dynamiczne wykazały, że wygenerowane pojazdami pole wibracyjne zmienia się od 33 (niskie) do 76 db (wysokie). Oprócz tego, dosyć silne pole prądów błędzących i przyspieszenie procesów elektrokorozji wywołane są przez uliczny transport elektryczny. Stosowanie w czasie gołoleździ soli kuchennej istotnie wpływa na korozyjną aktywność gruntów. W rozwoju niesprzyjających procesów morfodynamicznych pomagają również duże wycieki wody z sieci wodociągowych i kanalizacyjnych (do 1,5 mln m³/rok/km²).

Uzyskane dane przekonująco świadczą o silnej antropopresji skierowanej na różne składowe środowiska geologicznego, która doprowadziła do zmian jego składu, stanu i właściwości. Te zmiany istotnie wpływają na współdziałanie składowej przyrodniczej i antropogenicznej. Im większy jest stopień zmian środowiska geologicznego, tym silniej odbija się on na stanie technicznym zabudowy. Stopień uszkodzenia obiektów budowlanych może być swoistym kryterium zmian, jakie zachodzą w środowisku geologicznym.

W celu oceny stanu zmian antropogenicznych i przyrodniczych przeprowadzono szczegółową obserwację budowli, kładąc nacisk na stopień ich uszkodzenia.

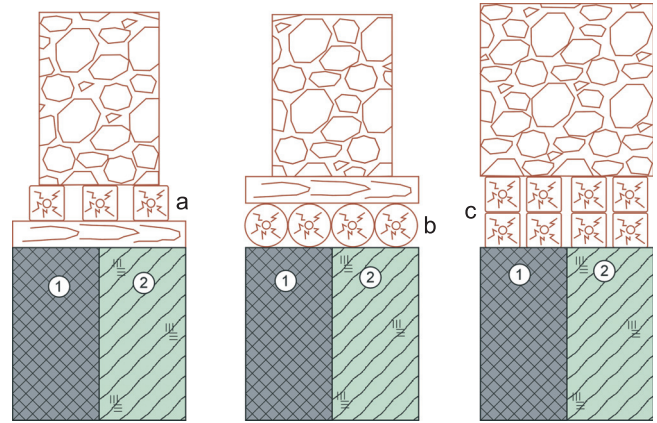


Fig. 2. Sposoby posadawiania budynków historycznych

1 – grunty antropogeniczne w podłożu fundamentów; 2 – grunty spoieste z domieszką części organicznych w podłożu fundamentów; a – ruszt z belek o przekroju kwadratowym; b – ruszt z belek o przekroju okrągłym; c – równoległe ułożenie belek o przekroju kwadratowym

The methods of foundation of historical buildings

1 – anthropogenic subsoil; 2 – cohesive soils with organic matter as a subsoil; a – mat foundation – square beams; b – mat foundation – rounded beams; c – parallel position of square beams

Pod tym względem budynki podzielono na kilka kategorii: (1) bez widzialnych deformacji; (2) z pęknięciami ścian nośnych do 3–5 mm, co nie przeszkadza w ich normalnej eksploatacji; (3) z pęknięciami do 20–30 mm, wygięciami i przekrzywieniami, które negatywnie wpływają na stan budowli; (4) budowle, które ulegają awariom; stopień uszkodzenia konstrukcji nie gwarantuje całości tych obiektów. W tabeli 1 pokazano, że stan techniczny wielu budynków, m.in. zabytków architektury, jest całkowicie niezadowolający.

Analiza przestrzenna pęknięć mocno zdeformowanych obiektów i zabudowań, które uległy awariom, wykazała, że zlokalizowane są one głównie na tarasie zalewowym Pełtwi i w obszarze zlikwidowanych budowli obronnych, w szczególności dawnych fos. W pierwszym wypadku jest to teren o skomplikowanej budowie geologicznej, w drugim –

Tabela 1

Stan zabudowań w centralnej części Lwowa

State of buildings in the central part of Lviv

| Stan budowli | Liczba | Odsetek liczby ogólnej [%] |
|-----------------------------------|--------|----------------------------|
| Budowle bez uszkodzeń | 169 | 13,7 |
| Budowle z pęknięciami do 3–5 mm | 723 | 58,4 |
| Budowle z pęknięciami do 20–30 mm | 98 | 7,9 |
| Budowle, które uległy awariom | 248 | 20,0 |
| Ogólna liczba budowli | 1238 | 100 |

z dużą miąższością gruntów antropogenicznych (do 6–9 m). Wspólną cechą tych dwóch obszarów jest obecność w ich budowie utworów charakteryzujących się dużą wrażliwością na wpływ czynników zewnętrznych.

