

*Maciej Pawlikowski**, *Tadeusz Mikoś***, *Janusz Chmura***, *Andrzej Lason****

PROBLEMY ZABEZPIECZEŃ GÓRNICZYCH PODCZAS PENETRACJI I UDOSTĘPNIANIA GROBOWCÓW SKALNYCH W EGIPCIE ORAZ ICH STABILIZACJA ****

1. Wstęp

W wielu krajach od dziesiątków lat zabytkowe podziemia należą do najbardziej znanych, podziwianych i najczęściej odwiedzanych obiektów na świecie. Rośnie też zainteresowanie turystyką podziemną; istnieje moda na zwiedzanie podziemi, które inspirują ludzką wyobraźnię zwiedzających swoją tajemniczością, osobliwością, historią.

Miliony ludzi na całym świecie zwiedza corocznie zarówno podziemia powstałe w sposób naturalny (jaskinie, grotty, kawerny, jamy), jak też będące efektem pracy człowieka (miasta jaskiniowe, podziemne grobowce, klasztory skalne, świątynie pieczarowe). Stare, historyczne wyrobiska górnicze w postaci komór, chodników i składów oraz kilkusetletnie (lub starsze) zabytkowe kopalnie cieszą się wielkim zainteresowaniem zwiedzających. Na świecie ciągle odkrywa się i udostępnia nowe podziemia; wiążą się z tym problemy techniczne dotyczące adaptacji, zabezpieczania i utrzymania stateczności.

W tym aspekcie pracownicy Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie od ponad 50 lat realizują na kilku wydziałach Uczelni unikatowy i specyficzny kierunek badań związanych z zagospodarowaniem i ochroną tych najcenniejszych podziemnych obiektów zabytkowych. Międzywydziałowy Zespół ds. Ratowania i Zabezpieczania Obiektów Podziemnych zajmuje się kompleksowo technicznymi problemami rozpoznania, inwentaryzacji, zabezpieczania i udostępniania zwiedzającym, jak również modernizacji zabytkowych podziemi. Problemy te, związane z ratowaniem pomników kultury materialnej ludzkości, stanowią

* Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

** Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

*** Zakład Robót Górniczych i Wysokościowych AMC, Kraków

**** Artykuł wykonano w ramach pracy własnej nr 10.10.100.987

jedną z najbardziej nietypowych dziedzin technicznych o charakterze utylitarnym. Interdyscyplinarny zespół uczelniany w zależności od rodzaju i zakresu problemów grupuje geologów, geodetów, górników oraz specjalistów z zakresu chemii, budownictwa, geotechniki i nauk pokrewnych. Zespół współpracuje z doświadczonymi ekipami wykonawców zabezpieczającymi obiekty pod względem górniczym i budowlanym. Zasadą zespołu jest zrewaloryzowanie i udostępnienie wielu zabytkowych wyrobisk. Od kilku lat działania Zespołu są doceniane również za granicą, dzięki współpracy dotyczącej zagospodarowania i ochrony wartościowych wyrobisk w: Chile, Czechach, Niemczech, Rumunii, Słowacji. Od wielu lat poszczególni członkowie Zespołu biorą też udział w pracach archeologicznych na terenie Egiptu, Austrii, Czech, Bułgarii, Grecji, Turcji, Słowacji, Ukrainy i USA. W artykule zasygnalizowano jedynie niektóre ogólne problemy związane z badaniami i zabezpieczaniem podziemnych obiektów zabytkowych Egiptu, jednego z najstarszych ośrodków naszej cywilizacji.

2. Cel i zakres badań rejonu świątyni Hatszepsut w Egipcie

W listopadzie 2005 roku Autorzy — w ramach pracy własnej „Geologiczno-górnice badania w rejonie świątyni królowej Hatszepsut, Deir el-Bahari, Górny Egipt” — mieli możliwość wstępnego zapoznania się z problemami zabezpieczeń oraz potencjalnych zagrożeń wokół tej świątyni i w kilku innych miejscach na terenie Górnego i Dolnego Egiptu. Ze względu na krótki okres pobytu wizytacja tych zabytkowych obiektów naziemnych i podziemnych oraz najbliższego ich otoczenia miała charakter rekonesansu. Przyszłe badania mają obejmować rejon świątyni królowej Hatszepsut. W ich zakres będzie wchodzić wykonanie rozpoznania geologiczno-geotechnicznego i archeologicznego. Po przeprowadzeniu tego rozpoznania przygotowana zostanie wstępna dokumentacja nowo odkrytych obiektów i potencjalnych stref zagrożeń wymagających zabezpieczeń górniczych.

