

MINERALIA SLOVACA



ROČNÍK 6 • ČÍSLO 3

GEOLOGICKÝ PRIESKUM • Spišská Nová Ves • 1974

Hlavný redaktor: Ing. Ján BARTALSKÝ

Vedecký redaktor: RNDr. Pavol GREČULA, CSc.

Technický redaktor: Ing. Tibor SASVÁRI

Redakčná rada: Ing. Pavol BUJALKA, RNDr. Ján BYSTRICKÝ, DrSc., Ing. Ivan KRAVJANSKÝ, RNDr. Bartolomej LEŠKO, DrSc., Ing. Ivan PAGÁČ, RNDr. Anton PORUBSKÝ, CSc., prof. Ing. Ladislav ROZLOŽNÍK, CSc., RNDr. Ondrej SAMUEL, DrSc., Ing. Ján SLÁVIK, DrSc. (predseda redakčnej rady), RNDr. Ivan ŠARÍK, Ing. Milan TAPÁK, prof. RNDr. Cyril VARČEK, CSc., prom. geol. Imrich VARGA

Venované VI. celoštátnej hydrogeologickej konferencii v Košiciach

Issue devoted to the Proceedings of the 6th National Hydrogeological Conference 1974, Košice

OBSAH — CONTENTS

<i>Ján Jetel—Pavol Bujalka:</i> Súčasné problémy a perspektívy oceňovania využiteľného množstva podzemnej vody — Problèmes et perspectives de l'évaluation des ressources exploitables en eaux souterraines en Tchécoslovaquie	187
<i>Ondrej Franko—Igor Mucha:</i> Problematika výpočtu zásob termálnej vody centrálnej depresie Podunajskej nížiny — Problem of calculation of thermal waters supplies of central depression of the Podunajská nížina lowland	199
<i>Jarmila Müllerová—Karel Müller—Pavel Bláha:</i> Příspěvek k upřesnění dokumentace mělkých hydrogeologických vrtů	213
<i>Igor Mucha:</i> Zásady navrhovania a dokumentácie čerpacích skúšok — Principles of suggesting and documentation of pumping tests	219
<i>Ladislav Melioris:</i> Niekoľko poznámok k vyčleňovaniu podzemného odtoku — Einige Bemerkungen zur Auswertung des Grundwasserabflusses	231
<i>Stanislav Gazda—Ladislav Melioris—Anton Porubský:</i> Hydrogeológia a ochrana životného prostredia — Relation of hydrogeology to the problems of formation and protection of living environment	239
<i>Vratislav Jiřele:</i> Hydrochemická problematika ochrany životného prostredia — Die hydrochemische Problematik des Umweltschutzes	249
<i>Stanislav Gazda—Pavel Pospíšil:</i> Problematika ochrany podzemnej vody Žitného ostrova z hľadiska súčasných hydrogeologických a hydrogeochemických poznatkov — Problems of groundwater protection of the Žitný ostrov from the standpoint of present day hydrogeological and hydrogeochemical information	255
<i>Miroslav Olmer—Bohumil Řezáč:</i> Principy metodiky map pro ochranu podzemních vod na území Čech a Moravy v měřítku 1 : 200 000 — Methodical Principles Maps for Protection of Ground Water in Bohemia and Moravia (Scale 1 : 200 000)	273
<i>Jarmila Jetelová—Pavel Urbánek:</i> Metodika stanovení využitelného množství podzemních vod na příkladech zhodnocení povodí Ploučnice, Kamenice a Křinice v severočeské křídle — Methos of determining exploitable groundwater resources in the basins of the rivers Ploučnice, Kamenice and Křinice in the Cretaceous of the North Bohemia	279

Úvodom k VI. hydrogeologickej konferencii v Košiciach

Už po šiesty raz sa schádzajú hydrogeológovia z celej našej republiky, aby si na úrovni celoštátnej konferencie vymenili odborné, pracovné a metodické poznatky.

Od poslednej hydrogeologickej konferencie, ktorá bola v Gottwaldove 3.—5. novembra 1970 a zaoberala sa aktuálnymi otázkami používania samočinných počítačov v hydrogeológii, hydrogeologickými mapami a hodnotením režimu podzemnej vody, sme v našom verejnom a politickom živote zaznamenali významnú udalosť — XIV. zjazd KSČ. Z uznesení zjazdu vyplývajú aj pre hydrogeológiu závažné úlohy. Je to v prvom rade prieskum zdrojov pitnej a úžitkovej vody, účasť hydrogeologického prieskumu pri výstavbe energetických diel, hydrotechnických a hydromelioračných stavieb, zdravotných a sociálnych zariadení a pri ochrane životného prostredia vôbec. O význame a rozsahu týchto úloh na Slovensku podrobne rokovala aj III. celoslovenská geologická konferencia v novembri 1971. V intenciách jej uznesení sa schádza aj VI. celoštátna hydrogeologická konferencia v Košiciach, aby prerokovala tri základné okruhy otázok:

- oceňovanie zásob podzemnej vody,
- ochrana podzemnej vody,
- racionalizácia hydrogeologických prieskumných prác.

Systém a metódy oceňovania využiteľného množstva podzemnej vody sú najčastejšou témou, o ktorej sa v odborných kruhoch hydrogeológov diskutuje. Túto problematiku nemožno obísť najmä teraz, keď sa do popredia dostáva regionálne oceňovanie využiteľného množstva podzemnej vody, jeho plánovité využitie a ochrana.

Aktuálnosť druhej témy vyplýva z intenzívneho využívania zdrojov podzemnej vody a z pôsobenia civilizačných faktorov na prírodné prostredie, v ktorom sa táto voda formuje.

Problematika racionalizácie hydrogeologických prieskumných prác sa v širšom meradle odráža najmä v kvalite výsledných prieskumných elaborátov a odporúčení pre následnú investičnú výstavbu. Ale aj sama racionalizácia prieskumného procesu si zasluhuje náležitú pozornosť, lebo znamená veľký prínos pre národné hospodárstvo.

Okrem spomenutých úloh, ktoré majú skôr praktický význam, sledujeme aj rad teoretických problémov a ich zovšeobecnenie pre ďalší rozvoj hydrogeológie ako vednej disciplíny.

VI. celoštátna hydrogeologická konferencia sa koná v metropole východného Slovenska — v Košiciach. Nie je to náhoda, ale skôr odraz a symbol prevratných zmien, ktoré v súčasnosti toto kedysi zaostalé územie našej vlasti zaznamenáva. O búrlivom rozmachu východného Slovenska na poli hydrogeológie sa účastníci konferencie presvedčia aj na exkurziách.

Napokon mi prichodí poďakovať SGÚ v Bratislave za pomoc pri organizovaní konferencie, štátnym a politickým orgánom Východoslovenského kraja a mesta Košíc za vrelé prijatie, organizačnému výboru za jeho prácu a zaželať VI. celoštátnej hydrogeologickej konferencii plný úspech.

RNDr. V. Struňák
predseda organizačného výboru

SúčasnÉ problémy a perspektívy oceňovania využiteľného množstva podzemnej vody

JÁN JETEL* — PAVOL BUJALKA**

Les problèmes contemporains et les perspectives d'évaluation de la quantité exploitable d'eaux souterraines

Après l'aperçu critique des méthodes de calcul des ressources en eaux souterraines, les auteurs présentent les problèmes relatifs aux méthodes et à l'organisation de l'évaluation des réserves d'eaux exploitables en Tchécoslovaquie. Ils recommandent de baser cette évaluation sur la synthèse du calcul des ressources naturelles et du système d'exploitation. On voit une bonne perspective dans l'utilisation des modèles des systèmes aquifères et dans la réalisation des tâches concernant les méthodes et l'organisation.

