

MILAN MATULA

NIEKTORÉ POZNATKY Z VÝSKUMU INŽINIERSKO-GEOLOGICKÝCH PODMIENOK VÝSTAVBY VODNÉHO DIELA V NOSICIACH

(Ruské a nemecké resumé)

V rámci plánu výskumných prác Katedry inžinierskej geológie robil som od júla 1953 výskum a prieskumné práce v súvislosti s výstavbou hydroenergetického diela Nosice, ktoré je jednou z dôležitých súčastí sústavného využitia vodnej energie rieky Váh a jednou z najväčších súčasných stavieb na Slovensku. Poznatky tu získané budú uverejnené; nateraz tu podávam stručne aspoň niektoré z nich.

Pri Nosiciach bude vybudovaná údolná priehrada gravitačného typu s vodnou nádržou strednej veľkosti. V pravej časti priehrady bude umiestnených 5 blokov výpustného zariadenia, v ľavej 3 bloky elektrárenské, od ktorých povedie asi 2,5 km dlhý odpadový kanál. Geologickou stavbou širšej oblasti študovaného územia sa tu nebudem zaoberať. Stačí azda len spomenúť, že patrí k tej časti vnútorného bradlového pásma, kde strednokriedové až vrchnokriedové členy bradlového obalu naprosto prevládajú a s vlastnými bradlami sa stretneme len ojedinele.

Už v rámci predbežného inžiniersko-geologického výskumu, vykonávaného Geologickým ústavom Dionýza Štúra v rokoch 1949—1951, na základe pomerov geomorfologických a vážnych požiadaviek technických, bola odporúčaná dnešná alternatíva priehradného miesta ako jediná i napriek tomu, že geologické pomery tu sú veľmi zložité a pre dielo málo priaznivé. Podrobný prieskum potom ukázal, že geologické pomery sú ešte horšie, než sa prv predpokladalo, čo kladie veľké požiadavky a znamená značné ťažkosti pre technické realizovanie stavby.

* * *

V priehradnom mieste nad údolnou nivou, zužujúcou sa až na 320 m šírky, dvíha sa na ľavej strane vysoký svah o sklone 30°—40°, vytvorený morfologicky „aktívnymi“ zlepenkami; na pravej strane údolia je würm-

ská riečna terasa o mocnosti 9—14 m, pokrytá hrubou vrstvou spraší a sprašových hĺín. Alúvium má priemernú mocnosť asi 9 m. Skalný podklad v priehradnom mieste tvoria strednokriedové a vrchnokriedové útvary bradlového obalu, ktoré tu majú v stratigrafickom poradí asi takýto litologický charakter:

Sférosideritové vrstvy (alb) predstavujú tmavošedivé slieňe s ojedinelými vložkami pieskovcových lavíc o mocnosti do 20 cm; šedé silno zbrídlíčnatené slieňe s ojedinelými vložkami vápnitého pieskovca; šedé silno zbrídlíčnatené slieňe vystriedané početnejšími lavicami pieskovca o mocnosti 20—50 cm.

Orlovské vrstvy (cenoman) sú reprezentované piesčitými šedými slieňmi, vystriedanými lavicami vápnitých pieskovcov; vyššie ležia hrubé lavice pieskovcov s polohami zbrídlíčnatených slieňov o mocnosti až 2 m; nad nimi sú polohy typických masívnych orlovských pieskovcov s tenkými preplástkami slieňov, ktorých smerom nahor pribúda.

Upohlavské vrstvy (senon) tvoria hrubolavicovité zlepenice s uhličitanovo-pieskovcovým a miestami slienitým tmelom, s vložkami hrubolavicovitých pevných pieskovcov a intenzívne zbrídlíčnatených slieňov v polohách až 2 m mocných; vyššie sa striedajú iba vápnité pieskovce a slieňe, ktoré opäť prechádzajú do súvrstvia rozpadavých zlepenčov so slienitým až ílovitým tmelom.

Uvedené horniny vystupujú v priehradnom mieste v zložitých tektonických pomeroch. Na pravej strane údolia pod würmskou terasou a riečnymi náplavmi údolného dna leží komplex albských slieňov, v ktorých ku stredu údolia pribúdajú vložky pieskovcov; ďalej v podloží projektovaných blokov 7—8 prechádza toto súvrstvie do komplexu cenomanských, flyšovite sa striedajúcich slieňov a pieskovcov orlovských vrstiev, ktorých typický člen — masívne orlovské pieskovce — nachádzame v mohutných laviciach v podloží projektovaných blokov 9—11, resp. i 13. Ďalej dol'ava sa opäť striedajú hrubšie polohy slieňov a pieskovcov. V okolí kesónu K4, pravdepodobne v tektonickom styku s predošlým súvrstvom cenomanu, je opäť súvrstvie albských slieňov a slienitých bridlíc, v ktorých postupne ubúda vložiek pieskovca. V podloží blokov 22—23 v normálnom transgresívnom styku ležia na albe vrstvy upohlavské.

