

Geologický ústav Dionýza Štúra
ODBOROVÉ INFORMAČNÉ STREDISKO
Mlynská dolina 1
817 04 BRATISLAVA

Inžinierska geológia v ochrane a tvorbe životného prostredia

MILAN MATULA, RUDOLF ONDRÁŠIK

Katedra inžinierskej geológie PF UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

(Doručené 16. 1. 1990)

Engineering Geology in Rational Exploitation and Protection of the Human Environment in Czecho-Slovakia

Optimal exploitation of geological potentials and resources always was the principal subject and aim of the Engineering Geology. Along with this the tendencies of a rational geoenvironmental protection subsequently increased being developed mainly in following areas: protection of the society against detrimental impacts of geological hazards; preparation of data for economically and ecologically desirable interactions between engineering works and geological environments; protection of the natural environment against by man induced devastation. Methodological and terminology problems are dealt with and the contribution of engineering geology to the environmental protection and rational land-use in Czecho-Slovakia are reported.

Vzrastajúci význam inžinierskej geológie v racionálnom využívaní a ochrane prostredia

Ludstvo sa už oddávna vždy snažilo svoje technické diela začleniť do geologického prostredia tak, aby boli ochránené pred deštruktívnymi procesmi (napr. zemetraseniami, vulkanickými erupciami a veľkými zosunmi) a aby bola zabezpečená aj ich trvácnosť a bezpečná prevádzka. Toto úsilie pretrváva aj dnes, o to viac, že sme nútení budovať náročné diela v čoraz horších inžinierskogeologických podmienkach. Možnosti výstavby v dobých základových pomeroch nepodmáčaných nížin a riečnych nív, širokých terasových stupňov a stabilných miernych svahov sú u nás už minimálne. Prísne zákony na ochranu pôdného fondu nás nútia usmerňovať novú výstavbu aj do podmáčaných území, málo stabilných a erodovaných svahov alebo na skalné základové pôdy, kde sa značne zvyšujú stavebné náklady.

Optimálne využívanie možností a zdrojov, ktoré poskytuje zemská kôra pre investičnú výstavbu, bolo vždy hlavným poslaním inžinierskej geológie. Ako sa v našom odbore postupne presadzoval vývoj od hodnotenia základových pomerov určitého staveniska ku komplexnému hodnoteniu širších regionálnych súvislostí a ku systematickej príprave inžinierskogeologických podkladov pre územné plánovanie, tak sa popri hľadiskách využitia geologického prostredia do popredia stále viac dostávali aj aspekty ochrany prírodného prostredia.

Keď sa koncom šesťdesiatych rokov aj u nás začalo viac hovoriť o životnom prostredí a jeho zhoršujúcom sa vývoji, inžinierska geológia bola z geologických odborov najkonkrétnejšie pripravená považovať moderné a vzrušujúce trendy starostlivosti o zdravý vývoj prostredia za vlastnú a reálnu úlohu. Prejavilo sa to v uplatňovaní určitých nových pohľadov v lokálnom prieskume stave-

nísk, ale najmä v rýchlom rozvoji regionálneho inžinierskogeologického výskumu a mapovania – predovšetkým na účely územného plánovania a ochrany prostredia.

Moderné územné plánovanie a široko založená investičná výstavba spolupracujú s inžinierskou geológiou nielen aby sa vyvarovali dopadov nebezpečných geologických živlov alebo len aby si zabezpečili potrebné stavebné materiály, ale čoraz viac sa sústreďujú na prognózovanie správania technických diel a zabezpečenie ich optimálnej koexistencie s geologickým prostredím, ktorá neprodukuje rôzne nepriaznivé environmentálne a ekologické následky. Výskum a hodnotenie interakcií medzi stavebnými, ťažobnými a inými dielami a ich geologickým prostredím sa stalo hlavným predmetom modernej inžinierskej geológie, ktorá je dnes preto jednou z najangažovanejších a najefektívnejších disciplín v rámci vied o životnom prostredí.

Ochrana a tvorba životného prostredia sa však netýka len inžinierskej geológie. Vo všetkých geologických disciplínach i praktických geologických činnostiach si treba hlboko uvedomovať „environmentálne“ aspekty a prispôbovať im metodologické prístupy i špeciálne pracovné postupy. Problémy životného prostredia však možno úspešne riešiť iba rozumnou a účelne organizovanou interdisciplinárnou spolupracou geovedných odborov. Motiváciou takejto spolupráce nesmú byť krátkodobé konjunkturálne zábery disciplín alebo jednotlivcov, ale snaha o hlboko fundované a komplexné riešenie problémov. Jednotlivé disciplíny a interdisciplinárne tímy musia v záujme spoločnej veci zjednocovať svoje teoreticko-metodologické pozície, pracovné postupy i nový pojmový aparát a terminológiu.

Dôležitou úlohou je, aby sa aj pri vykonávaní geologických výskumných a prieskumných prác starostlivo dodržiavali také postupy a opatrenia, ktoré zabráňujú po-

škodeniu a trvalému znehodnoteniu prírodného a životného prostredia.

Geológovia musia čoraz viac vstupovať do interdisciplinárnej spolupráce so špecialistami iných vedeckých a profesionálnych odborov. Našou významnou celospoločenskou úlohou je vypracovávať kvalitné podklady i poskytovať vyčerpávajúce a zodpovedné informácie pre širokú oblasť štátnej starostlivosti o životné prostredie, pre orgány územného plánovania, ochrany prírody, pre investorské a projektové organizácie atď. Aby sa zvýšila efektívnosť riešení v tejto oblasti, treba zdokonaľovať a modernizovať tiež spôsoby výmeny informácií (špeciálne mapy, rozbor, vstupy a výstupy databáň atď.).