Современные проблемы и перспективы оценки используемого количества подземных вод

После критического обзора методов вычисления природных источников подземных вод авторы обращают внимание на методические и организационные оценки используемого количества подземных вод в Чехословакии, главным образом на необходимость опереть эту оценку на синтез оценок природных источников и эксплуатационной системы. Главную перспективу они видят в использовании моделей водоносных систем и в осуществлении организационных и методических задач.

Úvod

Oceňovaním využiteľného množstva (zásob) podzemnej vody označujeme súhrn činností smerujúcich k jeho kvantitatívnemu aj kvalitatívnemu zhodnoteniu. V tom zmysle sa dá začiatok oceňovania u nás časovo stotožniť s existenciou organizovaného hydrogeologického prieskumu. O cieľavedomom prístupe možno hovoriť len asi 10 rokov, teda od času, keď Ústredný geologický úrad vydal Predbežné smernice o oceňovaní využiteľných zásob podzemnej vody. Bol to začiatok etapy systematickej práce na oceňovaní využiteľného množstva podzemnej vody. Počas nej sa dosiahli nesporné úspechy (zriadenie subkomisie pre podzemné vody pri komisii pre klasifikáciu zásob, vydanie zásad na oceňovanie zásob, na predkladanie a úpravu záverečných správ ap.). Je prirodzené, že v rámci takej náročnej činnosti, ktorá určuje nové smery a nový obsah hydrogeologického prieskumu, vyskytol

* RNDr. Ján Jetel, CSc. Ústřední ústav geologický, Malostranské nám. 19, 118 21 Praha 1.

** Ing. Pavol Bujalka, Inžiniersko-geologický a hydrogeologický prieskum, n. p., 010 51 Žilina.

sa aj rad problémov, sčasti úplne nových alebo takých, ktoré nová kvalita požiadaviek prehĺbila a zvýraznila. Súčasný stav si vyžaduje prejednať ich, zaujať k nim stanovisko a zjednotiť ďalší postup.

Základným pojmom oceňovania využiteľného množstva podzemnej vody sú zdroje podzemnej vody (resursy, ressources, resources), ktoré sa môžu podrobnejšie členiť podľa rozličných hľadísk. V zásade sa však vyjadrujú ako množstvo (objem) v čase — t. j. ako výdatnosť alebo prietok. Termín „zásoby“ by sa mal v odbornom zmysle používať v zásade iba na označenie skutočných zásob (zapasy, réserves), ktoré sú analogické so zásobami iných surovín — t. j. na označenie určitého statického objemu vody (F. P. SAVARENSKIJ 1934, B. I. KUDELIN 1960, G. CASTANY 1962, J. JETELOVÁ 1965).

O členení a klasifikácii zdrojov podzemnej vody je rozsiahla literatúra v ZSSR (N. A. PLOTNIKOV 1959, B. I. KUDELIN 1960, N. N. BINDEMAN 1963, F. M. BOČEVER 1968 a i.). U nás začala diskusiu o klasifikácii a navrhla príslušnú nomenklatúru s rozlíšením zdrojov a zásob J. JETELOVÁ (1965). Otázky klasifikácie nie sú predmetom nášho rozboru, pokladáme však za potrebné definovať v úvode hlavné druhy zdrojov, o ktorých budeme hovoriť. Vychádzame pritom v podstate z Kudelinovej klasifikácie, v ktorej oceňujeme dôsledné rozlíšenie zdrojov a zásob. Pri ostatných hydrogeologických pojmoch používame systém, ktorý navrhol J. JETEL (1973a).

Termínom dynamické zdroje (prírodné dynamické zdroje) označujeme trvalý prietok podzemnej vody daným zvodeným systémom. Kvantitatívne sa určujú ako dlhodobý ročný priemer (F. M. BOČEVER 1968). Termínom statické zásoby (prírodné statické zásoby) označujeme objem gravitačnej podzemnej vody akumulovaný v prírodných podmienkach v zvodenom prostredí, ktorý možno odobrať pri odvodnení hornín čerpaním alebo drenážou (geologické zásoby vody ľahko získateľnej zachytávacími objektmi podľa Kudelina, prírodné zásoby podľa BINDEMANA). Objem vody, ktorý sa uvoľní z horniny bez jej odvodnenia, teda iba následkom zníženia vrstvomého tlaku (ako prejav stlačiteľnosti zvodeného kolektora), označujeme ako „pružné zásoby“. Vyššie definované dva druhy zásob sú podľa B. I. KUDELINA (1960) súčasťou „celkových geologických zásob“ — t. j. objemu všetkej podzemnej vody v hornine (okrem pevne viazanej vody).

Prírodné dynamické zdroje spolu s prírodnými statickými a pružnými zásobami tvoria prírodné zdroje podzemnej vody. Vzhľadom na rôznorodosť zložiek takto definovaných prírodných zdrojov nemožno prírodné zdroje sumarizovať jediným číslom, lebo statické a dynamické zložky nemajú spoločného menovateľa. Prírodné zdroje preto treba vždy vyjadriť dvoma číslami: (1) prietok + (2) objem. Prírodné zdroje sú hydrogeologickou veličinou; pri oceňovaní využiteľného množstva predstavuje ich vyčíslenie len vstupnú časť hodnotenia a nemôže byť konečným cieľom ani hlavnou náplňou tohto ocenenia. Pritom treba podčiarknuť, že prírodné zdroje nemusia byť vždy v jednoznačnom pomere k využiteľnému množstvu: väčšinou sú síce väčšie, môžu však byť aj podstatne menšie, najmä v malých územiach.

Cieľom hodnotenia využiteľnosti podzemnej vody je vyčísliť využiteľné množstvo podzemnej vody. Využiteľné množstvo predstavuje maximálnu výdatnosť, ktorú možno odobrať z daného zvodeného systému po celý projektovaný čas exploatácie za prijateľných technických a ekonomických podmienok bez takeého ovplyvnenia prírodného odtoku zo systému, ktoré by sa pokladalo za neprípustné.

Využiteľné množstvo zahŕňa:

- a) časť prírodných zdrojov v oblasti vplyvu zachytávacieho zariadenia,
- b) indukované (doplňkové) zdroje vyvolané a podmienené činnosťou zachytávacieho

zariadenia (prítoky zo susedného povodia vyvolané posunom hydrogeologickej rozvodnice, zvýšenie infiltrácie následkom zaklesnutia hladiny, pretekania z iných zvodnených kolektorov, umelé obohacovanie, prítoky z povrchových recipientov atď.).

Treba zdôrazniť, že využiteľné množstvo odráža súčasne zvodnený systém aj systém exploatačných objektov a je teda určené nielen hydrogeologickými, ale aj technickými a ekonomickými podmienkami. Metodiku výpočtov prírodných zdrojov a využiteľného množstva podrobne opisuje rad prác (B. I. KUDELIN 1960, F. M. BOČEVER — N. N. VERIGIN 1961, N. N. BINDEMAN 1963, F. M. BOČEVER 1968, F. M. BOČEVER et al. 1969, W. C. WALTON 1970 a i.) U nás túto metodiku prehľadne opísal napr. V. PELIKÁN (1965), J. JETELOVÁ (1965) a V. PLEŠINGER (1964). Ďalej preto uvádzame iba prehľad hlavných princípov a problémov výpočtov, aby sme upozornili na niektoré aktuálne otázky a nedostatky, ktoré sa u nás v praxi často vyskytujú.

Výpočty prírodných zdrojov podzemnej vody

Výpočet dynamických zdrojov

Na výpočet dynamických zdrojov sa používajú hydrologicko-bilančné alebo hydraulické metódy.

