

BADANIA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE W POSZCZEGÓLNYCH FAZACH PROJEKTOWANIA HYDROTECHNICZNEGO

UKD 624.131:628.11.001.1:627.42+627.8(438—13:234.42)

Zwiększające się ciągle zapotrzebowanie wody jako surowca i jako źródła energii zmusza do intensyfikacji gospodarki wodnej kraju. Polska należy do krajów ubogich w wodę, o nierównomiernym rozmieszczeniu jej zasobów w poszczególnych regionach kraju i dużych różnicach występowania ich w czasie. Perspektywiczny plan rozwoju gospodarki wodnej na lata 1961—1980 opracowany przez CUGW przewiduje zbudowanie ok. 31 zbiorników, które łącznie z istniejącymi pozwolą na zmagazynowanie ok. 2 mld m³ wody. Takie założenia planu, który będzie decydował o rozwoju naszej gospodarki narodowej wskazują na konieczność aktywnego włączenia się geologów dla poznania warunków geologiczno-inżynierskich skał, mających być podłożem projektowanych zapór wodnych.

W artykule przedstawiono wyniki prac geologiczno-inżynierskich dla potrzeb budownictwa wodnego w rejonach karpaccich, oraz wnioski wynikające z kilkunastoletniej praktyki. Szereg sformułowań może wywołać dyskusję, lecz wydaje się, że przyczyni się ona do lepszego poznania problemów geologiczno-inżynierskich w budownictwie wodnym, a w rezultacie do bardziej ekonomicznego prowadzenia prac i badań geologiczno-inżynierskich.

Prace i badania geologiczno-inżynierskie, w wyniku których będzie określone środowisko, własności fizyczno-mechaniczne skał nadkładu i podłoża oraz inne parametry potrzebne do racjonalnego zaprojektowania stopnia wodnego nie budzą już w chwili obecnej zastrzeżeń, co do celowości ich wykonywania. Zyskały one prawo „obywatelstwa” w budownictwie wodnym dzięki pracom Berkeley i innych po katastrofie zapory San Francisco w 1928 r.

Goście dyskusje i kontrowersyjne argumenty budzi jednak zakres tych prac, etapowość ich wykonywania oraz stopień dokładności, z jakim można podać prognozę zmian środowiska geograficznego po zbudowaniu stopnia wodnego i w czasie jego eksploatacji. Wiadomo że nie ma możliwości, ani nawet potrzeby określenia gotowego schematu badań geologiczno-inżynierskich dla budownictwa wodnego. Nie ma również w chwili obecnej wzoru, według którego można byłoby podać zakres prac wyrażony ilością metrów otworów wykonywanych ręcznie, czy też mechanicznie; ilością m³ wykopanych szybków, wykopów lub wykutych sztolni; ilością badań laboratoryjnych itp. Przyczyną tego jest prototypowość każdego stopnia wodnego wymagająca indywidualnego podejścia do badań geologiczno-inżynierskich.

O wyborze typu i koncepcji stopnia decydują różnorodne czynniki i trudno „a priori” określić, który z nich jest najważniejszy. Wymienić można choćby takie, jak: morfologię doliny przeznaczonej do zabudowy hydrotechnicznej, sposób wykształcenia i ułożenia utworów pokrywowych; litologię, wykształcenie i tektonikę skał podłoża; historię modelowania doliny w czwartorzędzie; cel i przeznaczenie stopnia wodnego; przesłanki ekonomiczne budowy stopnia; rolę społeczną, a często i polityczną, którą ma spełniać projektowany stopień wodny.