Generálny sklon všetkých týchto súvrství je zhruba orientovaný na juhojuhozápad až juhozápad, teda spadajú príkro pod uhlom 60—90° smerom proti vode a ľavému svahu; miestami sú však úložné pomery aj trochu odlišné, ako napr. v podloží bloku 16 (keson K4, K5), kde vrstvy sú strmo naklonené na opačnú stranu. Súvisí to s priebehom vrstiev v izoklinálnych vrásach, z ktorých sa pravdepodobne dnešná tektonická stavba v danom mieste vyvinula. Tieto komplexy prebiehajú teda v akýchsi

pruhoch v približne juhovýchodno-severozápadnom smere, šikmo k ose priehrady.

Slienité členy základovej pôdy boli tektonickými tlakmi zväčša veľmi intenzívne zbridičnatené a detailne zvrásnené. Nachodíme v nich veľa dislokačných ohladených plôch s ryhovaním, ktoré svedčia o hojných diferenciálnych pohyboch, vyrovnávajúcich rôzne napätia základovej pôdy, vzniknuté v dôsledku tektonických pochodov. Väčšie dislokačné plochy sú sprevádzané tiež až 10—20 cm širokým pásmom rozdrteného slienitého materiálu (tektonická brekcia). Rigidnejšie pieskovce a zlepence pri tektonických tlakoch sa chovali ináč. Lavice pieskovcov v slienitých súvrstviach boli rozpukané, roztrhané a veľmi nepravidelne vtlačované do masy plastických slieňov. Súvislejšie polohy väčších pieskovcových lavíc sú prestúpené sieťou priečných puklín rôznych smerov. Staršie pukliny boli úplne alebo sčasti vyplnené sekundárnym kalcitom. Značná časť puklín však nebola druhotne vyplnená ani piesčito-slienitým materiálom, takže sú otvorené. Väčšie dislokačné plochy majú charakter poruchových pásiem s rozdrteným a prehneteným materiálom, v zóne povrchového zvetrávania rozloženým až v piesčito-hlinitú masu. Podobne sú veľmi rozpukané aj lavice zlepenecov.

Pokiaľ ide o hlavné fyzikálno-technické vlastnosti hornín základovej pôdy, zmienim sa aspoň o niektorých.

Sliene a slienité bridlice, ktoré zaraďujeme ku kategórii hornín poloskalných, v nezvetranom a nerozbriednutom stave majú značnú únosnosť a malú stlačiteľnosť. Podľa výsledku niekoľkých zaťažovacích skúšok možno u nich počítať s dovol. namáh. 10 kg/cm^2 ; za modul deformácie možno prijať hodnotu $50.000\text{--}80.000 \text{ kg/cm}^2$. Vyznačujú sa minimálnou priepustnosťou; voda nimi preniká hlavne len po poruchách a puklinách bridličnatosti. Sú stredne nasiaklivé; ich veľmi nepriaznivou vlastnosťou je, že v styku s vodou v pásme povrchového zvetrávania rýchlo mäknú a rozbriedajú sa. Patria okrem povrchových zvetraných vrstiev do III. triedy ťažiteľnosti a k ich rozpájaniu treba použiť klíny, pneumatické kladivá a výbušniny. Sú intenzívne zvetrané do hĺbky maximálne 2 m. Pri skúškach šmykových (ušmykovanie betónových bločkov) vykázali pomerne priaznivú priemernú hodnotu súdržnosti $c = 1,02 \text{ kg/cm}^2$ a vnútorného trenia $\text{tg } \varphi = 0,496$.

Pieskovce, ktoré prevládajú najmä v komplexe cenomanu, majú vďaka vysokej štruktúrnej súdržnosti vysokú únosnosť a samy sú prakticky skoro nestlačiteľné. V miestach, kde sú viac rozpukané, treba však ich únosnosť i stlačiteľnosť posudzovať vzhľadom na stupeň rozpukania, orientáciu puklín a charakter ich výplne; miesto súdržnosti rozhodujúci význam má pri tom vnútorné trenie. Seizmickou metódou bol pre tento komplex zistený

modul deformácie v hodnote $E = 119.000\text{--}200.000 \text{ kg/cm}^2$. Patria do III. triedy ťažiteľnosti.