Hydrologicko-bilančné metódy

V širšom zmysle tak možno označiť metódy, ktoré pracujú s priamo určenými alebo odhadnutými hodnotami členov hydrologickej bilančnej rovnice s cieľom vyčíslieť hodnotu podzemného odtoku z danej plochy. Podzemný odtok možno určiť alebo odhadnúť:

- a) separáciou hydrogramu na základe priamych meraní povrchových prietokov,
- b) extrapoláciou zistených modulov podzemného odtoku (koeficientov infiltrácie) s korekciami na morfológické, geologické a klimatické rozdiely,
- c) experimentálnym určením napájania podzemnej vody (z pozorovaní na lyzimetroch alebo z pozorovaní hladín podzemnej vody),
- d) výpočtom z bilančnej rovnice, kde sú niektoré členy určené pomocou empirických vzorcov.

Pomerne presné podklady poskytuje interpretácia priamo meraných odtokov (separácia hydrogramu — ad a) v prípade vhodne umiestnených merných profilov. Existujúca pozorovacia sieť hydrometeorologického ústavu však požiadavkám na takéto umiestnenie väčšinou nevyhovuje, a preto na hodnotenie jednotlivých povodí treba budovať nové profily, v ktorých však dostatočne dlhé pozorovanie podstatne predĺži čas prieskumu.

Spôľahlivosť určenia podzemného odtoku z experimentálnych meraní napájania (ad c) zväčša nezodpovedá vynaloženým nákladom, najmä pri interpretácii lyzimetrových meraní, lebo značná lokálna premenlivosť faktorov ovplyvňujúcich infiltráciu (hlbka hladiny, mikrorelief, pôdny a vegetačný pokryv) spochybňuje oprávnenosť extrapolácie na celú infiltračnú oblasť. Najmenej presné je odvodenie hodnôt členov bilančnej rovnice pomocou empirických vzorcov pre evapotranspiráciu atď. (ad d—J. JETEL — M. KNĚŽEK 1971 a, b). G. CASTANY et al. (1970) uvádzajú nepresnosť odhadu dlhodobého celkového priemerného odtoku (povrchového + podzemného), a to pri interpretácii priamo meraných prietokov 10 %, pri korigovanej extrapolácii modulov špecifického odtoku 10—20 %, ale pri odhade evapotranspirácie pomocou empirických vzorcov až 50—100 %.

Pri určovaní dynamických zdrojov hydraulickou metódou vychádzame z Darcyho rovnice pre podzemný prietok profilom so šírkou B alebo s prietočným prierezom F

$$Q = k F I = T B I,$$

kde Q = podzemný prietok, k = koeficient filtrácie, T = koeficient prietochnosti (transmisivity), I = hydraulický gradient. Vstupné hodnoty určíme na základe vrtov s hydrogeologickými skúškami. Hydraulický gradient určujeme z pozorovacích objektov. Použitie tejto metódy je preto nákladnejšie ako použitie hydrologicko-bilančných metód a jej uplatnenie závisí od preskúmanosti, hydrogeologických podmienok a etapy prieskumu. Je vhodná iba pri menších, dobre obmedzených zvodnených systémoch alebo ich častiach s homogénnymi kolektormi. V silne nehomogénnych kolektoroch, najmä pri krasovej priepustnosti, stráca oprávnenie.

V prvých etapách prieskumu, ak nie sú k dispozícii údaje z pozorovacích objektov na určenie hydraulického gradientu, možno pri hrubom odhade podzemného prietoku vychádzať v členitom teréne vybudovanom málo priepustnými horninami s obehom obmedzeným na zónu povrchového rozpojenia puklín zo zjednodušujúceho predpokladu konformity hladín freatickej podzemnej vody s povrchom terénu (J. JETEL 1973b). Odhad prietoku v jednotlivých úsekoch získame kombináciou známych alebo predpokladaných prietochností zóny povrchového rozpojenia puklín alebo zvetranín a priemerných sklonov povrchu terénu určených z topografickej mapy. Hodnoty prietochností možno v takom prípade získať pravdepodobnostným rozborom archívnych údajov zo širšej oblasti s použitím porovnávacích para-metrov Z a Y (J. JETEL 1970, 1973b.)

Výpočet statických a pružných zásob

Pri výpočte statických zásob vychádzame z údajov o mocnosti a pórovitosti kolektorov (presnejšie o podiele pórovitosti, ktorý bude efektívne fungovať pri odvodnení hornín v daných podmienkach), prípadne z údajov o koeficiente zásobnosti (storativity) S voľných zvodní, ak je S priamo určené z čerpacích skúšok. Výpočet statických zásob sa u nás ešte stále často spája s radom chýb a nejasností, čo súvisí jednak so stavom a praktickým využitím určovania objemových charakteristík kolektorov, jednak s celkovým nedoriešením problematiky efektívnej pórovitosti. Treba si uvedomiť, že efektívna pórovitosť vo vlastnom zmysle slova sa nemôže všeobecne chápať ako fyzikálna konštanta horniny, ale že jej kvantitatívne vyjadrenie je dané hľadiskom, z ktorého efektívnosť posudzujeme, a ďalej aj konkrétnymi prírodnými a technickými podmienkami (je predovšetkým funkciou hydraulického gradientu — J. JETEL 1974a). Ukazuje sa, že bude treba jasne rozlišovať jednotlivé kategórie efektívnej pórovitosti podľa ich fyzikálnej podstaty a metód merania a ujasniť si vzájomné kvantitatívne vzťahy týchto kategórií. Ako sme už upozornili inde (J. JETEL 1974a), iná bude hodnota odtokovej (drenážnej) pórovitosti, uplatňujúcej sa pri znižovaní voľnej hladiny čerpaním, iná bude výtoková (odkvapaná) pórovitosť meraná na vzorke horniny a iná bude dynamická pórovitosť ako objem pórov, v ktorých prúdi voda pri danom gradiente. Celkom odlišná je potom hodnota prietokovej pórovitosti, ktorá má svoje miesto napr. pri výpočte skutočnej rýchlosti prúdenia.

Na výpočty statických zásob je najvhodnejšie priamo určovať koeficient zásobnosti (storativity) S (pri voľných zvodniach súčasne aj odtokovej pórovitosti) z čerpacích skúšok pri neustálenom prúdení, lebo len ony môžu pri správnej organizácii a interpretácii poskytnúť reprezentatívne hodnoty použiteľné pri výpočte. Laboratórne určená pórovitosť je iba hrubým orientačným východiskom, najmä pri pevných horninách, kde treba na odhad efektív-

nej dynamickej a odtokovej pórovitosti získať predstavu o distribúcii pórov podľa ich rozmerov v jednotlivých typoch hornín pórometrickými analýzami. Spôsob interpretácie hydrogeologických výpočtov sme podrobnejšie rozobrali inde (J. JETEL 1974a).

Veľmi často sa namiesto príslušnej kategórie efektívnej pórovitosti dosadzujú do výpočtov statických zásob iba hodnoty otvorenej pórovitosti (objem vzájomne komunikujúcich pórov bez ohľadu na ich rozmery a hydrodynamickú aktivitu). K všeobecnému zmatku prispieva aj skutočnosť, že niektoré laboratóriá označujú túto pórovitosť tiež ako „efektívnu“. Takto vyčíslené zásoby nemajú praktický zmysel (sú to len zásoby podzemnej vody v geologickom zmysle), lebo sa ich prevažná časť nemôže z horniny odoberať, a teda sa nemôže stať súčasťou využiteľného množstva. Rozdiel medzi otvorenou a efektívnou dynamickou pórovitosťou môže byť veľmi výrazný. Ako príklad možno uviesť výsledky J. MOTYKU et al. (1971), ktorí napr. zistili v karbónskych pieskovcoch s otvorenou pórovitosťou v rozsahu 8—26 % (medián 16 %) efektívnu pórovitosť, meranú na odstredivke pri pretlaku 1 at, v rozsahu iba 0—10 % (medián 3,5 %), pričom najmenej pórovité pieskovce s otvorenou pórovitosťou 8—14 % vykazovali dynamickú pórovitosť iba 0—2 %.