V súbore vied o Zemi má inžinierska geológia v súvislosti s ochranou a tvorbou životného prostredia už tradične osobitné postavenie a vďaka svojmu novodobému teoreticko-metodologickému i technologickému vývoju je na konkrétne riešenie úloh racionálneho využívania i ochrany geologického prostredia najlepšie pripravená (najmä v interdisciplinárnej spolupráci s geotechnikou a hydrogeológiou).

Základné trendy vo využívaní inžinierskogeologických podkladov na rozvoj a ochranu životného prostredia

Ako vyplýva z materiálov svetových kongresov a konferencií takých medzinárodných organizácií, ako sú ISSMFE – Medzinárodná spoločnosť pre mechaniku zemín a zakladanie stavieb, ISRM – Medzinárodná spoločnosť pre mechaniku hornín a IAEG – Medzinárodná asociácia inžinierskej geológie, význam inžinierskogeologických podkladov o geologickom prostredí vzrastá najmä v týchto smeroch:

1. Ochrana spoločnosti pred priamymi dopadmi ničivých geologických procesov, akými sú vulkanické erupcie, zemetrasenia, veľké zosuny, záplavy a pod. (bežne sú známe ako „geological hazards“).

2. Príprava komplexných podkladov o geologickom prostredí pre ekonomicky i ekologicky priaznivé ovládanie jeho interakcií s technickými dielami, najmä takými, ako sú náročné občianske i priemyslové stavby, hydroenergetické a jadrové-energetické diela, veľké stavby autostrád, mostov a viaduktov, podzemné stavby, ale tiež celé sídlisko-priemyslové aglomerácie vyžadujúce premyslené územno-urbanistické plánovanie.

3. Ochrana geologického prostredia a krajiny pred rozrušením a znečisťovaním, ktoré je čoraz viac spojené s rozsiahlou ťažbou nerastných surovín a s odkladaním ťažobného, priemyslového a komunálneho odpadu.

Aby sa získal lepší prehľad o charaktere, rozsahu a dôsledkoch uvedených procesov, radi by sme túto problematiku ilustrovali niekoľkými príkladmi.

Ochrana spoločnosti proti geologickým prírodným živlom

Našťastie sme krajina, ktorú neohrozujú vulkanické

erupcie. Určité obavy sú zo zemetrasení. Hoci sme aj v nedávnej minulosti v ČSFR mali ničivé zemetrasenia, seizmicita sa tu nepovažuje za hrozivý „geologický hazard“. Na území štátu však máme dosť veľké seizmické oblasti s intenzitou 7 až 9° MSK – 64 (i Mercalliho stupnice) a naše stavebné normy tu prikazujú rôzne stupne antiseizmického projektovania.

Česko-Slovensko je známe ako krajina zosunov a iných svahových pohybov, ktoré u nás predstavujú hlavný zdroj geokatastrof. Sú tu dobre skúmané, zmapované a jednotne pasportizované od známeho katastrálneho zosunu r. 1960 v Handlovej, ktorý sa stal impulzom k rozhodnutiu vlády o systematickom sledovaní, registrovaní a technickej kontrole zosunov v ČSFR.

Také živelné procesy, akými sú zemetrasenia a mohutné katastrofálne svahové pohyby hornín, sú vzbudzované dlhodobými geologickými procesmi, pričom v našich pomeroch sa najintenzívnejšie prejavuje pokračujúce tektonické vyzdvihovanie pohorí a poklesávanie kotlín a nížin. Neotektonické pohyby a prestavba polí napätosti v horninovom prostredí sú základným faktorom exogénnej geodynamiky, ktorá v mnohých prípadoch veľmi nepriaznivo pôsobí na životné prostredie spoločnosti.

Nepriaznivé dôsledky interakcií medzi stavbou a jej geologickým prostredím

Takéto dôsledky môžu spôsobiť rozsiahle poruchy stavieb a ich prírodného prostredia, dodatočné vysoké náklady na sanačné práce a veľké ekonomické straty v dôsledku dočasného vyradenia technického diela z prevádzky.

Veľa ťažkých poškodení budov a iných stavieb spôsobilo nadmerné stlačenie až porušenie únosnosti základovej pôdy, intenzívne napúčanie a zmrašťovanie ílovitých zemín, presadnutie spraší alebo náhle zdvihnutie hladiny podzemnej vody. Často sa stretávame dokonca s porušením stability skalných svahov v hlbších odrezoch a zárezoch ciest a železníc, najmä ak sa správne neuvážili vplyvy diskontinuit masívu, zmeny v jeho vodnom režime alebo vplyvy dynamických otrasov dopravy. V urbanistickej výstavbe je mnoho príkladov, kde veľmi vysoké náklady vyvolala dodatočná sanácia svahu, ktorého stabilitu geotechnici zhodnotili nesprávne – bez uváženia geologickej povahy základových pôd (napr. značne zvetraných pliocénnych terasových štrkov). Podobných prípadov je veľa tam, kde sa zle prognózovala interakcia sídlisťných budov s ich geologickým prostredím.

Značnú časť nášho územia pokrývajú colické spraše; pri nadmernom premočení v nich dochádza ku kolapsu štruktúry a k náhlemu presadnutiu základov – s katastrofálnymi dôsledkami pre stavby.