Osobno należy zwrócić uwagę na deformacje budowli (które mają elementy fundamentów drewnianych) związane z wpływem antropogenicznym – obniżeniem poziomu wód gruntowych. Na przykład fundamenty budynku przy pl. Mickiewicza 10, zbudowane z dębowych belek o grubości 30 cm, w wyniku obniżenia zwierciadła wody podziemnej znalazły się w strefie aeracji i rozpadły się w 70–90%, natomiast w miejscach, gdzie nie było dostępu tlenu, zachowały się w całości. Destrukcja drewna na wielką skalę w tym budynku doprowadziła do nierównomiernego osiadania jego konstrukcji, które osiągnęło 30 cm i spowodowało zniszczenie obiektu. Analogiczne procesy doprowadziły do całkowitego zniszczenia górnej części pali drewnianych pod domem przy ul. Wałowej 15. Podobne do przytoczonych przykłady w centralnej części miasta nie należą do sporadycznych.

Przeprowadzone badania pozwoliły wydzielić obszary o różnym stopniu ryzyka dla posadowienia budynków i wyciągnąć następujące wnioski:

1. Zasadniczy wpływ na stan techniczny zabytków architektury w centrum Lwowa mają grunty antropogeniczne oraz osady rzeczne i starorzeczy. Charakteryzują się one małą nośnością i dużą zdolnością do deformacji, sprzyjają rozwojowi procesów konsolidacji i pełzania.

2. Zagospodarowywanie terytorium miasta, które trwało ponad siedem stuleci, istotnie wpłynęło na stan budowli oraz właściwości środowiska geologicznego. Zasadnicze zmiany nastąpiły również w sieci hydrologicznej. Wykształciła się miększa warstwa gruntów antropogenicznych, zmieniła się ich temperatura i wilgotność, istotnie zmalało drenażowanie terenu, został naruszony hydrodynamiczny i hydrochemiczny reżim wód podziemnych, powstały i zaczęły się rozwijać niesprzyjające procesy. Pod wpływem statycznego i dynamicznego obciążenia, lokalnego obniżenia poziomu wód gruntowych, a także niezadawalającego funkcjonowania sieci wodociągowych odbywa się nierównomierne osiadanie powierzchni terenu, którego wielkość w poszczególnych rejonach miasta (ul. Kowzuna, ul. M. Woronogo i in.) przekracza 1 cm/rok.

3. Analiza przestrzennego usytuowania budowli, które uległy awariom, i struktury środowiska geologicznego wykazała, że niszczenie zabytków architektury związane jest z takimi czynnikami, jak: warunki geologiczne, obecność gruntów wrażliwych na zmiany wilgotności, poziom wód gruntowych i jego dynamika, rozwój niesprzyjających procesów morfodynamicznych.

4. Najważniejsza jest nie tylko obecność zabudowań w aktywnej strefie gruntów ściśliwych oraz gruntów podatnych na deformacje filtracyjne, co jest bardzo ważne, ale także zmiany tych właściwości pod wpływem stale rosnącego wpływu antropopresji, które determinują aktywny rozwój procesów deformacyjnych.

5. Głównymi czynnikami antropogenicznymi, które doprowadziły do rozwoju szerokiego spektrum procesów morfodynamicznych, są: dynamiczne obciążenia różnego rodzaju transportem, duże ubytki wody z nieszczelnych wodociągów i kanalizacji oraz niezadawalające odprowadzanie wód: stałych (drenażowanie) i tymczasowych (obniżanie poziomu wód gruntowych na placach budowy).

6. Przy zachowaniu istniejącego wpływu antropopresji na środowisko geologiczne oraz tempa jego zmian, negatywne oddziaływanie na stan zabytków architektury będzie wzrastało, co doprowadzi do zwiększenia liczby oraz skali awarii i katastrof.

W celu zapobieżenia zniszczeniu historyczno-architektonicznych obiektów Lwowa konieczne jest:

- zminimalizowanie obciążeń transportowych na środowisko geologiczne, zwłaszcza na terenach o małej nośności podłoża;
- zabezpieczenie systemów zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków;
- niedopuszczanie do obniżenia poziomu wód gruntowych przy wykonywaniu jakichkolwiek prac ziemnych;
- wprowadzenie monitoringu zmian środowiska geologicznego i zorganizowanie sieci obserwacji naziemnych części zabytków architektury;
- zarządzanie w centralnej części miasta zmianami antropogenicznymi oraz przyrodniczymi za pomocą sieci monitoringu i stale aktualizowanego modelu środowiska geologicznego.