Zakres badań i prac geologiczno-inżynierskich dla poznania warunków geologicznych, jako jednych ze składowych tego zespołu, musi być związany z pozostałymi czynnikami w celu dobrania typu budowli piętrzącej do skał, w których będzie posadowiona zapora. Istnieją zasadniczo dwa przypadki decydujące o zakresie prac geologiczno-inżynierskich:

1) **szukanie najlepszego pod względem geologiczno-inżynierskim miejsca przegrodzenia doliny** —

wówczas, gdy pozostałe czynniki na większym odcinku doliny są podobne lub nieznacznie różnią się między sobą;

2) **gdy jeden lub kilka czynników determinuje wybór miejsca zamknięcia** — wówczas zakres prac geologiczno-inżynierskich sprowadza się do dokładnego określenia warunków geologiczno-inżynierskich w miejscu projektowanym, dla udokumentowania parametrów potrzebnych projektantom-hydrotechnikom. Pod pojęciem „miejsce zamknięcia” autor rozumie rejon o określonej szerokości, a nie linię przekroju — takie sformułowanie decyduje jednoznacznie o konieczności poznania warunków geologiczno-inżynierskich w przestrzeni, a nie jedynie w płaszczyźnie przekroju.

Podstawową zasadą w badaniach geologiczno-inżynierskich dla budownictwa wodnego, niezależną od innych czynników i przesłanek jest zasada poznawania warunków „od ogółu do szczegółu”, decydująca o konieczności etapowego poznawania warunków geologiczno-inżynierskich rejonu stopnia wodnego. Wiąże się ona ściśle z fazami projektowania hydrotechnicznego, a więc z najczęściej spotykanymi: 1) założeniami projektowymi; 2) projektem wstępnym; 3) projektem techniczno-roboczym. Prace i badania geologiczno-inżynierskie powinny być wykorzystywane we wszystkich fazach projektowania hydrotechnicznego. Autor widzi celowość wykonywania badań geologiczno-inżynierskich w trzech podstawowych etapach:

- 1) etap ogólnego poznania budowy geologicznej,
- 2) etap szczegółowego określenia warunków geologiczno-inżynierskich,
- 3) etap sprawdzenia wyników badań oraz prognoz zmian środowiska geograficznego.

Trzeci etap składa się z dwóch podetapów:

3a) szczegółowego poznania budowy geologicznej (w najszerszym tego słowa znaczeniu) terenów, na których prowadzone są prace budowlane; 3b) szczegółowego określenia kierunku oraz intensywności zmian warunków geologiczno-inżynierskich po wybudowaniu stopnia i w czasie jego eksploatacji.

Zakres badań geologiczno-inżynierskich w poszczególnych etapach przedstawia się według następującego schematu:

- 1) cel badań,
- 2) materiały analityczne i prace geologiczne,
- 3) podstawowe załączniki — forma graficznego przedstawienia wyników,
- 4) co przekazuje geolog projektantowi-hydrotechnikowi,
- 5) najważniejszy tok prowadzenia prac.

1. Etap ogólnego poznania budowy geologicznej

1.1. Celem pierwszego etapu badań geologiczno-inżynierskich jest określenie wieku, wykształcenia i ułożenia skał nadkładu oraz litologii, stratygrafii, tektoniki, charakteru i sposobu wietrzenia skał podłoża. Poznanie historii modelowania doliny w okresie czwartorzędowym pozwala na bardziej dokładne zlokalizowanie wyrobisk badawczych. Zaznajomienie się z warunkami hydrogeologicznymi i geologiczno-inżynierskimi uzupełnia powyższe opracowanie.

1.2. Dla uzyskania materiałów do powyższego opracowania należy przede wszystkim wykorzystywać odślonienia naturalne oraz niewielką ilość robót górniczych (wykopy, szybiki, wiercenia ręczne). Korzystne i bardzo ekonomiczne są także badania geo-

fizyczne zwłaszcza elektrooporowe dzięki którym można określić grubość nadkładu oraz miąższość warstwy użytecznej w złożu.

1.3. Podstawowymi załącznikami graficznymi dla tego etapu są:

mapa geologiczna zakryta w podziałce 1 : 25 000,
mapa geologiczna odkryta w podziałce 1 : 25 000,
mapa geologiczno-inżynierska zakryta 1 : 25 000,
mapa lokalizacji złóż materiałów budowlanych 1 : 25 000,
przekroje geologiczne i geol.-inż. do powyższych map.