Riskantné situácie spôsobujú krasové dutiny v podlaží budov, železníc a iných stavieb – najmä ak ich prieskum včas neodhalí. Poučné je odhalenie celého systému krasových dutín v dne hornej nádrže prečerpávacej vodnej elektrárne Čierny Váh – našťastie ešte pred vytvorením

tesniaceho asfaltobetónového koberca. Každý inžinier si vie predstaviť, k čomu by došlo pri prevaleaní dna nádrže v skrasovatenom vápencovom masíve – pri hydraulickom spáde vyše 400 m.

Jedným z draho zaplatených poučení o dôsledkoch nedostatočného prieskumu staveniska a regionálneho mapovania širšej oblasti bolo oneskorené objavenie agresívnej artézskej vody v podloží gravitačnej betónovej priehrady v Nosiciach na Váhu. V štádiu, keď už značná časť betónových blokov bola vybudovaná, dodatočné podstatné zmeny projektu zakladania spôsobili 3-ročné predĺženie výstavby, veľké zvýšenie nákladov a ekonomické škody oddialením výroby elektriny.

Charakter náhlej živelnnej pohromy môže nadobudnúť porušenie filtračnej stability jemnozrnného podložja stavieb, napr. podložja ochrannej hrádze, ktorá chráni priľahlú nížinu Žitného ostrova pred zatopením v prípade rozvodnenia Dunaja. V roku 1965 takáto katastrofa spôsobila rozsiahle záplavy a obrovské škody. Okrem poľnohospodárskej pôdy boli zničené tisíce domov a priemyslových prevádzok.

Porušenie krajiny a geologického prostredia v dôsledku ekonomicko-technickej činnosti

K rozsiahlemu narušeniu prostredia najčastejšie dochádza pri ťažbe nerastov, čerpaní vody, nafty a zemného plynu, pri ukladaní odpadov. Uvedieme aspoň niekoľko príkladov.

Obrazy totálnej devastácie sú dnes charakteristické pre veľkú oblasť severných Čiech v dôsledku povrchovej ťažby energetického hnedého uhlia. Vláda však vyčleňuje veľké prostriedky na komplexnú rekultiváciu tejto oblasti, ktorá sa tu postupne uskutočňuje.

Celá obec Podhradie bola ohrozená a sčasti zničená aktiváciou obrovského zosunu, ku ktorému došlo vtedy, keď sa k nemu priblížilo podzemné dobývanie uhlia v nováckom revíre (Horná Nitra).

Ku katastrofálnej deštrukcii hrádze zložiska popolčiek z blízkej tepelnej elektrárne Nováky došlo v dôsledku nerešpektovania geotechnických odporúčaní ohľadne spoľahlivej drenáže dna i prípustnej výšky a stability hrádze. Údolie rieky Nítry bolo zaplavené toxickými materiálmi, ktoré sa v podzemnej vode rozšírili až vyše 100 km po toku. Ani nová skládka vybudovaná priamo v údolnej nive rieky Nítry nespĺňa inžinierskogeologické zásady a znečisťuje pôdu a vody.

Možno uvádzať stovky ďalších príkladov, ktoré svedčia o potrebe ochrániť spoločnosť i ekonomiku včasným prognózovaním interakcií geologického prostredia diel človeka, ktorý geologicko-geografické prostredie nielen využíva, ale aj naruša jeho prírodné rovnováhy.

Jednoznačne prichádzame k dnes už všeobecne prijímanému záveru, že vyvarovať sa geologickej hazardom, poruchám technických diel a devastácii geologického i krajinného prostredia – to vyžaduje predovšetkým v rámci územného plánovania a projektovania včas využívať inžinierskogeologické podklady.

Niektoré metodologické aspekty štúdia vzťahov medzi geologickým prostredím a technickými dielami

Všeobecne je dobre známa – i draho zaplatená – skúsenosť, že účelná a múdra prax musí byť vždy založená na dobrej teórii a metodológii. Preto tu treba uviesť aspoň niekoľko aktuálnych a podstatných metodologických pripomienok.

Geologické prostredie a jeho hlavné zložky

Termín „geologické prostredie“ sa udomácnil v geológii len nedávno a ťažko ho nájsť dokonca v pomerne nových geologických učebniciach a slovníkoch. Definovať ho možno ako tú časť litosféry, ktorá sa dostáva do interakcie s ľudskými dielami a zásahmi, vytvára materiálne prostredie pre priamu látkovo-energetickú výmenu medzi človekom a biotickou prírodou. Geologické prostredie stáva sa tak rovnako dôležitou súčasťou životného prostredia spoločnosti, ako sú hydrosféra, atmosféra a biosféra.

Najpodstatnejšími zložkami geologického prostredia (ako dynamického a veľmi zložitého prírodného systému) sú:

1. horninové prostredie – ktoré látkovo i štruktúrne vytvára základnú zložku predmetnej časti zemskej kôry;
2. podzemná voda – predstavuje prienik zemskej hydrosféry s litosférou, podstatne ovplyvňuje vlastnosti i správanie horninových mas, vytvára tiež osobitný druh nerastnej suroviny podmieňujúcej život človeka;
3. reliéf – ako významné rozhranie litosféry s vonkajšími sférami Zeme (atmosféra, hydrosféra a i.), vývoj ktorého je výsledkom pôsobenia endogénnych, exogénnych a antropogénnych geologických procesov;
4. pôda – najvrchnejšia vrstva litosféry, vznikla vzájomným prenikaním a spolupôsobením s atmosférou, hydrosférou a biosférou;
5. nerastné suroviny – tuhé, tekuté a plynné akumulácie (ložiská) užitočných nerastov v horninovom prostredí.