Autorzy mają nadzieję, że po wykonaniu analizy stateczności skalnego otoczenia świątyni i zabezpieczeniu niektórych partii istniejących obiektów naziemnych powstanie możliwość udostępniania dla ruchu turystycznego podziemnych, dotąd niedostępnych, grobów pod świątynią. Zgodnie z założeniami badania naukowe mają być realizowane przez zespół pracowników Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii, Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska oraz Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH w Krakowie. Badania wykonane będą w ścisłej współpracy z archeologiczno-architektoniczną ekspedycją naukową prowadzoną od wielu lat w Egipcie przez Uniwersytet Warszawski.

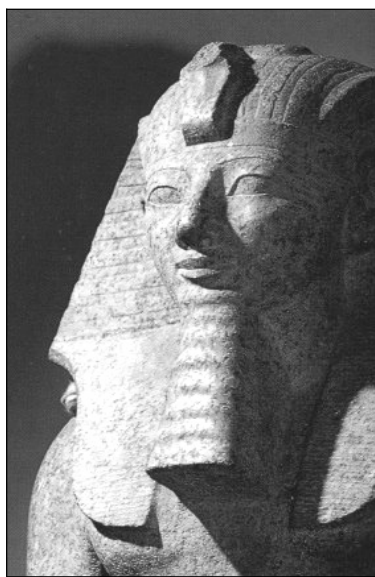
3. Tajemnicza królowa i jej świątynia

Obok Luksoru, naprzeciw świątyni Karnaku, po drugiej stronie Nilu znajduje się dolina Deir el-Bahari, poświęcona w starożytności bogini Hathor. W tej dolinie faraon Mentuhotep II

(2040–2010 p.n.e.) z XI dynastii wznosił ok. 2000 r. p.n.e. swą świątynię grobową, pierwszą egipską świątynię tarasową. Świątynia została wtopiona w krajobraz skalny. Komora grobowa, wykuta w pionowej ścianie masywu, oddalona jest o 150 m od wylotu chodnika dojściowego. Przed tą niewidoczną z zewnątrz częścią grobowca Mentuhotep wybudował taras, nad którym wznosiło się stylizowane prawzgórze i zespół świątynny [5].

Na tym założeniu architektonicznym wzorowane były wzniesione obok świątynie Hatszepsut i Totmesa III. Z obu świątyń zbudowanych prawie 500 lat później lepiej do dnia dzisiejszego zachowała się świątynia Hatszepsut pochodząca z ok. 1470 r. p.n.e. Dziś jeszcze, mimo upływu ponad 3,5 tys. lat od czasu jej budowy, imponuje wielkością i monumentalną architekturą (rys. 2).

Tajemnicza królowa była pierwszą egipską władczynią; na licznych wizerunkach przedstawiano ją jako mężczyznę z brodą (rys. 1). Ta „pierwsza wielka dama świata”, wnuczka Totmesa I, pod każdym względem była kobietą niezwykłą. Po odsunięciu od władzy swojego bratanka, a jednocześnie przybranego syna — Totmesa III — przez prawie 20 lat zasiadała na tronie jako król Egiptu, aż do swojej śmierci w 1458 r. p.n.e.



Rys. 1. Posąg królowej Hatszepsut (granit)

Źródło: ze zbiorów [5]

W okresie jej panowania ograniczono politykę ekspansji jej poprzedników. Rozwinięto górnictwo złota i miedzi oraz wydobywanie w kamieniołomach. Na niespotykaną skalę wzrósł handel z Palestyną, Syrią i Kretą. Wznowiono też wyprawy handlowe do Puntu. Wszystkie te przedsięwzięcia były związane z rozwojem budownictwa i budową świątyni grobowej

dla władczyni, zaprojektowanej i wykonanej przez Senmuta, majordomusa, architekta i faworyta królowej. Jej świątynia grobowa składała się z trzech tarasów, do których wiodła Wielka Narupa Procesyjna. Na pierwszym znajdowała się tzw. Dolna Świątynia, która dziś nie istnieje. Historia budowy świątyni i jej późniejsze przeobrażenia zostały opisane w pracy F. Pawlickiego [3], a jej obecny wygląd przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Tarasowa świątynia królowej Hatszepsut (1473–1458 p.n.e.) w Deir el-Bahari (fot. J. Chmura)