Zlepence majú únosnosť až vyše 15 kg/cm^2 a modul deformácie $E = 92.000\text{--}105.000 \text{ kg/cm}^2$. Patria do IV. triedy ťažiteľnosti. Sú veľmi priepustné po puklinách, ktoré sú v značnej miere nevyplnené. Dajú sa však dobre injektovať bežnými injekčnými zmesami bez nebezpečia, že injekcie budú rozrušené agresívnou vodou, ktorá v nich zistená nebola.

Osobitný význam (a to negatívny) pre základovú pôdu má v priehradnom mieste prítomnosť tlakovej minerálnej podzemnej vody, ktorá sa z hĺbky prediera dosť energicky vďaka preplyneniu kyslíčnikom uhlíčitým cez povrchové partie skalného podkladu do alúvia. Pôsobením tejto vody došlo k uvoľňovaniu uhlíčitanového tmelu pieskovcov, ktoré v niektorých zónach sú veľmi vyluhované, ako to vidieť tiež na vrtných jadrách; tieto zóny majú zväčša jazykovitý tvar a siahajú aj do väčších hĺbok skalného podkladu, najmä v okolí porušených a značne rozpukaných partií, po ktorých vystupovali minerálne vody. Takto postihnuté horniny sú dobre rozpoznateľné aj podľa žltohnedého sfarbenia od limonitu. Nachodíme ich najmä v strednej časti priehradného profilu v pruhu orlovských vrstiev, kde bola zistená pri vrtní v hĺbke asi 70 m aj jedna z hlavných žriedelných línií.

Vcelku možno konštatovať, že v priehradnom profile vzhľadom na komplikovanú geologickú stavbu územia (a najmä na okolnosť, že celé priehradné miesto sa nachádza pravdepodobne v priestore širokej poruchovej zóny prebiehajúcej naprieč bradlovým pásmom) sú pomerne veľmi nepriaznivé podmienky pre výstavbu údolnej priehrady, ktorá je tu uskutočniteľná iba za veľmi ťažkých technických podmienok. Vzhľadom na pestrý litologický charakter hornín i ich úložné pomery a porušenie sú základové pomery značne nesúrodé. Dosť priaznivou okolnosťou z hľadiska pevnosti podkladu je príkre upadanie vrstiev proti vode a k ľavému svahu. Horniny skalného podkladu sú pre stavbu priehrady dostatočne únosné a ich stlačiteľnosť je vcelku malá. Na základe zistených modulov deformácie treba nerovnomerné stlačovanie podložia očakávať najmä na stykoch mocnejších polôh slieňov s pieskovecami (napr. pod piliermi výpustného zariadenia). Vďaka úložným pomerom vrstiev i celkovému priebehu dislokácií nezistili sme v základovej pôde nebezpečné prirodzené šmykové plochy, ktoré by umožňovali ľahšie ušmyknutie objektov v smere toku vody.

Veľmi dôležitá je požiadavka správnej úpravy základovej škáry, najmä odstránenie rozbriednutého slienitého materiálu i uvoľnených kusov rozpukaných pieskovcov a zlepencov.

Z hľadiska možnosti filtrácie sú pomery v priehradnom mieste s výnimkou komplexu slieňov nepriaznivejšie (najmä v dôsledku priebehu vrstiev a vysokej puklinovitosti). Preto sa už od začiatku projektovania muselo

rátat' s rozsiahlymi injekčnými prácami. Popri 30—40 m hlbkej priebežnej tesniacej injekčnej clone pod návodným lícom priehrady urobí sa aj plošná injektáž, ktorej okrem utesnenia základovej škáry pripadá úloha zabraňovať agresívnej vode v prístupe k betónovým základovým konštrukciám. Vzhľadom na minerálku museli byť bežné cementové injekcie zamenené vhodnejšou zmesou, ktorá by agresívnej vode odolávala; na základe početných laboratórnych pokusov bola zvolená injektáž ílochemická, kombinovaná prípadne s cementovou.

Ochrana základov priehrady sa však urobí ešte ďalšími opatreniami. V exponovaných úsekoch sa betón priehradných blokov bude ukladať na zvláštnu dlažbu z čadičových kociek, ukladaných do malty z odolného trasového cementu, pričom sa škáry vyplnia asfaltom. Na vzdušnej strane priehrady budú zriadené osobitné širokopriemerové vrty, ktorými bude zachytená minerálna voda a znížený jej tlak na základovú škáru priehrady. Na dobrom vykonaní týchto opatrení bude závisieť úspešnosť a trvácnosť celého vodného diela.