1.4. Wynikiem pierwszego etapu badań jest przekazanie projektantowi-hydroprotechnikowi danych o wykształceniu litologicznym skał w odcinku doliny przeznaczonej do zabudowy, o ich ułożeniu i tektonice oraz o warunkach geologiczno-inżynierskich i hydrogeologicznych. Na pierwszy plan w określeniu tych warunków wysuwa się problem oceny litologii i tektoniki skał jako podłoża wznoszonej budowli oraz ocena ruchów masowych w bezpośrednim sąsiedztwie projektowanej zapory i wzdłuż linii brzegowej projektowanego zbiornika. Zlokalizowanie i ocena ilościowo-jakościowa materiałów budowlanych, które można wykorzystać dla projektowanej inwestycji pozwala na wykluczenie z rozważań pewnych alternatyw budowlanych.

1.5. Najwłaściwszy tok prowadzenia prac dokumentacyjnych pierwszego etapu powinien być wg autora następujący: wykonanie zdjęcia lotniczego i zrobienia mapy sytuacyjno-wysokościowej, mapy geologicznej zakrytej oraz odkrytej metodą klasyczną, przy pełnym wykorzystaniu metod fotointerpretacji geologicznej. Zaplanowanie i wykonanie robót górniczych w niewielkim zakresie w rejonach zamknięć o predyspozycji morfologicznej, czy też ekonomicznej oraz na terenach złóż. Wykonanie badań laboratoryjnych wskaźnikowych dla określenia materiału występującego w złożach i dla scharakteryzowania interesujących nas skał. Należy również poznać charakter wód podziemnych i powierzchniowych. W dokumentacji powinno się podać sugestie co do prowadzenia prac w drugim etapie.

2. Etap szczegółowego określenia warunków geologiczno-inżynierskich. Celem drugiego etapu prac jest szczegółowe określenie warunków geologiczno-inżynierskich rejonu projektowanego stopnia wodnego. W etapie tym należy prowadzić prace dla czterech głównych elementów składowych stopnia wodnego, a mianowicie dla: a) rejonu osi zapory, b) rejonu zbiornika, c) rejonu budowli towarzyszących, d) rejonu złóż materiałów budowlanych.

2.a.1. Po uściśleniu danych o wykształceniu litologicznym i tektonice skał podłoża określa się własności fizyczno-mechaniczne skał w celu znalezienia zależności od litologii oraz wpływu procesów wietrzenia na ich zmianę. Osobną, bardzo ważną grupę zagadnień obejmują tzw. badania specjalne, do których zaliczono: mechanikę skał i górotworu; filtrację wody pod zaporą i wokół jej przyczółków; zabiegi inżynierskie dla poprawienia jakości górotworu, a więc przeciwdziałanie filtracji, powiązanie korpusu zapory z podłożem, wzmocnienie skał podłoża. Z zagadnień hydrogeologicznych celem tego etapu jest określenie horyzontów wodnych w nadkładzie i skałach podłoża; chemizmu wód ze szczególnym uwzględnieniem możliwości korozyjnego działania na beton; możliwości zaopatrzenia w wodę pitną i przemysłową placu budowy oraz ewentualnych osiedli; prognoza zmian poziomów po spiętrzeniu wody przez zaporę.

Wzajemne następstwo warstw w profilu pionowym na stoku, zwłaszcza dla skał nadkładu może decydować o zagrożeniu wznoszonych budowli. Celem prac jest więc ustalenie przyczyn, które mogą spowodować ruch mas skalnych oraz podanie środków i metod przeciwdziałania. Jednocześnie należy podać parametry geotechniczne dla właściwego zaprojektowania budowli.

2.a.2. Rozwiązanie tych wszystkich problemów wymaga dobrego odsłonięcia skał nadkładu oraz podłoża. W związku z powyższym dla właściwego udokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich należy wykonać roboty górnicze, w wyniku których zbierzemy odpowiednią ilość materiałów analitycznych i na ich podstawie przedstawimy syntetyczny obraz warunków oraz podamy parametry potrzebne do racjonalnego zaprojektowania zapory.