Nebolo by správne chápať statické zásoby ako množstvo, ktorého využitie nie je žiadúce alebo ktoré je pre exploatáciu bezvýznamné, lebo v niektorých prípadoch sa aj u nás môžu stať predmetom exploatácie a významnou súčasťou celkového využiteľného množstva, napr. tam, kde vysoké nároky na odber bude možno pokryť v dôsledku nedostatočného predstihu zabezpečenia iných zdrojov iba dočasným vyťažením lokálnych statických zásob. Preto treba urýchlene uviesť metódy priameho určovania dynamickej efektívnej pórovitosti najmä pevných hornín, kde sa táto charakteristika u nás zatiaľ bežne neurčovala. Popri nákladných pórometrických rozboroch s možnosťou nepriameho určenia tohto parametra by bolo vhodné v širšom meradle určovať dynamickú pórovitosť pri niekoľkých prijatých úrovniach pretlaku na odstredivke (centrifugálne určovanie efektívnej pórovitosti pevných hornín sa osvedčilo napr. v PLR — J. MOTYKA — J. SZCZEPAŃSKA — S. WITCZAK 1971).

Menší význam ako gravitačné statické zásoby majú pružné zásoby, hoci aj tie môžu zlepšovať celkové využiteľné množstvo v napätých zvodniach. Pri ich výpočte vychádzame z hodnôt koeficienta zásobnosti (storativity) S alebo hydraulickej difúzivity (tlakovej vodivosti) a , určených z čerpacích skúšok pri neustálenom prúdení alebo z pozorovania šírenia iných tlakových impulzov v napätej zvodni. Ak tieto údaje chýbajú, musíme odhadovať približné pružné zásoby pri oceňovaní napätých zvodní aspoň na základe tabelárnych údajov o stlačiteľnosti vody a hornín (napr. D. DUBA — I. MUCHA — J. JETEL 1967).

Výpočet využiteľného množstva podzemnej vody

Na rozdiel od výpočtov prírodných zdrojov je oceňovanie využiteľného množstva podzemnej vody komplexným kvantitatívnym aj kvalitatívnym hodnotením očakávanej výdatnosti určitého fiktívneho alebo reálneho exploatačného systému. Využiteľné množstvo nie je fyzikálna veličina, ktorú by bolo možno opísať a oceniť bez ohľadu na spôsoby exploatácie. Na ocenenie tohto množstva nestačí zistiť rozdelenie prírodných podzemných prietokov v priestore a čase a určiť potenciálnu výdatnosť jednotlivých zvodnených kolektorov alebo zachytávacích objektov, lebo toto ocenenie je neoddeliteľne späté s definovaním určitej exploatačnej stratégie (G. CASTANY — J. MARGAT 1967), t. j. zámerom, ako ovládnuť prírodné zdroje a hospodáriť s nimi. Pri oceňovaní a jeho príprave musíme získať určité informácie, a to jednak prvotné (priamym meraním alebo pozorovaním), jednak druhotné (interpretáciou prvotných údajov). Uvedený súbor informácií potrebný na ocenenie využiteľného množstva možno vymedziť doplnením a rozšírením návrhu J. MARGATA (1972) takto:

A. Prvotné informácie:

1. hydrogeologická štruktúra (litologické a geologické podmienky určujúce existenciu zvodnených kolektorov, ich rozsah, tvar, pozíciu, ohraničenie, stupeň nezávislosti a hydrodynamickú charakteristiku),
2. hydraulické (filtračné) parametre kolektorov a izolátorov,
3. hydrografické údaje (hydrografická sieť, vzťahy povrchovej a podzemnej vody),
4. dynamika zvodní (typ zvodní, rozdelenie priemerných piezometrických hladín, priebeh hydrogeologických rozvodníc, smery a skutočná rýchlosť prúdenia, lokalizácia a typ výverov, časové zmeny hladín),
5. fyzikálna a chemická charakteristika podzemnej vody (priemerný chemizmus v každej zvodni, priestorové rozdelenie kvalitatívnych ukazovateľov, teploty, fyzikálno-chemické parametre určujúce agresivitu, určenie indikátorov znečistenia, časové zmeny jednotlivých premenných),
6. hydrometeorologické údaje (zrážky, evapotranspirácia),
7. hydrologické údaje (povrchové prietoky a výdatnosť prameňov, charakteristiky podzemného odtoku, priestorové rozdelenie prietokov v hydrografickej sieti, ovplyvnenie prietokov hydrotechnickými zásahmi),
8. údaje o morfológii a hypsometrii povrchu,
9. existujúce využitie podzemnej vody (hlavné exploatačné systémy — lokalizácia, výdatnosť, režim; iné typy odberov — čerpanie z baní, drenáže),
10. jestvujúce zvyšovanie množstva podzemnej vody vonkajšími zásahmi (umelé obohacovanie, zvýšenie brehovej infiltrácie v dôsledku čerpania pri riečnej vody),
11. požiadavky na odber (kvantita, kvalita, rozdelenie, ekonomika),
12. znečistenie (lokalizácia a charakter hlavných jestvujúcich a potenciálnych zdrojov znečistenia podzemnej vody),
13. jestvujúce opatrenia na ochranu podzemnej vody.

B. Druhotné informácie:

14. vymedzenie zvodnených systémov (J. JETEL 1973a) na základe prvotných informácií ad 1, 3, 4 (prípadne ad 2),
15. zhodnotenie prírodných dynamických zdrojov podzemnej vody,
16. zhodnotenie statických a pružných zásob,
17. priestorové rozdelenie potenciálnej produktivity zachytávacích objektov (zohľadnenie kritických znížení hladín, prípustných z hľadiska zachovania prírodných podmienok a reálnych z technicko-ekonomického hľadiska),
18. kvalitatívna vhodnosť využiť podzemnú vodu na rozličné účely podľa jej chemického zloženia (konfrontácia údajov ad 5 s príslušnými normami),
19. odolnosť podzemnej vody voči znečisteniu (rajonizácia z hľadiska nebezpečenstva znečistenia podľa informácií ad 1, 3, 4, 5, 10, 11).

Hoci je vo väčšine prípadov nevyhnutným podkladom na oceňovanie využiteľného množstva výpočet prírodných zdrojov (údaje ad 15 a 16), treba navyše disponovať aj ďalšími informáciami — nielen prírodnými (1—8, 14—16, 19), lež aj technickými a ekonomickými. Na vlastný výpočet využiteľného množstva si treba ujasniť popri „stratégii“ aj „taktiku“ exploatacie, včítane rozmiestnenia, počtu a hĺbky zachytávacích objektov, a brať do úvahy aj všeobecné parametre dostupných čerpadiel. Z ekonomického hľadiska treba najmä vo vyšších kategóriách zohľadniť ekonomickosť investícií (vrty, zabudovanie, rozvod vody), prevádzky (čerpanie), ako aj všeobecné vodohospodársko-ekonomické podmienky, vzťah medzi alternatívami privádzania vody z iných území a využitím vody miestneho pôvodu ap.).

Naznačená problematika jasne ukazuje, že s výnimkou predbežných prognóz nemožno naďalej trpieť zaužívanú prax, pri ktorej sa vyčísluje využiteľné množstvo viac-menej mechanicky ako určité percento z celkových prírodných zdrojov.

Z uvedeného prehľadu údajovej bázy oceňovania využiteľného množstva podzemnej vody vyplýva, že značná časť potrebných informácií je vo svojom súhrne súčasťou regionálneho hodnotenia hydrogeologických pomerov. Aby sa takéto regionálne hodnotenie dalo použiť na ocenenie využiteľného množstva, musí zodpovedať požiadavkám, ktoré podrobne špecifikoval napr. J. JETEL a M. KNĚŽEK (1971a, b).