Medzi jednotlivými zložkami geologického prostredia – za významnej účasti pôsobenia vonkajších zemských sfér – prebiehajú neustále interakcie, prejavujúce sa v rôznych endogénnych i exogénnych geologických procesoch. Čoraz intenzívnejšie sú prejavy spolupôsobenia medzi geologickým prostredím a technosférou (antroposférou).

V súčasnosti sa v geológii všeobecne uznáva, že geologické prostredie vo vyššie uvedenom zmysle a jeho vzťahy k technickým aktivitám človeka sú najvlastnejším predmetom inžinierskogeologického výskumu. Výsledky 27. a 28. medzinárodného geologického kongresu v Moskve a Washingtonu (1989) s plnou vážnosťou upozorňujú, že popri stále zložitejších problémoch vyhľadávania nerastných surovín v centre pozornosti súčasnej geológie stoja úlohy racionálneho využívania geologického prostredia a ochrany jeho dynamických rovnováh pred čoraz drastickjšími zásahmi modernej spoločnosti.

Pojem geofaktorov životného prostredia

V súvislosti s formovaním úloh geológie v tvorbe a ochrane životného prostredia v ČSFR bol začiatkom sedemdesiatych rokov zavedený termín „geofaktory životného prostredia“, ktorého definícia však nie je presná a všeobecne uznávaná, o čom svedčia rôzne interpretácie v smernici ČGÚ a SGÚ, v slovníkoch a učebných príručkách. Niekedy sa pod geofaktormi uvádzajú veľmi nesúrodé pojmy, niekde sú vytrhnuté len určité objekty a procesy alebo len ich niektoré vlastnosti. Ešte horšie je, ak pod pojmom geofaktorov životného prostredia sú zahrnuté takmer všetky javy, ktoré tvoria predmet štúdia jednotlivých geologických disciplín (inžinierskej geológie, hydrogeológie, geochemie atď.), pričom s ochranou a tvorbou životného prostredia nemajú ani priamu súvislosť. Tu sa už pociťuje akási konjunkktúra a nedomyšlená snaha autorov nahradzovať základné geologické disciplíny a im vlastné predmety štúdia akousi novou geologickou „superdisciplínou“ (napr. Náuku o geofaktoroch) miesto toho, aby sa „environmentálne“ problémy, stále viac znepokojujúce ľudstvo, riešili aj v geológii predovšetkým prehĺbenou a účelne organizovanou interdisciplinárnou súčinnosťou špecialistov z jestvujúcich odborov vedy a praxe.

Na základe dlhodobého štúdia a komplexného zhodnotenia doterajších skúseností najvhodnejšou sa nám javí takáto definícia: „Geofaktory životného prostredia sú tie geologické objekty a procesy, ktoré podstatným spôsobom pozitívne či negatívne ovplyvňujú kvalitu životného prostredia spoločnosti a stávajú sa tak limitujúcimi činiteľmi jeho vývoja“.

Geologické faktory, ktoré priaznivo alebo nepriaznivo

pôsobia na kvalitu a účelný rozvoj životného prostredia spoločnosti, sú prehľadne zhrnuté v tab. 1. Ako z tejto tabuľky vidno, popri vyhľadávaní kvalitných základových pomerov a stavebných materiálov – ktoré rovnako ako iné nerastné a surovinové zdroje reprezentujú významné potenciály geologického prostredia – k úlohám inžinierskej geológie patrí hlavne snaha o úspešné prekonávanie vplyvu tzv. geobariér.

„Geopotenciály“ predstavujú rôzne prírodné zdroje a možnosti, ktoré je geologické prostredie schopné poskytnúť pre priaznivý rozvoj spoločnosti. Medzi geofaktory tejto skupiny patria nielen tradičné nerastné suroviny a podzemné vody, ale aj úrodná pôda, dobrá základová pôda, ako aj stavebné materiály, ktoré už od začiatku podmieňovali civilizačný rozvoj ľudstva. V súčasnosti sa začínajú vysoko hodnotiť aj také potenciály geologického prostredia, ako sú napr. vhodné možnosti na odkladanie odpadov.

Pod „geobariérami“ rozumieme rôzne prekážky a obmedzenia geologickej povahy, ktoré významne obmedzujú alebo úplne znemožňujú účelné využívanie prírody na priaznivý rozvoj života spoločnosti. Takéto „bariérové“ účinky môžu byť spôsobené:

– geologickými faktormi ohrozujúcimi život a diela ľudí,

– geofaktormi vyvolávajúcimi nepriaznivé interakcie medzi geologickým prostredím a technickými dielami, a preto významne znižujúcimi efektívnosť, trvácnosť a bezpečnú prevádzku technických diel,

– geofaktormi predstavujúcimi spätné negatívne vplyvy technických diel a zásahov, ktoré vážne poškodzujú geologické a prírodné prostredie a vyvolávajú potrebu jeho ochrany a rekultivácie.