Celowe jest poznanie przypowierzchniowej strefy wietrzenia, jej charakteru i głębokości. Sztolnie i szyby wykonuje się dla badań specjalnych oraz dla poznania stref kontaktowych między dwoma seriami litologicznymi. Najwygodniejszą podziałką dla profilowania wyrobisk jest skala 1:100. Osobną grupą badań są prace geofizyczne: sejsmiczne i elektrooporowe, które mogą być wykorzystane do interpolacji wyników badań punktowych na większą powierzchnię.

2.a.3. Podstawowymi załącznikami, na których zostaną przedstawione wyniki badań drugiego etapu są:

mapa geologiczna zakryta w podziałce 1 : 500,
mapa geologiczna odkryta w podziałce 1 : 500,
mapa geologiczno-inżynierska zakryta 1 : 500,
mapa geologiczno-inżynierska odkryta 1 : 500,
mapa stropu skał podłoża 1 : 500,
mapa strukturalna 1 : 500,
mapa hydrogeologiczna 1 : 500,
mapa wodochłonności i ew. cementochłonności 1 : 500,

przekroje do map geologicznych,
przekroje do map geologiczno-inżynierskich,
przekroje do mapy strukturalnej,
przekroje do map wodochłonności i ew. cementochłonności,

wyniki badań specjalnych w ujęciu graficznym i tabelarycznym.

2.a.4. W wyniku drugiego etapu badań geologiczno-inżynierskich projektant-hydroprotechnik otrzymuje wszystkie dane geologiczne potrzebne do wykonania przez niego projektu wstępnego, a więc: sposób wykształcenia litologicznego skał nadkładu i podłoża w profilu pionowym oraz w planie; ułożenie ich i tektonikę; własności fizyczno-mechaniczne skał lub serii skalnych i wskazówki o anizotropowości ich rozmieszczenia w górotworze; grubość strefy całkowitego zwietrzenia (odspojenia od górotworu), którą należy usunąć przed posadowieniem zapory; wartości modułu odkształcenia, sprężystości, Poissona, kąta tarcia skały po skałę i betonu po skałę, przyczepności betonu do skał (kohezji); warunki wodne panujące obecnie w rejonie zapory oraz prognozę zmian po spiętrzeniu; chemizm wód; wodochłonność i wodoprzepuszczalność skał i górotworu; uprzywilejowane kierunki działania zarówno w podłożu, jak i przy jej przyczółkach; granicę strefy górotworu, do której należy uszczelnić skały podłoża dla przeciwdziałania filtracji.

2.a.5. Podstawowym warunkiem właściwego prowadzenia prac w tym etapie są aktualne podkłady sytuacyjno-wysokościowe. Najczęściej spotykaną podziałką zdjęcia jest 1:500 z cięciem warstwicowym co 1,0 i 0,5 m. Szerokość pasa terenu wynosi ok. 250 do 300 m w dół i w górę od hipotetycznej osi zapory. Zdjęcie musi znacznie przekraczać projektowaną rzędną piętrzenia i powinna dochodzić do grzbietu wzniesienia.

Należy dążyć do kompleksowego wykorzystania wszystkich wyrobisk, a więc i technologia ich wykonywania będzie zależała od celu, w jakim zostały zlokalizowane. Wszystkie wyrobiska muszą być na bieżąco nanoszone na jeden podkład sytuacyjny wysokościowy, a wyniki w nich osiągnięte analizowane dla ewentualnej korekty lokalizacji następnych wyrobisk.