Pri oceňovaní využiteľného množstva a najmä pri aplikácii modelov zvodnených systémov často nepostačujú na adekvátny a reprezentatívny opis rozdelenia hydraulických parametrov v priestore údaje získané z vrtov, ktoré poskytujú hodnoty exaktné definovaných hydraulických parametrov (koeficient filtrácie, prietočnosti atď.). Aby sa získal čo najúplnejší obraz o rozdelení hydraulických parametrov, treba využiť aj menej presné archívne údaje o čerpaní, ktoré je potom vhodné vyjadriť vo forme približných porovnávacích parametrov (číslo rádu priepustnosti Z, číslo rádu prietočnosti Y) a získať tak dostatočne širokú bázu na hlbší štatistický rozbor (J. JETEL 1970). Z vypočítaných štatistických charakteristík rozdelenia týchto približných logaritmických parametrov možno potom odvodiť príslušné štatistické charakteristiky striktných hydraulických parametrov (J. JETEL 1974b). Súčasná výpočtová technika umožňuje vykonať potrebné operácie s minimálnou prácnosťou a zabezpečiť objektivnosť výsledkov.

Využiteľné množstvo podzemnej vody treba oceňovať v konkrétnych prípadoch diferencovane, teda podľa osobitností vyskytujúcich sa v určitých typoch zvodnených systémov a okrajových podmienok:

Často sa využívajú voľné zvodne v aluviálnych náplavoch, ktoré majú spravidla malý objem statických zásob a veľké možnosti dopĺňania (indukované zdroje s využitím brehovej infiltrácie). Využiteľné množstvo tu môže byť podstatne väčšie ako prírodné zdroje (prírodný prietok náplavou) a pri oceňovaní treba počítať s takmer stacionárnym režimom exploatacie.

Iným prípadom sú voľné zvodne s nepriepustnými hranicami, s malými zásobami a s nepravidelným napájaním bez výraznejších výverov. Využiteľné množstvo je dané podmienkou nevyťažiteľ celú statickú zásobu počas exploatacie medzi dvoma periódami napájania a počíta sa s výslovne neustáleným režimom exploatacie.

Najobjektívnejším kritériom na zhodnotenie prírodnej dotácie v oboch predchádzajúcich prípadoch býva spravidla výpočet z kolísania hladín. Pri značnom počte faktorov, ktoré môžu pôsobiť pri napájaní aluviálnych systémov (prestupy z terás, zrážky, povrchové toky a i.), je kolísanie hladín často jediným objektívnym údajom, ktorý možno na daný účel získať. Jeho interpretácia však naráža na problém presnosti koeficienta zásobnosti, o ktorom sme sa už zmienili.

Najväčšiu možnosť manipulovať so zdrojmi podzemnej vody poskytujú rozsiahle voľné zvodne s veľkým objemom statických zásob, ktoré umožňujú určitú plánovitú reguláciu odberu v čase aj priestore, s využitím prírodných zdrojov a účelnou reguláciou statických zásob. Oceňovanie tu vychádza zo snahy zachovať prírodnú rovnováhu v celom zvodnenom systéme.

Nedostatočne sa často rešpektuje špecifickosť napätých zvodní (J. MARGAT 1967), najmä ak sú uložené hlboko a majú veľký rozsah. Charakteristický pre ne je značný objem zásob, ale malé napájanie. Pri využití podzemnej vody v rozsiahlych artézskych štruktúrach stráca hodnotenie bilancie jednotlivých zvodnených kolektorov (meranie prietokov v infiltračnej oblasti ap.) a výpočet prírodného prietoku praktický význam, lebo značná časť využiteľného množstva sa aj pri dlhodobej exploatacii odoberá zo statických a pruž-

ných zásob a najmä z pretekania cez polopriepustné izolátory. Hlavnú pozornosť pri oceňovaní v podobných podmienkach treba sústrediť na hydraulické riešenie vzájomného ovplyvňovania objektov a vzájomného ovplyvňovania jednotlivých zvodní. Vo väčšine prípadov tu treba počítať s neustáleným režimom exploatacie.

Zatiaľ čo pri oceňovaní prírodných zdrojov majú veľmi veľký, ba často rozhodujúci význam hydrologicko-bilančné metódy, pri oceňovaní využiteľného množstva ustupujú do pozadia a oveľa väčší význam nadobúdajú hydraulické metódy (s výnimkou zvodnených systémov nad eróznou bázou, ktoré sa v dôsledku štruktúrnej pozície odvodňujú prevažne v prírodných výveroch).

Kvalitatívne hodnotenie pri oceňovaní využiteľného množstva sa nemôže opierať len o porovnanie s existujúcimi normami. Musí vychádzať z genetického hydrogeochemického rozboru, v ktorom sa skúma formovanie podzemnej vody v prírodných podmienkach, ako aj predpokladané zmeny v čase v dôsledku umelých zásahov. Táto oblasť hodnotenia v súčasnosti zaostáva hlavne pre nedostatok špecializovaných kádrov.

Organizačno-technické problémy prieskumných prác pri oceňovaní zásob podzemnej vody

Pokiaľ sa všeobecne akceptuje potreba jednotnosti predkladaných výsledkov, nemožno ponechať na ľubovôľu riešiteľov ani formy získavania a dokumentácie výsledkov. Bez toho, že by sa dalo hovoriť o obmedzovaní odbornej iniciatívy, výsledky dlhoročnej praxe umožňujú zjednotiť do smerníc a predpisov značnú časť prieskumných operácií a foriem ich hodnotenia. Prispelo by to k racionalizácii prieskumu a pomohlo riešiteľom, strácajúcim čas presadzovaním samozrejmych a nevyhnutných vecí, pričom by sa odstránila aj nežiadúca nejednosť medzi organizáciami. Napr. grafická dokumentácia vrtov a čerpacích skúšok sa už dlho obsahovo nemení, ale formou zostáva nejednotná. Ešte väčšie rozdiely sú v prieskumno-technických operáciách a ich prvotnej dokumentácii. Sme toho názoru, že vedúce riešiteľské kádre možno uvoľniť na zavádzanie nových, progresívnych metód hydrogeologického prieskumu a oceňovania využiteľného množstva len na základe zjednotenia väčšiny súčasných prác tak, aby ich mohli podľa základnej schémy vykonávať aj nižšie kádre. Dosiahnuť tento stav bude možno len zásluhou spoločného úsilia, ale efekt bude jednoznačne kladný.

Oceňovanie využiteľného množstva nemožno stotožňovať len s výpočtovými operáciami a záverečným hodnotením prieskumu. Patrí doň celý prieskumný proces, vychádzajúci zo spoločenskej požiadavky podmienenej spravidla určitým investičným zámerom. Oceňovanie musí byť preto časovo aj priestorovo v súlade s týmito požiadavkami. Prudko rastúce nároky na podzemnú vodu kladú veľké požiadavky na rýchlosť prieskumu, a preto sa vodohospodárska prax musí často uspokojovať s predbežnými a informatívnymi výsledkami. Za takejto situácie a pri súčasnom stave kapacít javí sa ako najvhodnejšie urýchlene regionálne zhodnotiť celé štátne územia, a to aj za cenu, že niektoré časti budú spracované len na prognózne úrovni. Pri súčasnom trende znečisťovania vody by to pomohlo vymedziť významnejšie vodárenské územia a navrhnuť ich ochranu, pričom by sa spresnili aj vodohospodárske koncepcie. Kľúčovou úlohou však ostáva vytvoriť také kritériá, ktoré by zaručovali potrebnú úroveň oceňovania pri zachovaní maximálneho tempa prieskumu.