TAB. 1

Geologické faktory priaznivo a nepriaznivo ovplyvňujúce rozvoj životného prostredia
Geological factors influencing positively and negatively the development of environment

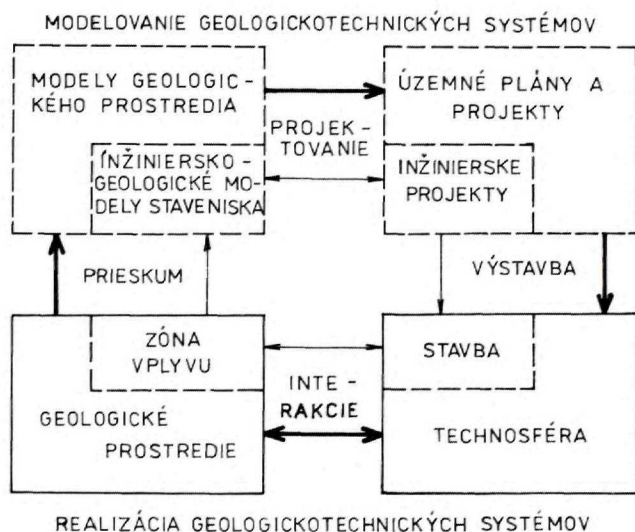
GEOPOTENCIÁLY (zdroje a možnosti využívania geologického prostredia)		GEOBARIÉRY (geologické prekážky a obmedzenia nepriaznivo limitujúce racionálne využívanie prostredia)	
1. Faktory umožňujúce priaznivý rozvoj spoločnosti	2. Faktory ohrozujúce život a diela človeka	3. Faktory znižujúce efektívnosť a bezpečnú prevádzku technických diel	4. Faktory poškodzujúce prostredie negatívnymi vplyvmi technických diel
— rudné a nerudné suroviny — zdroje energie (uhlie, ropa, zemný plyn, rádioaktívne suroviny, zemské teplo a i.) — podzemné vody — úrodné pôdy — dobré základové pôdy — stavebné materiály — vhodné prostredie pre skládky odpadov	— vulkanické erupcie — zemetrasenia — katastrofálne zosuny, zrútenia a bahenno-kamenné prúdy (mury) — záplavy (riečne, pobrežné, v dôsledku tektonických poklesov) — toxické, radiačné a i. nebezpečné pôsobenie geologického prostredia a minerálnych materiálov na zdravie ľudí	— veľmi stlačiteľné a neúnosné základové pôdy — nestále horniny — skrasovatené horniny — málo stabilné svahy — vysoká hladina podzemnej vody a premáčané základové pôdy — seizmické územia a pod.	— poklesy poddolovaného územia — poklesy územia po vyťažení vody, ropy a zemného plynu — devastácia krajiny povrchovým dobývaním nerastov, haldovaním hlušiny, odkaliskami ap. — podmáčanie alebo vysušenie územia výstavbou (napr. vodohospodárskou) — znečistenie podzemnej vody a hornín nesprávnym ukladaním odpadu, poľnohospodárskou výrobou atď.

Pojem geologicko-technický systém

Štúdium interakcií medzi geologickým prostredím a technosférou musí byť založené na systémových prístupoch. Tu sa sformovala nová koncepcia, v ktorej popri staronovom pojme „geologický systém“ vedecky i technicky nesmierne dôležitým sa stal nový pojem „geologicko-technický systém“. Tento systém vzniká pretváraním geologického prostredia vplyvom akéhokoľvek technického diela (stavby, ťažobného diela, urbanizačno-príemyslovej aglomerácie atď.) a jeho spolupôsobením s geologickým prostredím.

Vzájomná podmienenosť a interakcia medzi dvomi základnými zložkami jednotného geologicko-technického systému nadobúda mnohotvárne formy postupných vzájomne vyprovokovaných zmien – a práve v ich hodnotení, modelovom prognózovaní a cieľavedomom ovládaní spočíva aktuálne poslanie inžinierskej geológie ako vedy.

Miesto a funkcia inžinierskej geológie v zložitých a postupných operáciách projektového modelovania a potom i konkrétneho vytvárania reálnych materiálnych geologicko-technických systémov je vyjadrená touto schémou (obr. 1):



– prieskumnými prácami získavame údaje o charaktere a parametroch vlastností reálneho geologického prostredia v záujmovej oblasti;

– na ich základe vytvárame a etapovite spresňujeme inžinierskogeologické podklady (inžinierskogeologickú informáciu, inžinierskogeologické modely);

– v interakčnom procese technického modelovania vznikajú podklady (systémy informačných dát) jednotlivých stupňov predprojektovej a projektovej prípravy;

– optimalizované projektové varianty sa potom vystavbou, resp. inými inžiniersko-technickými operáciami premieňajú z projektových modelov na skutočnosť, na materiálnu objektívnu realitu.

Takýmto spôsobom sa abstraktné inžinierskogeologické a technické modely materiálne realizujú ako určitý konkrétny geologicko-technický systém (napr. priehrada v jej prírodnom inžinierskogeologickom prostredí). Funkčnosť a správanie tohto reálneho geologicko-technického systému sa od projektových predstáv (modelov) vždy odlišuje do takej miery, do akej sme nedokázali vystihnúť jeho objektívne systémové vlastnosti, resp. do akej miery sme modelovou simplifikáciou zdeformovali štruktúrno-funkčné parametre podobnosti medzi modelom a originálom.

Geekológia či ekogeológia?