LITERATURA

- BAHIREWAL.B., RODINAE.E., 1992 — Inżenerno-geologiceskie issledowanija s celju sohraneniija arhitekturno-istoriceskich pamjatnikow na urbanizirowanyh territorijah (primery zarubeżnoho opyta. *Inżenernaja geologija*, 6: 121–157.
- BAHIREWA L.B., KOFF L.G., MAMONTOWA C.A., JARANCEWA E.E., 1989 — Ocenka geologiceskoho i geohimiceskoho riska w shemah ohrany geologiceskoj sredy kulturno-istoriceskich son na primere Moskowskoho regiona. *Inżenernaja geologija*, 6: 36–47.
- BRILING I.A., 1987 — Ob ustojciwosti bliznih pecer Kiewo-Pecerskoho zapowednika. *Inżenernaja geologija*, 1: 106–115.
- KOFF L.G., red. 1991 — Geoekologiceskie osnovy ohrany arhitekturno-istoriceskich pamjatnikowi rekreacionnyh objektow. Nauka, Moskwa.
- PASZKIN E.M., 1998 — Inżenierno-geologiceskaja diagnostika deformacij pamjatnikow arhitektury. Moskwa. Wysshaja shkola.
- PASZKIN E.M., 2002 — Inżenierno-geologiceskije problemy sohraneniija pamjatnikow arhitektury. *Geoekologija*, 3: 195–203.
- PASZKIN E.M., DOMAREW O.W., CEKALIN S.I., 1997 — Inżenerno-geologiceskij aspect sohraneniija i restawracii Ostantkinskoho muzeja-usadby. *Geoekologija*, 4: 34–40

- SZWEC W.M., KUPALOW-JAROPOLK O.I., ZEMERIKINA L.W., 1998 — Opyt borby s podtopieniem fundamentow istoriko-arhitekturnyh pamjatnikow h. Moskwy. *Geoekologija*, 4: 65–70.
- WOŁOSZYN P.K., 2002 — Prirodno-antropogennye deformacii zemnoj powerhnosti urbanizirovannyh territorij kak pokazatel geodinamicesoho riska. *Geodezija, kartografija i aerofotosjomki*, 62: 14–20.
- WOŁOSZYN P.K., 2003a — Ocenka wlijanija transportnoj wibracii na prirodno-tehniceskie sistemy centralnoj casti Lwowa. *W: Antropogennaja geografija i landshaftowedenie w XX i XXI stoletijach*. Winnica, Woroniez: 136–139.
- WOŁOSZYN P.K., 2003b — Antropogennye izmenenija wod podzemnoj hidrosfery centralnoj casti h. Lwowa. *Wesnik Lwowskoho Uniwersiteta, ser. geogr.*, 29: 145–150.
- WOŁOSZYN P.K., KACUR R.P., 1999 — Suffozionnye processy w centralnoj casti Lwowa: priciny wozniknowenija, uslowija razwitija, ekologiceskie posledstwija/inceniernaja geografija. *W: Ekologija urbanizirovannyh territorij (Tezisy dokladow)*, Jaroslavl: 190–195.

SUMMARY

The research on historical buildings behaviour in the old town district in Lviv has shown that the geological environment and anthropogenic factors affect the state of their preservation. As a subsoil of buildings the anthropogenic soils, river sediments, sludge, deluvial soils and old riverbeds were identified. Most buildings have a wooden footing and some of them are founded on wooden piles. The negative influence of changes of groundwater level and its chemistry on the condition of wooden foundations was noticed.

Cracking of walls of historic buildings as an effect of car traffic (dynamic loading of subsoil) was registered. The extent of damage of building structures is directly related to changes caused by human activity in geological environment.

The thick layer of anthropogenic soils was formed in the city center. It is characterized by physical and mechani-

cal parameters of high variability what has a big influence on the progressive degradation of the buildings. The hydrodynamic and hydrochemical changes of the groundwater combined with significant leakages from water supply and sewage systems affects the condition of historic buildings.

Spatial analysis of the state of buildings is related to the following factors: the geological conditions, the presence of moisture sensitive soils, the groundwater level and its dynamics, the development of unfavorable morphodynamic processes. The influence of anthropopressure is growing continuously and determines the development of deformation processes. The collected materials of research work define actions that should be undertaken to reduce further damage of historical sites of Lviv as much as possible.