Szereg prac górniczych może być wykonywanych równolegle niezależnie od wyników otrzymanywanych w pozostałych, inne jednak potwierdzają jakąś koncepcję i te muszą być lokalizowane po otrzymaniu wyników w poprzednich wyrobiskach. Najdroższe i najbardziej pracochłonne wyrobiska (szyby i sztolnie) powinny być lokalizowane w końcowej fazie badań w miejscach reprezentujących średnie warunki lub ekstremalne (raczej najgorsze). Badania punktowe należy za pomocą metod tanich i szybkich nawet wskaźnikowo przetransponować na większą powierzchnię — celowe jest np. powiązanie metod badań statycznych z dynamicznymi i laboratoryjnymi w badaniach specjalnych

2.b.1. Celem badań rejonu zbiornika i jego najbliższego otoczenia jest zarejestrowanie zjawisk geologiczno-inżynierskich oraz poznanie praw rządzących nimi dla dania prognozy zachowania się brzegów zbiornika w zmienionych warunkach po spiętrzeniu wody. Należy również określić szybkość zanoszenia zbiornika i podać ewentualne środki przeciwdziałania. Osobną grupę stanowią badania hydrogeologiczne, a więc możliwość ucieczki wody ze zbiornika i wpływ podniesienia zwierciadła wody na tereny sąsiednie. Należy stwierdzić, czy na terenie zbiornika nie występują surowce mineralne lub skalne, które mogłyby być stracone dla eksploatacji.

2.b.2. Kartowanie powierzchniowe uzupełnione w miejscach eksponowanych robotami górniczymi, ale raczej w małym zakresie dostarcza podstawowego materiału analitycznego. Bardzo cennym materiałem analitycznym są obserwacje ruchów masowych prowadzone przez dłuższy okres. Naturalnie muszą być one powiązane z pomiarami hydrogeologicznymi i meteorologicznymi. Obszar, na którym prowadzi się pomiary hydrogeologiczne jest uzależniony od wielkości podziemnej zlewni.

2.b.3. Wyniki badań geologiczno-inżynierskich przedstawia się na podkładach sytuacyjno-wysokościowych w podziałkach 1:10 000 i 1:5000, a pojedyncze osuwiska nawet 1:2000. Podstawowymi załącznikami są:

- mapa geologiczna zakryta,
- mapa geologiczna odkryta,
- mapa geologiczno-inżynierska zakryta,
- mapa geologiczno-inżynierska prognostyczna zmian linii brzegowej,
- mapa hydrogeologiczna i prognostyczna zmian, przekroje do poszczególnych map.

2.b.4. W wyniku badań projektant-hyrotechnik powinien dostać odpowiedź na pytania: jak przedstawia się budowa geologiczno-inżynierska brzegów przyszłego zbiornika; jak będzie się przekształcała ta linia i jaki będzie jej przebieg po spiętrzeniu wody i w czasie eksploatacji stopnia; jak będzie się kształtować prognoza zmian poziomu wody podziemnej w terenach sąsiadujących z linią brzegową; wyznaczenie terenów podmokłych i zabagnionych, miejsca powstania osuwisk i przypuszczalne masy skał osunięte do zbiornika; ilość materiału zanoszącego zbiornik (włoczonego i zawieszzonego).

2.b.5. Podkład sytuacyjno-wysokościowy najlepiej wykonać metodą zdjęć lotniczych. Należy dokonać fotointerpretacji geologicznej kameralnej, a następnie uczytelnić ją w terenie. Na większych osuwiskach wykonać wiercenia ręczne dla stwierdzenia głębokości i ich charakteru, a następnie zstabilizować punkty umożliwiające prowadzenie obserwacji ewentualnego ruchu mas skalnych. Jednocześnie należy prowadzić pomiary zwierciadła wody w studniach na terenach przyległych do zbiornika i powiązać je z poziomem w potokach i rzece. Zebrać materiał ze stacji opadów dla kompleksowego wykorzystania go przy opracowywaniu warunków hydrogeologicznych.

2.c.1. Celem badań jest określenie warunków geologiczno-inżynierskich posadowienia obiektów towarzyszących zarówno stałych, jak i tymczasowych.

Oprócz warunków geotechnicznych należy określić możliwość zaopatrzenia w wodę pitną i przemysłową oraz przewidzieć możliwość wykorzystania miejscowych materiałów budowlanych.