V poslednom čase sa začali vynárať rôzne nové pojmy a termíny, ktoré by rady nahradili síce presné a výstižné, ale dosť dlhé a deskriptívne pojmy „ochrany a tvorby životného prostredia“, resp. „racionálneho využívania (a ochrany) geologického prostredia“. V našich jazykoch chýba najmä stručný ekvivalent pojmu „environmental“ v súvislostiach environmental science, e. problems, e. investigation, e. geology ap. Objavili sa pokusy používať ako substitúciu v tomto zmysle pojem „geoeológia“, geoeologický ap. (Kozlovský a kol.: Geoeologické issledovanija v SSSR. Vsegingeo, 1989). Toto musíme striktné zamietnuť, pretože geoeológia (geografická ekológia) je disciplína dávno konštituovaná na rozhraní geografických vied s ekológiou (Troll v polovici 20. storočia) a považuje sa za synonymum krajinej ekológie. Ponúka sa tiež termín „ekogeológia“ (ekologická geológia), ktorý je však značne zúžený a mohli by sme ho nanajvýš považovať za hraničný odbor študujúci väzby medzi geologickým prostredím a ekologickými potrebami živých organizmov, resp. za odbor objasňujúci pôsobenie geologického prostredia na funkcie organizmov, na fyziologické procesy v rastlinách a živočíchoch včítane ľudskej populácie. To však je na prvý pohľad niečo iné, než oveľa širší pojem „geologické aspekty ochrany a tvorby životného prostredia“. Tam, kde sa to ukazuje účelným, môžeme použiť radšej zmedzinárodnený a v našom slovníku už dosť udomácnený termín „environmentálny“ (napr. v súvislostiach e. výskum, e. prístup, e. aspekty ap.). Takéto riešenie je vhodné z hľadiska priamej nadväznosti na svetovú odbornú literatúru (najmä anglickú a francúzsku) a je v súlade aj s naším Slovníkom cudzích slov (napr. Ivanová-Šalingová a Maníková, SPN 1979).

Príspevok našej inžinierskej geológie k riešeniu problémov racionálneho využívania a ochrany prostredia

Podstatný prínos sme dosiahli najmä: a) vo výskume, prieskume a sanácii geodynamických procesov; b) v regionálnom inžinierskogeologickom výskume na účely územného plánovania; c) v príprave inžinierskogeologických podkladov pre investičnú výstavbu; d) vo vypracovávaní podkladov na ochranu geologického prostredia

pred devastáciou spôsobenou hospodársko-technickými dielami a zásahmi.

Geodynamické procesy ohrozujúce diela a životy ľudí

Ako sme už uviedli, na našom území ide najmä o seizmické procesy a o gravitačné svahové pohyby hornín. V prvej skupine sa do popredia dostali – najmä v súvislosti s výstavbou jadrovej energetiky – otázky regionálnej seizmickej rajonizácie, prípravy novej ČSN 73 0036 a vykonávania seizmickej mikrorajonizácie s prihliadnutím na lokálne inžinierskogeologické pomery. V oblasti ďaleko pokročilejšieho výskumu svahových pohybov čoraz viac pozornosti sa sústreďuje na exaktné hodnotenie parametrov a faktorov, ktoré v konkrétnych situáciách rozhodujú o stabilite svahu.

Treba sa hlbšie zaoberať mnohými doteraz nedostatočne objasnenými aspektami objektívneho prognózovania a navrhovania efektívnejších protipatrení v súvislosti so seizmicitou konkrétnych stavenísk a stabilitou konkrétnych svahov. Nízku úroveň má u nás poznanie regionálnych a vývojových zákonitostí neotektonických

pohybov a mechanickej prestavby napätostno-deformačných režimov v horninových masívoch. Ďaleko sme od toho, aby prognózovanie geodynamických procesov bolo podložené bilanciami látkovo-energetických vstupov a výstupov v jednotlivých geosystémoch.

Skôr sa tuší, ako vie, aké zhubné dôsledky má toxické, radiačné a iné pôsobenie prírodného geologického prostredia a minerálnych stavebných materiálov na zdravie ľudí.

Regionálny inžinierskogeologický výskum a mapovanie

O rozvoji a súčasnom stave inžinierskogeologického mapovania v ČSFR a o jeho metodologických a vývojových trendoch vyčerpávajúcym spôsobom pojednávajú mnohé nedávno publikované práce, medzi inými aj v osobitnom čísle Mineralie slovaca venovanom problematike inžinierskogeologických máp (1, 1988).

Úspešne sa presadzuje zásada, že jednotný systém inžinierskogeologickej informácie musí byť založený najmä na systematickom a unifikovanom inžinierskogeologickom výskume, prieskume a mapovaní. To vyúsťuje napr. do vydávania dvoch základných druhov inžinierskogeologických máp oficiálnej edície SGÚ:

TAB. 2
Klasifikácia inžinierskogeologických máp
Classification of engineering geological maps