Po śmierci królowej Hatszepsut zniszczono jej posągi, skuto wizerunki i usunięto nawet jej imię z list królewskich. Przez długie lata dokonanie tych zniszczeń przypisywano Tutmosisowi III, choć obecnie najbardziej prawdopodobna wydaje się hipoteza, że pamięć o Hatszepsut zatarto z rozmysłem, aby wraz z nią w niepamięć poszedł precedens wstąpienia przez kobietę na królewski tron. Dopiero w XIX wieku badacze natrafili na kompleks świątyni i ślady królowej. Wtedy to i na początku XX wieku odkopano dwa dolne tarasy ogromnej świątyni wzniesionej na zachodnim brzegu Nilu, na wprost budowli Amona w Karnaku.

4. Polscy archeolodzy i konserwatorzy w Deir el-Bahari

W 1961 roku prof. Kazimierz Michałowski (1901–1981), twórca polskiej szkoły archeologii śródziemnomorskiej, otrzymał propozycję prowadzenia prac badawczych i ewentualnej konserwacji górnego tarasu świątyni. Zaproszenie do podjęcia prac, z jakim wystąpiły władze Egipskiej Organizacji Starożytności, było wielkim naukowym wyzwaniem.

Pierwsze prace archeologiczne przyniosły odkrycia ruin nieznaną dotąd świątyni Totmеса III, zniszczonej podczas trzęsień ziemi i zasypanej skalnym rumoszem. W obrębie świątyni Hatszepsut odkryto również tzw. półkę skalną, której zadaniem w starożytności była ochrona górnego tarasu świątyni przed spadającymi obrywami skalnymi [3]. Widać, że już wtedy zwracano uwagę na potencjalne zagrożenia spowodowane możliwością wystąpienia trzęsień ziemi.

Od ponad 40 lat polska misja archeologiczno-architektoniczna każdej zimy pracuje w Deir el-Bahari, a Polacy zyskali miano najlepszych znawców królowej Hatszepsut, jej ojca Totmеса I, jej męża Totmеса II i następcy Totmеса III.

5. Grobowce skalne i technologia ich wykonywania

Na górzystym terenie Górnego Egiptu w rejonie Deir el-Bahari zainicjowano pierwsze na świecie roboty górnicze związane z wykonaniem grobowców skalnych (rys. 3). Były to prace prowadzone na niespotykaną w ówczesnym świecie skalę. Prawdopodobnie wykonawcami tych wyrobisk byli niewolnicy, a nadzorcami — doświadczeni specjaliści z zakresu górnictwa, którzy zdobywali wiedzę i praktykę w dziesiątkach kopalń złota, miedzi, malachitu i w kamieniołomach.



Rys. 3. Wygląd typowego grobowca skalnego. Istnieją też inne grobowce o skomplikowanej budowie podziemnej i architektonicznym bogactwie (fot. M. Pawlikowski)

Sposób prowadzenia robót górniczych świadczy o dużej wiedzy praktycznej „kopaczy grobów”. Urabianie calizny wapiennej realizowane było zawsze w obszarze co najmniej

dwóch pionowych szczelin tektonicznych, dających trzy płaszczyzny odsłonięcia. Zabiory zatem odbywać się musiały „wachlarzem” do szczeliny. Umiejętność wykorzystania uławicenia warstw, szczelin i pęknięć, świadomość konieczności pozostawienia filarów w wyrobiskach komorowych — niezbycie świadczą, iż roboty te musiały być wykonywane przez doświadczonych górników.

W całym Egipcie podziemne grobowce posiadają skomplikowane położenie przestrzenne, obliczone na to, aby wprowadzić w błąd ewentualnych rabusiów. Najczęściej przed właściwymi komorami grobowymi wykuwano w skale na różnych poziomach dwa lub trzy korytarze połączone ze sobą schodami. Korytarze te były przerywane szybikami do 10 m głębokości. Szybiki zazwyczaj służyły do zbierania wody deszczowej oraz stanowiły ochronę przed złodziejami. Po pochowaniu zmarłego wejścia do komory starannie zamuroywano, a dojścia do nich maskowano skalnym gruzem pochodzącym z wybranych komór i dopełniano piaskiem.