2.c.2. Obiekty towarzyszące mogą być zlokalizowane w znacznej odległości od obiektów opisywanych poprzednio i dlatego wymagają również zebrania swoich własnych materiałów analitycznych. Oprócz kartowania powierzchniowego są to przeważnie wykopy, szybiki i wiercenia ręczne, a mogą być również konieczne wiercenia mechaniczne.

2.c.3. Obiekty towarzyszące są najczęściej związane z obiektami podstawowymi i podziałka ich zdjęcia jest wówczas identyczna z poprzednią. Np. plac budowy związany jest z rejonem osi i wyniki prac zestawia się na mapie 1:500 lub jeżeli jest na większej przestrzeni, to 1:2000; drogi przedstawia się najczęściej w tej samej podziałce co i czaszę zbiornika, a więc 1:10 000 lub 1:5000; osiedla w 1:2000 lub wyjątkowo 1:5000; zapory i wały chroniące przed zalaniem 1:5000; ochrona obiektów mniejszych, ale o dużej wartości w podziałce 1:500. Dla wszystkich tych obiektów zestawia się:

- mapę geologiczną zakrytą,
- mapę geologiczną odkrytą,
- mapę geologiczno-inżynierską zakrytą,
- mapę geologiczno-inżynierską odkrytą,
- mapę hydrogeologiczną,
- mapę prognostyczną zmian,
- mapę geologiczno-inżynierską zabiegów ochronnych,

przekroje do poszczególnych map.

2.c.4. W wyniku przeprowadzonych badań projektant-hyrotechnik powinien uzyskać dane geologiczno-inżynierskie pozwalające na bezpieczne zaprojektowanie budowli. Ze względu na różnorodny charakter tych budowli i ogromny wachlarz problemów do rozwiązania trudno w tym miejscu sprecyzować bardziej szczegółowo jakie wyniki mają być przekazane.

2.c.5. Po wykonaniu zdjęcia geologicznego zakrytego należy zlokalizować wyrobiska, w których pozna się dokładniej charakter skał, ułożenie oraz warunki hydrogeologiczne. W tym etapie nie prowadzi się pełnych badań geotechnicznych ze względu na to, że lokalizacja szczegółowa budowli jest określona dopiero w fazie projektu techniczno-robotycznego. Po otrzymaniu lokalizacji wykonuje się badania uzupełniające, ale w wąskim zakresie i wówczas korzysta się z badań laboratoryjnych w zakresie mechaniki gruntów.

2.d.1. Celem prac badawczych jest znalezienie i udokumentowanie złóż materiałów budowlanych, które mogą być wykorzystane przy budowie stopnia wodnego. Dokumentowanie tych złóż różni się od typowej dokumentacji złożowej z uwagi na czasowy charakter eksploatacji złoża.

2.d.2. Materiały analityczne są zbierane z odsonięć naturalnych i wyrobisk górniczych. Duży udział mają badania laboratoryjne i w skali półtechnicznej. Ilość wyrobisk przyjmuje się tak jak dla udokumentowania złóż w kategorii C₁ poznania złoża. Badania laboratoryjne prowadzi się zgodnie z normami przy wprowadzeniu dodatkowych badań uzupełniających. Osobnym problemem jest warstwa nadkładu oraz jej zwałowanie.

2.d.3. Wyniki zestawia się w formie map w podziałkach 1:2000 lub 1:1000. Wykonuje się następujące mapy:

- mapa lokalizacji wyrobisk,
- mapa warstwic stropu i spągu złoża,
- mapa miąższości warstwy użytecznej,
- mapa hydroizohips,
- mapa wskaźnika geologicznego złoża,
- przekroje do tych map.

2.d.4. W wyniku badań projektant-hyrotechnik uzyskuje dane, co do jakości materiału użytecznego z złożu, jego ilości oraz wiadomości o warunkach eksploatacji. Ze względu na to, że normalnie dokumentuje się kilka złóż istnieje możliwość najekono-

micniejszego powiązania tych złóż z placem budowy i miejscem wbudowania materiału w obiekty. Badania w skali półtechnicznej pozwalają na dobranie odpowiednich urządzeń przerobczych polepszających materiał lub dostosowujących go do potrzeb budowy.