Mapy	mnohoúčelové			špeciálne		
	ig-pomerov	ig-rajonizácie	ig-valorizácie	ig-pomerov	ig-rajonizácie	ig-valorizácie
syntetické (komplexné)	POSKYTUJÚ ÚDAJE O VŠETKÝCH STRÁNKACH PROSTREDIA A SLUŽIA NA URČITÝ ŠPECIFICKÝ ÚČEL (napr. územné plánovanie, urbanizmus a pod.)			POSKYTUJÚ ÚDAJE O VŠETKÝCH STRÁNKACH PROSTREDIA A SLUŽIA NA URČITÝ ŠPECIFICKÝ ÚČEL (napr. výstavbu ciest, priehrad, alebo ťažbu, ochranu prostredia a pod.)		
	VŠETKY ZLOŽKY GEOLOGICKÉHO PROSTREDIA (tzn. horniny, podzemné vody, geomorfologické a geodynamické javy)					
	sú znázornené superpozíciou na jednom liste mapy	sú zhodnotené vyčlenením rovnorodých rajonizačných jednotiek (regiónov, oblastí, rajónov, okrskov)	sú zhodnotené valorizáciou (posúdením hodnoty) územných celkov z hľadiska ich mnohoúčelového využitia	sú zhodnotené z hľadiska daného účelu a znázornené superpozíciou na jednom liste	sú zhodnotené vyčlenením rajonizačných jednotiek rovnorodých z hľadiska daného účelu	sú zhodnotené valorizáciou (posúdením hodnoty) územných celkov pre určitý špeciálny účel
analytické	POSKYTUJÚ ÚDAJE O VYBRANÝCH CHARAKTERISTIKÁCH PROSTREDIA A SLUŽIA NA MNOHÉ ÚČELY A POTREBY			POSKYTUJÚ ÚDAJE O JEDNOTLIVÝCH CHARAKTERISTIKÁCH PROSTREDIA A SLUŽIA NA URČITÝ ŠPECIFICKÝ ÚČEL		
	JEDNOTLIVÉ ZLOŽKY GEOLOGICKÉHO PROSTREDIA, PRÍPADNE ICH VLASTNOSTI (napr. puklinovitost hornín, agresivita podzemnej vody, stabilita svahu a pod.)					
	sú znázornené oddelene na jednom liste mapy	sú zhodnotené vyčlenením rajónov s rovnakým charakterom danej zložky (javu)	sú zhodnotené valorizáciou (posúdením hodnoty) územných celkov z hľadiska ich mnohoúčelového využitia	sú zhodnotené z hľadiska daného účelu a oddelene znázornené na jednom liste mapy	sú zhodnotené vyčlenením rajónov s rovnakým charakterom danej zložky (javu) z hľadiska daného špecifického účelu	sú zhodnotené valorizáciou (posúdením hodnoty) územných celkov pre určitý špeciálny účel

a) Prehľadná inžinierskogeologická mapa SSR 1 : 200 000 vyšla (1989) ako súborný atlas 12 mapových listov s vysvetlivkami. Je adresovaná najmä územným plánovačom, projektantom a iným špecialistom – negeológom, pričom do popredia sa v nej dostávajú zásady a hľadiská racionálneho využívania geologického prostredia i jeho ochrany.

b) Využívajúc rovnakú, ale podrobnejšiu metodiku, vydávajú sa základné inžinierskogeologické mapy 1 : 25 000 (resp. 1 : 10 000). Paralelné listy máp inžinierskogeologických pomerov a rajonizácie sa však zhotovujú len pre oblasti sústredenej investičnej výstavby.

Veľmi dôležitú úlohu v unifikácii inžinierskogeologického mapovania u nás zohrávajú smernice ČGÚ a SGÚ novelizované na základe získaných mnohoročných skúseností. Sú v súlade s medzinárodnými odporúčaniami IAEG a UNESCO (1976).

Zjednocujúcim podkladom pre výskum a mapovanie na celom území štátu je novospracovaná Regionálna inžinierska geológia ČSSR (Matula a Pašek, 1986).

Druhým významným trendom v inžinierskogeologickom regionálnom výskume je úsilie o zvýšenie exaktnosti v opise, klasifikácii i vo vyhodnocovaní rôznych javov a procesov geologického prostredia. Tomu napomáha príprava Slovníka inžinierskej geológie, obsahujúceho dôležité termíny a ich upresnené definície. Vydá ho Slovenská geologická spoločnosť pri SAV. V súčasnosti vychádza nová norma (ČSN 72 1001), ktorou sa zjednocuje a spresňuje spôsob inžinierskogeologickej klasifikácie a opisu hornín. Tento jednotný klasifikačný systém sa zavádza tiež v príslušných častiach ďalších noriem (napr. ČSN 73 1001, 73 1002).

Dobré skúsenosti a výsledky sme získali so zavedením exaktných multikritériálnych metód hodnotenia (valorizácie) územných jednotiek v inžinierskogeologických rajonizačných mapách. Umožňuje to optimalizačné a prognostické operácie. Takéto postupy sa naplno zhodnotia, len čo bude možné masovejšie využívať počítačovo-grafické systémy.

Výrazne sa začína uplatňovať trend uprednostňovať špeciálne inžinierskogeologické mapy pred mnohoúčelovými (tab. 2). Nesporné výhody i prednosti mnohoúčelových komplexných máp aj naďalej platia najmä pre oficiálne edície základných a prehľadných máp, čoraz viac sa však uplatňujú na ich základe zostavené a z nich odvodené špeciálne (účelové) mapy na najrozličnejšie účely technickej praxe.

Syntetické špeciálne mapy znázorňujú všetky základné zložky inžinierskogeologického prostredia (horniny, podzemné vody, geomorfologické a geodynamické javy), tieto sú však klasifikované, zhodnotené, príp. rajonizované podľa účelu, pre ktorý má mapa slúžiť (napr. na výstavbu ciest alebo priehrady, na ťažbu, ochranu prostredia a pod.). Analytické špeciálne mapy poskytujú údaje len o vybraných zložkách, aspektoch a charakteristikách prostredia, ktoré sa na osobitných mapových listoch analyzujú, hodnotia, alebo tiež rajonizujú z hľadiska

ka daného účelu. Môžu to byť napr. mapy (a rezy) puklinovitosti a priepustnosti hornín v podloží priehrady, mapa agresivity podzemnej vody vzhľadom na vystrojenie tunelovej rúry, mapa stability svahu z hľadiska budovania zárezov a násypov cestnej komunikácie a pod.