W najprostszej formie grobowce te posiadają płytki przedsionek z komunami albo posągami podpierającymi strop przedsionka bądź niezbyt obszerną salę.

Ponad 3,5 tys. lat temu tysiące górników i kamieniarzy siekierkami kamiennymi i miedzianymi dłutami wykuwało w wapieniach i łupkach podziemne chodniki, komory i prostokątne, sklepione sale kolumnowe (niektóre sale mają kilkaset metrów kwadratowych powierzchni). W celu podparcia stropu pozostawiano naturalne filary nośne, przeważnie o przekroju prostokątnym, rozmieszczone według z góry ustalonego porządku. Następnie setki rzeźbiarzy, stolarzy, malarzy i tynkarzy zamieniało te wykute w surowym kamieniu wyrobiska w grobowce skalne, nadając im bogatą architektonicznie oprawę i wystrój. Malowane reliefy, rysunki oraz hieroglify pokrywały prawie wszystkie stropy, ociosy i filary (kolumny). Do tak przygotowanych komór grobowych wprowadzano kamienne sarkofagi, a następnie maskowano wejścia i zasypywano budowlę podziemną [2].

Ponieważ przypadki okradania grobowców w Egipcie są znane od tysięcy lat (np. sarkofag Totmesa I, ojca Hatszepsut, został splądrowany jeszcze w starożytności), głównym zadaniem górników wykuwających obiekty podziemne było takie zaprojektowanie grobowców skalnych, aby zapewnić ich późniejszą niedostępność i nieprzewidywalność przestrzenną. Z tego powodu komory grobowe usytuowane były możliwie głęboko pod powierzchnią terenu. Zachowanie tajemnicy budowy komór wymagało też niszczenia wszelkich map i napisów o przestrzennym położeniu obiektu i technologii jego drążenia.

Posługując się różnymi metodami badawczymi, odkryto już w Górnym Egipcie kilkadziesiąt dużych grobowców królewskich oraz setki, a może tysiące prywatnych grobowców z czasów Nowego Państwa.

6. Zarys warunków geologicznych

Świątynia Hatszepsut usytuowana jest w Górnym Egipcie po zachodniej stronie Nilu w początkowym górnym odcinku doliny Deir el-Bahari, która wcina się w masyw tebański

i biegnie prostopadle do doliny Nilu. Długość tej niewielkiej dolinki wynosi około 1200 metrów, zaś szerokości nie więcej niż 220 metrów. Zbocza doliny są w pobliżu świątyni pionowe i mają wysokość do 120 m, zaś w kierunku ujścia do doliny Nilu ich nachylenie gwałtownie się zmniejsza.

Budowa geologiczna terenu Deir el-Bahari jest niejednolita. Podczas gdy wyższe partie wypiętrzeń skalnych są utworzone z trzeciorzędowych, pociętych licznymi uskokami żółtych wapieni warstw tebańskich, podłoże doliny, a po części także okalające ją stoki, zbudowane są z trzech warstw łupków esna. Łupki te, o barwie zielono-szarej, są silnie spękane i poprzewarstwiane domieszkami gipsów, margli, dolomitów, tlenków żelaza. Posiadają one również liczne konkrecje krzemionkowe. Z geotechnicznego punktu widzenia łupki esna są zazwyczaj skałami o małej zwięzłości i wytrzymałości, a w części przypowierzchniowej stanowią nawet druzgot skalny. W tym stosunkowo miękkim materiale skalnym wykuto większość komór grobowych oraz platformy (tarasy) dziedzińców świątynnych.

7. Podłoże, materiał budowlany i posadowienie świątyni

Tarasy świątyni zostały utworzone poprzez wcinanie się w masyw skalny oraz nadbudowę płaskiego terenu metodą nadsypywania go materiałem usuniętym podczas przygotowania podłoża pod świątynię. Na górne tarasy prowadzą rampy które podkreślają symetryczność budowli.