Aj napriek tomu treba počítať s tým, že sa určité časti územia regionálne preskúmajú až po realizácii hlavných vodárenských zámerov, pretože zložité podmienky ochrany podzemnej vody a životného prostredia a ich riešenie vyžaduje dôkladne poznať hydrogeologické pomery z kvantitatívnej aj kvalitatívnej stránky. Preto nemôže byť reč o blízkom hydrogeologickom „dopreskúvaní“ nášho územia, ale skôr o prehľbovaní preskúmanosti. Nároky

na hodnotenie sa podstatne zvýšia aj preto, že územia prieskumu bude stále viac ovplyvňovať exploatacia a iné zásahy.

Aj keď aktuálnosť hydrogeologickoprieskumných výsledkov nie je len v ich jednorazovom použití, predsa len sa uplatňuje ich nadväznosť na bezprostredné požiadavky objednávateľa. Špecifikácia požiadaviek od objednávateľa do určitej miery determinuje charakter prieskumu, spôsob jeho hodnotenia a opačne. Preto je veľmi dôležité zaoberať sa možnosťou súladu časovej a vecnej postupnosti pracovných operácií medzi realizátorom a nárokovateľom (spresnenie vzťahov medzi etapami prieskumu, kategóriami zásob a projektovými stupňami). Týmito otázkami sa zaoberá vyhláška č. 9 ministerstva financií, SPK a ÚGÚ z 31. 1. 1967 o projektovaní a financovaní geologických prieskumných prác, ktorá fixuje etapy prieskumu — vyhľadávacieho, predbežného a podrobného na stupne overenia — kategórie zásob podzemnej vody, ešte v zmysle označenia kategórií podľa spomenutých smerníc z r. 1964. V nadväznosti na to priraduje jednotlivým etapám a kategóriám stupne projektovej dokumentácie príslušného vodohospodárskeho diela. Toto členenie umožňuje pomerne široko aplikovať vyhľadávací hydrogeologický prieskum v rozsahu kategórií C_2 a C_1 , avšak využitie kategórie C_1 len ako predpokladu na posúdenie rozvoja oblastí sa zdá byť pri nárokoch na jej overenie nedostatočné.

Aj väzba predbežného prieskumu len na kategóriu B je často v rozpore s jej obsahom, čo potvrdzuje aj bežná prax. Tu by sa ešte žiadala kategória C_1 . Najväčšie problémy v praxi prináša podmienenosť projektovej dokumentácie kategóriou A, viazanou na podrobný prieskum. Bolo by účelné, aby sa projektová dokumentácia mohla realizovať už na základe kategórie B, pričom by časť využiteľného množstva bola podmienená overením poloprevádzkovou skúškou pre kategóriu A. Pritom však treba bližšie definovať poloprevádzkové skúšky a stanoviť limit hydrogeologických charakteristík pre reprezentatívnosť obdobia trvania skúšky.

Uvedené otázky ovplyvňujú trvanie, prácnosť a nákladnosť hydrogeologickoprieskumných prác a sú často predmetom sporov medzi projektantom a hydrogeológom. Klasifikácia a kategorizácia prieskumných výsledkov sa musí prispôbiť aj normám ich osvojovateľov, čo znamená, že by sa mala podľa výsledkov praxe sústavne spresňovať.

Perspektívy vývoja oceňovania využiteľného množstva podzemnej vody u nás

Hlavným perspektívnym smerom ďalšieho vývoja metód oceňovania využiteľného množstva podzemnej vody je podstatné rozšírenie a prehĺbenie použitia analógových a hlavne matematických modelov. Modelovanie sa musí stať nielen základnou metódou syntetického vyjadrenia celého komplexu poznatkov získaných pri prieskume a regionálnom hodnotení, lež aj základným nástrojom oceňovania využiteľného množstva v jednotlivých zvodnených systémoch. Pritom pôjde o dva druhy využitia modelov. V prvom rade to budú bežné modely, viac-menej jednoúčelové, zostavené vždy na riešenie určitej konkrétnej úlohy, tak ako sa už začali aplikovať pri oceňovaní využiteľného množstva aj u nás (napr. V. BANSKÝ 1972, I. MUCHA — E. KRIŠTOFIČ — R. PAVELEK 1972 a J. JETELOVÁ 1972, M. BÍM — V. BANSKÝ — P. NÉMETHY 1973, T. REPKA — I. MUCHA 1973). Modely tejto skupiny sa v hydrogeologicky vyspelých štátoch už používajú bežne a popri konkrétnych — väčšinou analógových — modeloch určitých zvodnených systémov alebo ich častí sú k dispozícii programy na riešenie určitých všeobecných hydrodynamických úloh pri rozličných typoch a konfiguráciách okrajových podmienok. Mimoriadny význam má použitie modelov okrem iného aj pri optimalizácii využitia podzemnej vody — na hľadanie optimálnych variantov rozmiestenia a výkonu zachytávacích objektov atď.

Vyšší stupeň použitia modelov budú predstavovať regionálne modely zvodnených systémov, ktoré by sa mali postupne zostavovať pre vodohospodársky významné časti nášho územia a v oblastiach intenzívnej exploatacie podzemnej vody ako syntetické vyjadrenie všetkých existujúcich poznatkov o danom prírodnom systéme a slúžili by ako permanentný prostriedok na simuláciu predpokladaných zásahov do podzemnej vody. Z modelov takéhoto typu by sa mal postupne vybudovať určitý centrálny organizovaný základný fond, ktorý by sa periodicky doplňoval a zdokonaľoval a bol by určitou časťou registra odvodených údajov v hydrogeologickej databanke.

Podstatným prínosom pre rýchle napredovanie a zefektívnenie regionálneho hydrogeologického hodnotenia a s tým súvisiaceho oceňovania využiteľných množstiev bude realizácia systému automatického ukladania, vyhľadávania a spracovania údajov o podzemnej vode — t. j. vytvorenie banky hydrogeologických údajov, pripravovanej v súčasnosti ako súčasť integrovaného informačného systému v geológii (J. JETEL 1973c) a spolu s registrami hydrologických a vodohospodárskych údajov napojenej na celoštátny Informačný systém o území (ISÚ).

Prvou podmienkou vývoja oceňovania využiteľného množstva k vyššej reprezentatívnosti u nás je dôsledná a urýchlená realizácia systematickej evidencie odberu podzemnej vody. Tak by sa odstránil protiklad medzi úsilím čo najexaktnejšie zisťovať prírodné charakteristiky — hydrologické, hydrogeologické, hydrometeorologické a hydrochemické, na čo vynakladá spoločnosť veľmi značné prostriedky, a medzi zanedbávaním veľkej neznámej veličiny — sumy a rozloženia odberov podzemnej vody, ktorá môže predstavovať podstatnú časť celkového využiteľného množstva. Zatiaľ sa o tejto otázke diskutuje na všetkých stretnutiach hydrogeológov a vodohospodárov bez želateľného efektu. Pritom je paradoxné, že evidenciu odberu zanedbávajú práve tí, ktorým by malo na presnosti ocenenia využiteľného množstva najviac záležať.

Celkom nevyužití zostali u nás zatiaľ možnosti zefektívniť a spresniť ocenenie využiteľného množstva na základe exploatačného prieskumu (N. I. PLOTNIKOV 1973), t. j. využitím údajov získaných počas prevádzky exploatačných objektov. Aj tu treba konštatovať rozpornú situáciu v tom, že zatiaľ čo sa na prieskum pred exploataciou venujú značné prostriedky, aj keď ich efektom je napokon vždy len určitý odhad parametrov zvodneného systému, pri vlastnej exploatacii sa meraniu a interpretácii kvantitatívnych aj kvalitatívnych údajov venuje veľmi malá pozornosť, hoci sú takto získané charakteristiky oveľa presnejšie a reprezentatívnejšie. Pritom sa získavajú prakticky zadarmo, ako vedľajší produkt exploatacie. Konfrontácia údajov z exploatacie s údajmi a prognózami z prieskumu pomáha spresňovať poznatky o exploatovanom zvodnenom systéme, môže však slúžiť aj pri zovšeobecnení ako cenná metodická skúsenosť. Z kvalitatívneho hľadiska sa takto získajú aj cenné údaje o časových zmenách chemizmu v závislosti od šírenia exploatacie.