Okrem špeciálnych máp inžinierskogeologických pomerov a máp rajonizácie osobitný význam sa dnes pripisuje rôznym inžinierskogeologickým mapám zhodnotenia územia, najmä aplikáciou multikritériálnych valorizačných, optimalizačných a prognostických metódik (pozri nové Smernice ČGÚ a SGÚ na inžinierskogeologické mapovanie, článok 2).

Bezprostredný význam pre orgány zabezpečujúce ochranu a tvorbu životného prostredia môžu mať mapy geofaktorov životného prostredia. Predstavujú špeciálny druh inžinierskogeologických máp, zostavených na základe zhodnotenia širokého súboru podkladov o geologickom prostredí a kartograficky vyjadrujúcich závažné geologické javy, ktoré majú podstatný a limitujúci vplyv na racionálne využívanie a ochranu prostredia (tab. 1). Sú to tzv. „problémové mapy“ alebo „mapy stretu záujmov“, ktoré sa bežne používajú v územnom a urbanistickom plánovaní i projektovaní (Rezníček et al., 1980, s. 201). V tomto zmysle majú byť v mapách geologických faktorov životného prostredia vyznačené najdôležitejšie údaje, vyplývajúce z inžinierskogeologického rozboru faktorov obmedzujúcich racionálne využívanie geologického prostredia (geopotenciály a geobariéry v zmysle tab. 1), a zdôraznené strety a disproporcie v možnostiach ochrany a tvorby životného prostredia.

Inžinierskogeologické podklady pre investičnú výstavbu

Inžinierskogeologické podklady na úspešné ovládanie interakcií konkrétnych technických diel s ich geologickým prostredím, ktoré vždy predstavovali hlavnú činnosť v našom odbore, sa intenzívne modernizujú a obsahovo obohacujú environmentálnymi a systémovo-prognostickými prístupmi. Všeobecné uznanie získava draho zaplatená skúsenosť, že každá geotechnicky vopred nezvládnutá interakcia medzi stavbou a jej inžinierskogeologickým prostredím môže spôsobovať rozsiahle poruchy technických diel, dodatočné vysoké náklady na sanačné práce a veľké ekonomické straty v dôsledku dočasného vyradenia diel z prevádzky. V takých prípadoch však spravidla nejde len o ekonomické straty, ale tiež o často ďalekosiahle poškodenie životného prostredia.

Podklady na ochranu pred devastáciou geologického prostredia hospodársko-technickými zásahmi

Štvrtou oblasťou uplatnenia inžinierskej geológie na prospech životného prostredia je jeho ochrana pred negatívnymi spätnými vplyvmi technických diel a činností, ktoré vyúsťujú do devastácie krajiny, dlhodobého znečistenia geologického prostredia, i do poškodenia rastlinných a živočíšnych ekosystémov.

Inžinierska geológia sa aktívne podieľa na rôznych sanačných a rekultivačných opatreniach. Je však jej čoraz naliehavejšou úlohou, aby spolu s inými odborními vedy i praxe uplatňovala svoje poznatky najmä pri navrhovaní profilaktických a rekultivačných opatrení už pri projektovaní takých diel, ako sú povrchové i podzemné bane, skládky hlušiny a iných priemyslových a komunálnych odpadov.

Veľmi aktuálnou otázkou všeobecného významu v súčasnosti je zdokonalenie smerníc a metodických návodov na inžinierskogeologické hodnotenie vhodných podmienok na uskladnenie zvyšujúceho sa objemu tuhého komunálneho odpadu, ako aj ich masové uplatnenie v praxi.

Vyvarovať sa treba aj poškodenia prírodného režimu a chemizmu podzemných vôd, ku ktorému môže dochádzať najmä pri ťažbe a skládkovaní úpravničkeho odpadu v odkaliskách, ťažbe ropy a zemného plynu, ale aj pri nesprávnom skládkovaní priemyslového a komunálneho odpadu. Veľké znečistenie vôd a pôd v nížinách spôsobuje poľnohospodárska výroba (hnojivá, pesticídy, živočíšna výroba). Osobitný význam nadobúda správne prognózovanie podmáčania alebo vysušenia územia, ako

aj tým vyvolaných ekologických a iných dopadov veľkých stavieb, najmä hydrotechnických.

Záver

Napredujúci civilizačný rozvoj spoločnosti zvyšuje potrebu budovať čoraz zložitejšie sústavy stavebných, ťažobných a iných technických diel, ktoré sa musia uskutočňovať v stále nepriaznivejších inžinierskogeologických podmienkach. Transformácia poznatkov geologických vied, ktorú v prospech výstavby realizuje inžinierska geológia, vyžaduje čoraz náročnejšie prístupy, ktoré spoľahlivejšie než dosiaľ zabezpečujú harmonické včleňovanie technických diel do prírodno-geologického prostredia, ako aj odstránenie alebo aspoň maximálne možné zníženie nežiadúcich dopadov investičnej výstavby na životné prostredie. Preto aj stratégia budúceho rozvoja inžinierskej geológie je založená predovšetkým na správnom identifikovaní, exaktnom hodnotení a prognózovaní javov v oblasti prieniku technosféry a geologického prostredia, ako aj na realizácii racionálnych ochranných, melioratívnych i sanačných opatrení v záujme zachovania žiadúcich kvalít životného prostredia spoločnosti.