Zarówno badania ostatnio prowadzone na terenie kaplicy Hatszepsut (2004–2005), jak i wcześniejsze prace badawcze w terenie oraz badania wykopaliskowe i zabezpieczające świątynię dowodzą, że cała świątynia usytuowana jest na niejednorodnym gruncie skalnym. Jej najniższe elementy architektoniczne rozlokowane są bądź na osadach holocenijskich zapożyczających dolinę Deir el-Bahari (początkowy fragment doliny), bądź na sztucznym nasypisku, które utworzono podczas formowania terenu pod świątynię [4].

Obie rampy świątyni zawierają w sobie rumosz skalny usunięty podczas prac przygotowawczych pod budowę świątyni i wcinania się w masyw skalny. Środkowa i najwyższa część świątyni są wcięte w masyw skalny i postawiono je bądź na łupkach esna, bądź na ławicach wapienia występujących w obrębie łupków. Sanktuarium królowej, które znajduje się w najwyższej partii świątyni, zostało wkute w masyw. Praktycznie wszystkie wymienione osady, na których usytuowane są poszczególne elementy świątyni, są dodatkowo poprzecinane wieloma grobami o bardzo różnej wielkości. Występują tu szyby, chodniki, komory i in. przestrzenie, które są w różnym stopniu wypełnione (lub nie) wtórnymi osadami (zasypiskiem). Osady wypełniające te obiekty mają charakter pylasty i są z inżynierskiego i geologicznego punktu widzenia materiałem bardzo niestabilnym. Większość obiektów świątynnych wzniesiono z lokalnego budulca. Poza pewnymi elementami architektonicznymi (portale), do których konstrukcji użyto granitu przywiezionego z Asuanu, świątynie Hatszepsut i Totmesa zbudowano z białego wapienia pochodzącego z pobliskich kamieniołomów.

8. Zagrożenia obiektów naziemnych i podziemnych

Cały omawiany obszar znajduje się w strefie sejsmicznej połączonej z systemami tektonicznymi zarówno na obszarze Pustyni Wschodniej, jak i Morza Czerwonego. Dlatego masyw tebański jest bardzo mocno spękany, a systemy spękań mają głównie przebieg NE–SW i NE–SE [2].

Z obserwacji wynika, że górny taras świątyni wraz z sanktuarium Hatszepsut oraz otaczającymi kaplicami usytuowano na ławicy spękanego wapienia tkwiącego wśród łupków esna. Taras ten uzyskano poprzez wcięcie się w stropową partię tych łupków i częściowe obcięcie wyżej leżącego klifu zbudowanego z wapieni tebańskich. Pod tarasem tym występują groby, w tym m.in. ostatnio odkopywane w kaplicy królowej Hatszepsut (rys. 4). Obserwacje wskazują, że groby te wykonywano w ten sposób, że przebijano ławicę wapienia, a następnie po dostaniu się do miękkich łupków drażono w nich komory grobowe. Niektóre z tych komór znajdują się pod ścianami świątyni.



Rys. 4. Przekute przez ławice wapienia zejście wydrążone w łupkach esna do grobu w kaplicy Hatszepsut. Otwór wejściowy usytuowany częściowo pod ścianą kaplicy

Taras środkowy jest usytuowany częściowo na podciętych pracami inżynierskimi łupkach esna, a częściowo na nadsypanym poziomie uzyskanym przez gromadzenie w tym rejonie materiału skalnego usuniętego podczas prac górniczych prowadzonych w obszarze górnego tarasu. I na tym poziomie zastosowano technikę drażenia komór w miękkich łupkach wykorzystując, jako strop pomieszczeń nadległą ławicę wapienia. Ten sposób prowadzenia prac można obserwować np. w kaplicy Hathor, kaplicy Anubisa. Przeprowadzone obserwacje terenowe sugerują możliwość występowania obiektów archeologicznych, w tym grobów i pustek, także pod tym tarasem. Obszar najniższego tarasu świątyni został mecha-

nicznie wyrównany podczas prac związanych z jej udostępnieniem dla ruchu turystycznego. W związku z tym jest geologicznie i górnictwo nieczytelny. Jednak i w tym rejonie znajduje się wiele nierozpoznanych obiektów archeologicznych.

Jednocześnie położenie obiektu w terenie aktywnym sejsmicznie oraz występująca destrukcja tektoniczna górotworu w całej dolinie Deir el-Bahari wymuszają konieczność precyzyjnego przebadania podłoża pod kątem istniejących pustek oraz dokładnego rozpoznania geotechnicznego niezbędnego do zaprojektowania właściwych zabezpieczeń, zarówno świątyni Hatszepsut, jak i wielu grobów zlokalizowanych pod tym obiektem.