* * *

V rámci inžiniersko-geologického výskumu pre vodné dielo v Nosiciach vykonal som tiež podrobný terénny výskum a mapovanie (mapa 1 : 5000) v oblasti vodnej nádrže nosickej priehrady. Popri problémoch možnosti úniku vody filtráciou a podmáčania brehov venoval som hlavnú pozornosť najmä otázkam stability svahov nádrže; stabilita svahov je tu osobitne významná preto, lebo po obidvoch svahoch údolia niekoľko metrov nad kótou maximálneho vzdutia vody projektujú sa preložky železničnej trate (po ľavom svahu) a štátnej cesty (po pravom svahu údolia).

Zistilo sa, že vďaka konfigurácii svahov údolia Váhu, tečúceho v celej zátopnej oblasti hlbokým zaklesnutým meandrom, je vylúčená možnosť úniku vody z nádrže filtráciou do susedných, nižšie položených miest, resp. údolí. Filtrácia nepredstavuje vážnejší problém ani na ostrom výbežku pravého svahu údolia v zákrute meandru v priestore priehradného miesta, pretože vďaka predĺženiu pravostranného zaviazania priehradného múru štetovnicovou stenou a injekčnou clonou, bude filtračný tok podľa výpočtov už taký slabý, že nepredstavuje nijaké ohrozenie diela.

Problém podmáčania bolo treba vyriešiť najmä pri hornom konci vzdutia, kde by dochádzalo k podmáčaniu základov suterénnych priestorov veľkého strojárenského závodu. Sanácia sa bude robiť hlbokými zbernými drénami a prečerpávacou stanicou.

Na obidvoch svahoch údolia rieky sú početné staré i úplne mladé zosuny. K ich vzniku prispeli najmä: litologický charakter podkladu (ľahko zvetrávajúce a rozbriedavé sliene), množstvo ílovitých produktov ich zvetrávania

v mocných deluviálnych uloženinách, intenzívne dážde atď. Hlavnou príčinou najväčších zosunov bolo však podrezanie svahu bočnou eróziou Váhu, v iných prípadoch zas pri výstavbe komunikácií. Zosuvné územia boli preskúmané a navrhnuté protipatrenia pre zabezpečenie stability svahov.

Poznatky a závery z inžiniersko-geologických výskumných prác boli zhrnuté v obsiahlej záverečnej zpráve s mnohými grafickými prílohami. Nateraz už stavba vodného diela značne pokročila a blíži sa deň, keď bude uvedená do prevádzky. Pracovníci Katedry stavbu naďalej sledujú a vykonávajú na nej geologický dozor, dokumentáciu a pozorovania.

* * *

Po vykonaní výskumných prác a po preštudovaní ich priebehu od začiatkov projektovania, nemôže nám, okrem stručne uvedených poznatkov, uniknúť niekoľko dôležitých poučení.

Jedným z nich je záver o fyzikálno-technických vlastnostiach slieňov a slienitých bridlíc strednej kriedy, ktoré sa nedávno považovali za veľmi málo vhodný podklad pre ťažké hydroenergetické stavby. V technických kruhoch sa im prisudzovala malá únosnosť a značná stlačiteľnosť. Vychádzalo sa pritom z výsledkov zle urobených zaťažovacích skúšok, ktoré vykazovali hodnoty obyčajne nižšie ako 5 kg/cm^2 . Dnes možno už azda na základe početných skúšok i praktickej skúsenosti konštatovať, že tieto horniny sú vcelku veľmi dobrým podkladom, spravidla málo stlačiteľným a dosť únosným pri zaťaženiach až do 10 kg/cm^2 . Preto hodnotu dovoleného namáhania $7\text{--}8 \text{ kg/cm}^2$ môžeme považovať za celkom odôvodnenú a bezpečnú. Súčasne však treba zdôrazniť možnosť rýchleho porušenia a znehodnotenia odkrytých základov, ktoré vyplýva z poloskalného charakteru tejto horniny.

Ďalšie poučenia sú metodicko-organizačného rázu. Po skúsenostiach s Oravskou priehradou i na základe skúseností z Nosíc a iných vodných diel je najvyšší čas skončiť s akýmkoľvek podceňovaním seriózneho inžiniersko-geologického výskumu. Už by viac nemal byť schválený projekt a nemalo by sa pristúpiť k stavbe, pokiaľ nie sú všetky stránky geologických a hydrogeologických pomerov staveniska vyjasnené. Porušovanie komplexnosti výskumu vedie k tomu, že sa napr. zanedbá prieskum hydrogeologický, hydrochemické analýzy vzoriek vody z vrtov a pod. a neobjaví sa včas nebezpečná minerálka. Pri sondáži priehradného miesta je účelné navrhnuť aspoň niekoľko hlbokých oporných vrtov pre objasnenie štruktúry a charakteru podkladu do väčších hĺbok.