2.d.5. Po uzyskaniu wyników badań wstępnych z pierwszego etapu przystępuje się do wykonywania wyrobisk i pobierania próbek dla badań laboratoryjnych i w skali półtechnicznej. Wszystkie wyrobiska muszą być lokalizowane i określone wysokościowo metodami geodezyjnymi.

3. Etap sprawdzenia wyników badań oraz prognoz zmian środowiska geograficznego. Etap ten rozpada się na dwa podetapy: 3. a) dotyczący okresu budowy jest jakby kontynuacją szczegółowego poznania warunków geologiczno-inżynierskich dzięki licznym, głębokim wykopom i wyłomom — jest więc potwierdzeniem lub zaprzeczeniem przyjętych w wyniku badań hipotez roboczych; 3.b) obejmujący okres spiętrzenia wody i eksploatacji stopnia wodnego, jest dalszym etapem sprawdzania prognoz zachowania się górotworu w zmienionych warunkach, zwłaszcza dla procesów geologiczno-inżynierskich, w których decydującą rolę odgrywa czas i częstotliwość powtarzających się zmian. Etap 3.a. ma znaczenie praktyczne — badania i obserwacje mogą być wykorzystane jeszcze dla danej budowli; 3.b. ma przede wszystkim znaczenie teoretyczne (poznanie kierunku i wartości zmian w ściśle określonych warunkach) oraz „sygnalizacyjne” zabezpieczające budowlę przed awarią.

Trudno postawić jakąś wyraźną granicę między tymi dwoma podetapami, gdyż współdziałają one ze sobą i szczegółowe poznanie budowy geologicznej w 3.a. pozwala na uchwycenie zależności między przyczyną a zjawiskiem, co w konsekwencji prowadzi do bardziej precyzyjnych prognoz zmian i możliwości zabezpieczenia się przed ich szkodliwymi skutkami. Należy zaznaczyć, że te dwa etapy są zawsze traktowane „po macoszemu” chociaż na pewno na to nie zasługują. Analiza przyczyn katastrof zapór nasuwa skojarzenia, że przynajmniej część z nich nie musiała spowodować tak wielkich strat materialnych i ludzkich.

Brak stałych obserwacji w czasie eksploatacji i być może nie docenianie analizy zmian warunków geologiczno-inżynierskich, a w niektórych przypadkach niepełna znajomość praw rządzących tymi zjawiskami były przyczyną katastrof. Obserwacje zmian należy prowadzić różnymi metodami, lecz analizę wyników musi prowadzić zespół specjalistów z różnych działów nauki i wśród nich musi być miejsce dla geologa.

3.a.1. Celem tego etapu jest szczegółowe poznanie budowy geologicznej i warunków geologiczno-inżynierskich w miejscach lokalizacji poszczególnych obiektów i konfrontacji obrazu rzeczywistego z hipotetycznym postawionym w wyniku badań. Uzyskać to można dzięki licznym odsłonięciom skał przy robotach fundamentowych, odkrywających skały na większych przestrzeniach. Drugim jakby pochodnym celem tego etapu jest ewentualna korekta hipotezy roboczej oraz analiza skutków, jakie te zmiany mogą mieć dla wznoszonych obiektów. W skrajnym przypadku mogą

one spowodować konieczność zmiany projektu budowy inżynierskiej.

3.a.2. Wydaje się paradoksalne, że i w tym etapie są potrzebne rooty gorniczo-badawcze, a jednak prowadzi się je np. dla określenia rzeczywistej głębokości osu lunamentowego. Są to szybki wyprzedzające, pozwalające ocenić jakość skały i ograniczyć głębokość wyrobiska zasaoniczego. W tym etapie ustala się również dane geotechniczne dla poszczególnych obiektów towarzyszących. Bardzo cenne są obserwacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie, ze względu na dużą przestrzeń wyrobiska. Materiały analityczne należy zebrać ze ścian wyrobisk, a najważniejszymi metodami kantowania są towoqramy uczytelniarne geologiczne. Należy pamiętać o specyfice prac, geolog nie może hamować postępu prac budowlanych i w związku z tym jest konieczność doborania metod szybkich, ale jednocześnie precyzyjnych.