Biorąc dodatkowo pod uwagę, że cała świątynia została postawiona w strefie znacznej aktywności tektonicznej, można łatwo zauważyć, że zarówno sama świątynia Hatszepsut, jak i jej najbliższe otoczenie wymagają możliwie szybkiego i dokładnego rozpoznania geologiczno-górnictwo z zastosowaniem metod geofizycznych. Rozpoznanie to jest niezbędne do zaprojektowania odpowiednich zabezpieczeń górniczych w miejscach o największym zagrożeniu zarówno dla samej świątyni, jak i tysięcy zwiedzających ją turystów.

9. Zabezpieczenia górnicze

Autorzy zdają sobie sprawę, że każdy zabytkowy obiekt podziemny w Egipcie mimo pozornych podobieństw jest inny, posiada swój specyficzny charakter i pochodzenie, jest zlokalizowany w ośrodku skalnym o zróżnicowanej budowie geologicznej i technologii drążenia. Wyjątkowość każdego obiektu z odległej przeszłości, będącego niepowtarzalnym dziełem inżynierii i architektury, rodzi odmienne problemy techniczne związane z jego zabezpieczeniem. Z przeprowadzonego rekonesansu górnictwo-geologicznego wynika, że choć zwiedzane obiekty mają różny charakter i lokalizację, to wspólną ich cechą jest niski stopień bezpieczeństwa związanego choćby z wentylacją, zagrożeniem obwałowym czy możliwością upadku niezabezpieczonych fragmentów skalnych. O ile np. same wyrobiska podziemne w Dolinie Królów nie stwarzają zagrożeń dla osób je zwiedzających, to rejon wlotów do nich (w niektórych przypadkach) jest zagrożony spadkiem luźnych skał nadległych. Wejścia do grobowców królewskich zastały wykonane w wapieniach piaszczystych, najczęściej u ich podnóża. Obecnie skały wapienne są rozwarstwione, poprzecinane seriami spękań pionowych i poziomych, cechują się bardzo wysokim stopniem erozji. Luźne fragmenty skał zagrażają przechodzącym pod nimi ludziom.

W warunkach panujących w Egipcie zastosowanie technik polegających na wykonaniu kotwieni stabilizacyjnych, klejenia skał czy chociażby wypełnienia szczelin przeciwdziałających dalszej ich erozji jest mało realne. Prawdopodobnie nawet na usunięcie luźnych fragmentów z rejonu wlotów nie udałoby się uzyskać zgody zarządzającego tymi obiektami.

Podczas eksploracji wyrobisk pionowych w procesie poszukiwań archeologicznych odkopuje się szybiki i pochylnie, którymi transportowano sarkofagi do komór grobowych. Wyrobiska te były najczęściej celowo zasypywane. Z upływem tysiącleci materiał zasypywany ulegał stopniowej komprymacji, tworząc podporę ociosową. W rejonach czynnych sejsmicz-

nie można się spodziewać spękań istniejącej pierwotnie calizny i niewykluczone, że skompresowany materiał nasypowy gwarantuje stateczność takiego wyrobiska. W takim przypadku usunięcie zasypu może spowodować zachwianie tej równowagi. Kolejnym czynnikiem mogącym wpłynąć niekorzystnie na stateczność świeżo odkopanego wyrobiska jest zmiana pierwotnej wilgotności skał. Wyrobisko zasypane charakteryzuje się stałą temperaturą i wilgotnością (oczywiście jeśli brak dopływu wód powierzchniowych), tak więc po usunięciu nasypu ociosy, strop i spąg zaczynają podlegać wpływom dużych zmian temperatur dobowych, a w konsekwencji — zmianom wilgotności. Na ile te zmiany wpływają na parametry wytrzymałości — można by było odpowiedzieć po przeprowadzeniu badań. Niemniej należy założyć, iż zmiany wilgotności nie są obojętne dla stateczności tak wiekowych wyrobisk. Również w niektórych przypadkach wloty do miejsc pochówku wykonywane były w stromo opadających formacjach skalnych, na różnej wysokości. Obecnie u podstaw skał zalegają bardzo rozległe i wysokie piargi nasypowe będące efektem erozji. Piargi te znajdują się w równowadze chwiejnej i prowadzenie bezpośrednich prac wykopaliskowych w ich obrębie może doprowadzić do wywołania ruchu ośrodka o charakterze lawinowym. Obecne techniki i technologie pozwalają na uchronienie się przed tego typu zjawiskami.