Vodné dielo nemalo v rozhodujúcich fázach projektovania v rokoch 1951—1952 geológa, s ktorým by stavba úzko spolupracovala. Pri stavbe,

инжекčných prácach atď. nemá dielo ani dodnes prevádzkového geológa, ktorý by na stavbe bol stále prítomný a podľa pokynov expertov a vedeckých ústavov by kontroloval priebeh prác a robil sústavnú geologickú dokumentáciu. Tieto nedostatky musí pomôcť vyriešiť práve geologická fakulta intenzívnejšou výchovou potrebného počtu vyspelých odborníkov — geológov.

*Katedra inžinierskej geológie
Fakulty geologicko-geografických vied
Univerzity Komenského, Bratislava*

МИЛАН МАТУЛА

ЗАМЕТКИ О ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ПРИ ПОСТРОЙКЕ ВОДНОГО СООРУЖЕНИЯ У СЕЛ. НОСИЦЕ

Автор кратко говорит о некоторых результатах инженерно-геологического исследования при постройке водных сооружений на реке Ваг. Гравитационная плотина строится на мергелистых сланцах, песчаниках и конгломератах среднего и верхнего мела клипповой зоны. Сложное тектоническое и гидрогеологическое строение, создает для постройки очень тяжелые технические условия. Раньше сомневались в хороших физико-технических свойствах мергелистых сланцев альба, однако оказалось, что они обладают достаточной устойчивостью на осадку и малой потерей воды на фильтрацию. Напротив комплексы песчаников с карбонатным цементом (сеноман), которые очень раздроблены показывают неблагоприятные свойства. Неблагоприятным фактором является здесь агрессивная вода, под влиянием которой разрушается бетон и цемент песчаников и препятствует употреблению нормальной цементации.

При разведочных работах в области водохранилища большое внимание уделяли оползням, угрожавшие дорогам и железнодорожному полотну. Кроме того надо было решить проблему подмачивания большого завода, находящего у верхнего конца водохранилища.

Со словацкого перевел Л. Микущка.

*Кафедра инженерной геологии геолого-географического факультета Университета
имени Комenskого, Братислава*

MILAN MATULA

EINIGE ERKENNTNISSE BEI DER ERFORSCHUNG DER INGENIEUR-GEOLOGISCHEN VERHÄLTNISSE BEI DER ERRICHTUNG DES WASSERWERKES IN NOSICE

Der Autor gibt einen kurzen Bericht über einige Resultate der ingenieur-geologischen Forschung für die Zwecke des Baues eines bedeutenden Wasserwerkes an der Waag bei Nosice. Die Gravitationsbetonsperre wird auf mergeligem Schiefer, auf Sandsteinen und auf Konglomeraten der mittleren und oberen Kreide der inneren Klippenzone der Karpathen erbaut. Komplizierte tektonische und hydrogeologische Verhältnisse bereiten dem Bau sehr große technische Schwierigkeiten. Die mergeligen Schiefer

des Alb, über deren fysikaltechnische Eigenheit man früher zweifelte, bekundeten günstige Werte der Tragfähigkeit, der Zusammendruckbarkeit und eine minimale Wasserdurchlässigkeit. Dagegen sind sehr ungünstige Verhältnisse in den Komplexen von Kalk—Sandstein, die tektonisch zerklüftet und zerbröckelt sind. Der allernünftigste Faktor ist hier jedoch das aggressive Druckwasser, welches den Zement der Sandsteine und des Betons intensiv zerstört und die Anwendung der gebräuchlichen Zementinjektionsmethoden unmöglich macht. Deshalb müssen beim Gründen der Abspermmauer verschiedene spezielle und komplizierte Maßnahmen vorgenommen werden.

Bei den Forschungsarbeiten im Gebiet des Aufstauungsbeckens konzentrierte sich die größte Aufmerksamkeit auf die Erforschung der zahlreichen Erdrutschungen, die hauptsächlich die neuangelegten wichtigen Straßen- und Eisenbahnkommunikationen gefährden; gleichzeitig mußte man das Problem der Unternässung des großen Werkes am oberen Ende des Staues lösen.

Übersetzt von G. H o r n á.

*Lehrstuhl für Ingenieurgeologie
der geologisch-geographischen Fakultät
der Komensky-Universität, Bratislava*