3.a.4. Na podstawie materiałów zebranych w dole fundamentowym i po ich przeanalizowaniu oraz w nawiązaniu do map wykonanych w drugim etapie, geolog wydaje decyzję o głębokości posadowienia poszczególnych sekcji. W przypadkach wzbudzających zastrzeżenia co do jakości skały decyduje o pogłębieniu wyłomu lub o zastosowaniu zabiegów inżynierskich, mających na celu polepszenie jakości skały; koryguje kąty nachylenia krawędzi wyłomów i wspólnie z hydrotechnikami wprowadza ewentualne zmiany w kształcie fundamentu; czuwa nad prawidłowością stosowania materiałów wybuchowych przy wyłomach skalnych; bierze udział w komisjach odbioru robót skalnych i wydaje pozwolenie na przykrywanie skał betonem.

3.b.1. Podstawowym celem badań w tym etapie jest rejestracja zmian środowiska geograficznego, które powstały w wyniku eksploatacji stopnia wodnego. Obserwacje te obejmują swoim zasięgiem cały rejon stopnia i muszą być prowadzone w dłuższym okresie. Poznanie kierunku zmian i działania tych sił oraz ich ujęcie ilościowe pozwala na określenie zagrożenia, jakie one stwarzają i ewentualne zabezpieczenia się przed ich skutkami.

3.b.2. W rejonie osi zapory obserwacje prowadzi się metodami geodezyjnymi i polegają one na pomiarze odkształceń pionowych oraz poziomych poszczególnych sekcji zapory. Podobne obserwacje prowadzi się również w rejonie ważniejszych obiektów towarzyszących. W rejonie zbiornika najlepiej prowadzić kontrolę zmian przez fotointerpretację geologiczną zdjęć wykonywanych okresowo. Jeżeli istnieje tylko możliwość większe osuwiska należy obserwować również metodami fotogrametrii naziemnej.

Przedstawione w artykule etapy badań geologiczno-inżynierskich są prowadzone w górnym odcinku Sanu i wskazują, że istnieje ścisła zależność między teorią a praktyką. Praktyka — możliwość prowadzenia badań w okresie budowy i eksploatacji stopnia pozwala zebrać bardzo bogaty materiał analityczny, natomiast teoria stwarza z jednej strony przesłanki dla prowadzenia badań, z drugiej podstawy do uogólnienia praw rządzących tymi zjawiskami. Istnieje również konieczność ścisłej współpracy z hydrotechnikami, bo wówczas łatwiej zrozumieć ich potrzeby w poszczególnych fazach projektowania, a jednocześnie ocenić przydatność przekazywanych przez geologów danych geologiczno-inżynierskich.

SUMMARY

An ever increasing demand for water as raw material and energy source forces to intensity water economics of the country. Poland, a country poor in water, is characterized by unequal distribution of water and by a great difference in time of its appearance. The perspective development plan of water economics anticipates a construction of about 31 basins that should allow to store water in a quantity amounting to approximately 21 mld m³.

The article deals with the results of engineering-geological works made for water engineering purposes in the Carpathian region, and presents the conclusions resulting from author's long-time experience.

РЕЗЮМЕ

Постоянно растущая потребность в воде как сырье и источник энергии требует развития водного хозяйства страны. Польша является страной бедной в воду, с неравномерным её распределением и больших временных колебаниях. Перспективный план развития водного хозяйства предусматривает сооружение 31 водохранилища, в которых будет содержаться около 21 млрд. куб. м в воды.

В статье представлены результаты инженерно-геологических работ в области гидротехнического строительства в карпатских районах и сделаны заключения, вытекающие из многолетней практики.