Otázkam zmien kvality podzemnej vody, ktoré sa následkom civilizačných procesov dotýkajú už takmer všetkých zdrojov podzemnej vody nášho územia, bude treba venovať oveľa väčšiu pozornosť. Žiada sa zaviesť základnú režijnú sieť pozorovaní plytkých aj hlbších zvodní v dosahu praktického využívania vody. Vopred však bude treba uvážiť systém a metodiku týchto pozorovaní, lebo náklady na ne budú značné. V oblastiach významnejších zdrojov vody a v dosahu možných zdrojov znečistenia by sa mala ďalej zriaďovať sieť sledovania kvalitatívnych parametrov. Jej účinnosť je však podmienená pravidelným hodnotením v nadväznosti na paralelné hydrogeologické hodnotenie.

Zvýšenie úrovne a kvality oceňovania využiteľného množstva podzemnej vody u nás bude napokon podmienené aj skvalitnením prieskumných prác, na ktorom musí mať svoj podiel hydrogeológ (aplikáciou moderných efektívnych metód prieskumu, najmä metód interpretácie neustáleného prúdenia — I. MUCHA 1973), technik (zaistením príslušných

technických podmienok), ako aj vrtné a čerpace osádky (skvalitnením vlastných prác, meraní atď.).

Doručené 1. 4. 1974

Odporučil

LITERATÚRA

- BANSKÝ, V. 1972: Slovenské Nové Mesto — výpočet zásob podzemných vôd. Manuskript — archív IGHP, Žilina, 24 s.
- BÍM, M. — BANSKÝ, V. — NÉMETHY, P. 1973: Hamuliakovo — hydrogeologický prieskum. Manuskript — archív IGHP, Bratislava, 96 s.
- BINDEMAN, N. N. 1963: Ocenka ekspluatacionnyh zapasov podzemnyh vod. Moskva, Gosstrojizdat, 249 s.
- BOČEVER, F. M. 1968: Rasčety eskpluatacionnyh zapasov podzemnyh vod. Moskva, Nedra, 325 s.
- BOČEVER, F. M. — GARMONOV, I. V. — LEBEDEV, A. V. — ŠESTAKOV, V. M. 1969: Osnovy gidrogeologičeskich rasčetov. Moskva, Nedra, 367 s.
- BOČEVER, F. M. — VERIGIN, N. N. 1961: Metodičeskoje posobie po rasčeta ekspluatacionnyh zapasov podzemnyh vod dľa vodosnabženia. Moskva, Gosstrojizdat, 199 s.
- CASTANY, G. 1964: Réserves et ressources en eaux souterraines. Mém. Assoc. int. Hydrogéol., 5, Réunion d'Athènes 1962, p. 1—8.
- CASTANY, G. — MARGAT, J. 1967: De la notion de ressource en eau souterraine. Rapp. intér. Bur. Rech. géol. min. (Orléans), No DS. 67. A52, 9 p.
- CASTANY, G. — MARGAT, J. — ALBINET, M. — DELAROZIÈRE — BOULIN, O. 1970: Évaluation rapide des ressources en eaux d'une région. Atti, Convegno Int. sulle acque sotterranee 1970, Palermo, p. 462—482.
- DUBA, D. — MUCHA, I. — JETEL, J. 1967: Hydraulika podzemných vôd hlbokých geologických štruktúr. Bratislava, Štát. pedag. nakl., 120 s.
- JETEL, J. 1970: Mapy filtračních parametrů a potenciální produktivity. Sbor. ref. V. hydrogeol. konf. Gottwaldov, Čes. věd.-techn. spol., s. 69—83.
- JETEL, J. 1973a: Logický systém pojmů — základní podmínka formalizace a matematizace v hydrogeologii. Geol. průzk., 15, s. 13—17.
- JETEL, J. 1973b: Hydrogeologie permokarbonu a triasu vnitrosudetské pánve. Manuskript — Geofond, Praha, 108 s.
- JETEL, J. 1973c: Návrh základního registru hydrogeologických údajů pro databanku geologie. Manuskript — Geofond, Praha, 52 s.
- JETEL, J. 1974a: Hydrogeologický význam jednotlivých kategorií efektivní pórovitosti. Geol. průzk., 16 (v tlači).
- JETEL, J. 1974b: Complètement régional de l'information sur les paramètres pétrophysiques en vue de l'élaboration des modèles des systèmes aquifères. Mém. Assoc. int. Hydrogéol., 10, Réunion de Montpellier (sous presse).
- JETEL, J. — KNĚŽEK, M. 1971a: Regionální hodnocení hydrogeologických poměrů při oceňování využitelného množství podzemních vod. Hydrogeol. ročen. 1969—1970 (Praha), s. 59—73.
- JETEL, J. — KNĚŽEK, M. 1971b: Komplexní hodnocení regionálních hydrogeologických poměrů. Geol. průzk., 13, s. 321—325.
- JETELOVÁ, J. 1965: Vzorový výpočet zásob podzemních vod. Manuskript — Geofond, Praha, 60 s.
- JETELOVÁ, J. 1972: Závěrečná zpráva o regionálním hydrogeologickém průzkumu v povodí Ploučnice, Kamenice a Křínice. Manuskript — archív Stavební geologie, Praha, 290 s.
- KUDELIN, B. I. 1960: Principy regionalnoj ocenki jestestvennyh resursov podzemnyh vod. Moskva, Izd. Moskov. universiteta, 344 s.
- MARGAT, J. 1967: Le bilan des nappes captives, Rapp. intér. Bur. Rech. géol. min. (Orléans), No. DS. 67. A85, 17 p.
- MARGAT, J. 1972: Les études hydrogéologiques d'infrastructure. Objectifs et méthodes d'un service public hydrogéologique. Rapp. intér. Bur. Rech. géol. min. (Orléans), No 72 SGN 424 AME, 42 p.
- MOTYKA, J. — SZCZEPAŃSKA, J. — WITCZAK, S. 1971: Zastosowanie wirówki do badania współczynnika odsaczalności i dynamiki oddawania wody przez skałe. Techn. Poszuk. (Warszawa), 37, s. 38—43.
- MUCHA, I. 1973: Príspevok k racionálnemu navrhovaniu a vyhodnocovaniu čerpacích skúšok. Acta geol. geogr. Univ. Comen., Geol., 25, s. 69—91.
- MUCHA, I. — KRÍŠTOFČ, E. — PAVELEK, R. 1972: Modelovanie v oblasti Kamenice. Manuskript — archív Geol. ústav PF UK, Bratislava, 50 s.

- PELIKÁN, V. 1965: Výpočty zásob podzemních vod. In: Sbor. mater. IV. hydrogeol. konf., 2, s. 350—386.
- PLEŠINGER, V. 1964: Metodika výpočtu zásob podzemních vod v nepevných sedimentech s průlinovou propustností. I. etapa. Vzorové výpočty zásob podzemních vod. Manuskript — Geofond, Praha, 55 s.
- PLOTNIKOV, N. A. 1959: Ocenka zapasov podzemnykh vod. Moskva, Gosgeoltechizdat, 288 s.
- PLOTNIKOV, N. I. 1973: Ekspluatacionnaja razvedka podzemnykh vod. Moskva, Nedra, 296 s.
- REPKA, T. — MUCHA, I. 1973: Vodné zdroje pre Bratislavu — lokalita Šamorín. Manuskript — archív, závod Bratislava, 61 s.
- SAVARENSKIJ, F. P. 1934: Hidrogeologija. Moskva, ONTI, 231 s.
- WALTON, W. C. 1970: Groundwater resource evaluation. New York, McGraw — Hill, 664 p.