Występowanie pustych przestrzeni pod budowlami wielkogabarytowymi (istniejącymi, lub rekonstruowanymi) niesie ze sobą ryzyko uszkodzenia, bądź utraty stateczności. W takim wypadku analiza badań geofizycznych (np. georadarowych) umożliwia wykonanie stabilizacji praktycznie każdego podłoża, nawet pod obiektem już istniejącym.

W rejonach delty Nilu kapilarne podciąganie zasolonych wód gruntowych powoduje nieodwracalne niszczenie fresków naskalnych. Można temu przeciwdziałać, stosując techniki hydroizolacji horyzontalnej i dobierając odpowiedni materiał iniekcyjny.

Bezpieczeństwo obiektów zabytkowych w Egipcie wymaga uwzględnienia specjalnych technologii urabiania skał lub rozdrabniania bloków wielkogabarytowych.

Również w procesie eksploracji archeologicznej zdarza się czasami konieczność usunięcia bloków skalnych zagrażających dojściu do odkrywanych obiektów. Oczywiście jest w takim przypadku brak możliwości użycia materiałów wybuchowych oraz urządzeń udarowych dużych mocy. W sytuacji bezwzględnej konieczności uniknięcia wstrząsu i powstania strefy spękań można stosować niewybuchowe materiały kruszące. Materiały takie mają porównywalną siłę rozrywającą z dynamitem, przy jednoczesnym spełnieniu wymogów określonych powyżej. Dodatkową zaletą tych materiałów jest prostota ich użycia, bezpieczeństwo stosowania, brak obostrzeń dotyczących przewozu i przechowywania. Ponadto przy ich zastosowaniu istnieje możliwość kierowania przebiegiem szczeliny rozwarstwiającej. Przy urabianiu calizny skalnej stosowane są znane rodzaje włomów, a uzyskanie zjawiska milizwłoki jest możliwe dzięki zróżnicowanym czasom odpalania otworów.

10. Podsumowanie

Egipskie dzieła inżynierii i architektury posiadają ogromną wartość historyczną, estetyczną, religijną i są oryginalnymi wytworami kulturowymi, przeobrażonymi dzięki dzia-

łałości człowieka sprzed tysięcy lat. Są równocześnie świadectwem ludzkich wierzeń, marzeń i ideałów oraz przykładem wspólnych osiągnięć górników, kamieniarzy, budowlanych, mierników, architektów, artystów itp.

Nasz skromny udział w lokalizacji, rozpoznaniu i zabezpieczeniu tych skarbów przeszłości może stanowić podstawę dalszych badań archeologiczno-konserwatorskich w celu zagospodarowania kolejnych obiektów historycznych.

Autorzy składają podziękowanie prof. Piotrowi Bielińskiemu, prof. Michałowi Gawlikowskiemu i dr. Zbigniewowi Szafrzańskiemu za możliwość skorzystania z pomocy merytorycznej Stacji Polskiego Centrum Archeologicznego w Kairze, a zwłaszcza za dyskusję naukową i uwagi dotyczące realizacji tego etapu badań.

LITERATURA

- [1] *Lipińska J., Kozłowski:* Cywilizacja miedzi i kamienia. Technika starożytnego Egiptu. Wydawnictwo PWN, Warszawa 1977
- [2] *Mikoś T.:* Elementy architektury podziemi. XXIII Zimowa Szkoła Mechaniki Górniczej „Geotechnika i Budownictwo Specjalne”, Bukowina Tatrzańska 2000
- [3] *Pawlicki F.:* Skarby architektury starożytnego Egiptu. Królewskie świątynie w Deir el-Bahari. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 2000
- [4] *Pawlikowski M. i in.:* Program realizacji badań geologiczno-górnictwowych w rejonie świątyni Królowej Hatszepsut Deir el-Bahari — Górny Egipt. Kraków 2004 (praca niepublikowana)
- [5] *Wildung D.:* Egipt od czasów prehistorycznych do rzymskich. Wydawnictwo Muza, Warszawa 1998