Problèmes et perspectives de l'évaluation des ressources exploitables en eaux souterraines en Tchécoslovaquie

JÁN JETEL — PAVOL BUJALKA

La quantité exploitable d'eau souterraine reflète non seulement un certain système aquifère (ressources naturelles), mais, en même temps, aussi un certain système de captage. Une évaluation des exploitables doit donc considérer les paramètres naturels de même que les paramètres techniques ressources et économiques.

Les ressources naturelles sont constituées par les ressources dynamiques (écoulement souterrain) et par les réserves statiques et „élastiques“ (dûes à la compressibilité d'eau et d'aquifère). Pour calculer les ressources naturelles, on emploie des méthodes de bilan hydrologique (s. 1.) ou la méthode hydraulique de Darcy (celle-ci n'est pas à appliquer que dans des terrains suffisamment homogènes). Au calcul de réserves statiques on ne doit pas employer les valeurs de porosité ouverte (les pores intercommunicants sans tenir compte de la portion des pores qui sont hydrodynamiquement actifs, c.—à.—d. qui peuvent être drainés). On recommande d'introduire l'établissement de porosité dynamique efficace par centrifugation.

À la différence du calcul des ressources naturelles, l'évaluation des ressources exploitables représente une appréciation intégrale — quantitative et qualitative — des débits espérés d'un certain système de captage et doit comprendre aussi le choix d'une tactique de captage et d'une stratégie d'utilisation des eaux. Pour cette évaluation, on doit disposer d'un ensemble des informations sur le milieu naturel (des données hydrogéologiques, hydrologiques, hydrométéorologiques, hydrochimiques et géomorphologiques) mais aussi des informations économiques et techniques. À l'exception de pronostics préliminaires, on doit renoncer à telle pratique ou l'on prête toute l'attention à une appréciation objective et exacte des ressources naturelles (de l'écoulement souterrain) et n'évalue les ressources exploitables que par une estimation plus ou moins subjective d'une certaine portion utilisable des ressources naturelles.

Le choix d'une méthode propre d'évaluation doit être différencié selon le type de conditions aux limites qui prédestine non seulement le choix du schéma hydraulique de calcul mais aussi le contenu même de la notion de ressources exploitables dans le cas concret. On peut citer ici, comme exemple, les bassins artésiens étendus où l'établissement de bilan d'eau et d'écoulement souterrain perd son utilité pratique tandis que la priorité doit être donnée ici à l'évaluation des caractéristiques de l'aquifère, des réserves, de l'intercommunication des nappes et de l'interférence des captages.

Dans le domaine d'organisation, on doit unifier les formes de documentation et accorder l'évaluation en temps et en espace aux demandes concrètes de la société. Il est nécessaire de réaliser, avec toute accélération, l'évaluation systématique régionale de tout le territoire tchécoslovaque.

C'est l'application plus profonde et plus large des modèles de systèmes aquifères qui représente la direction la plus perspective de l'évaluation de ressources en eau souterraine dans l'avenir. Une évolution progressive dans ce sens sera conditionnée par la réalisation (1) d'un système universel et intégral de la mise en mémoire des informations hydrogéologiques, (2) de l'enregistrement systématique des prélèvements d'eaux souterraines, (3) de l'évaluation systématique des données obtenues durant l'exploitation, et (4) de l'observation systématique de paramètres qualitatifs d'eaux souterraines.

Problematika výpočtu zásob termálnej vody centrálnej depresie Podunajskej nížiny

(5 obr. a 5 tab. v texte)

ONDREJ FRANKO* — IGOR MUCHA**

Calcul des réserves d'eaux thermales de la dépression centrale de la Plaine du Danube (Podunajská nížina)

La dépression centrale de la Plaine du Danube est convenable à l'exploitation des eaux thermales à température maximale de 150° C dans le gîte et aux utilisations publiques de l'énergie géothermale. Sur la base des forages d'essai du pétrole et deux forages d'exploitation géothermique, les auteurs éclaireissent structure hydrogéologique, composition chimique des eaux, système géothermal et caractéristique hydrodynamique. La dépression centrale est caractérisée par la structure aquifère à fuites. La contribution présente l'évaluation de l'épreuve de rendement et éclaireit les principes du calcul des réserves d'eaux et du bilan géothermique.

Проблематика расчёта запасов мённых вод центральной депрессии Подунайской равнины

Центральную депрессию Подунайской низменности можно характеризовать как структуру со слоистым протеканием. Из ней можно приобрести термальные воды с температурой залежи до 150° C и использовать их тепловую энергию. В работе объяснены гидротермические условия, приведен способ оценки подникания уровня воды в буровой скважине после прекращения откачки и основные принципы вычисления ресурсов и геотермической биланции.

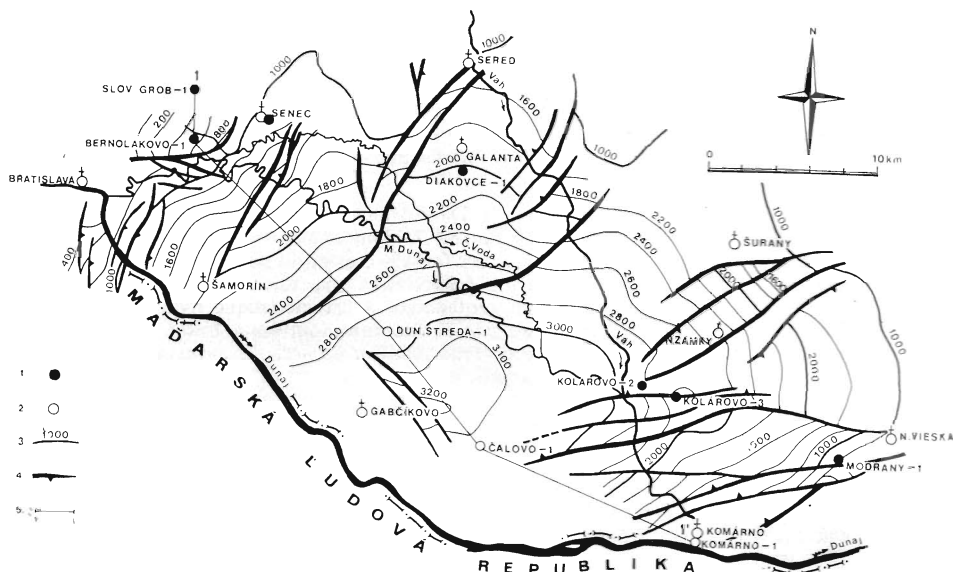
Spomedzi asi 20 predpokladaných nádejných štruktúr a oblastí na termálnu, resp. hypertermálnu (40 °C) vodu je najnádejnejšou tzv. centrálna depresia Podunajskej nížiny (O. FRANKO 1972; obr. 1). O termálnych vodách neogénu Podunajskej nížiny pojednáva I. PAGÁČ (1968) a A. PORUBSKÝ (1970). Centrálnu depresiu doteraz overili viaceré naftové a dva ťažobné geotermálne vrty (B. GAŽA 1972, B. GAŽA — Z. HOLÉČZOVÁ 1971, 1972). Všetky údaje získané z tejto štruktúry sa interpretovali s ohľadom na realizáciu základného hydrogeotermického výskumu, získanie hypertermálnej vody a využitie geotermálnej energie (O. FRANKO 1972a).

* RNDr. Ondrej Franko, CSc., Geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 809 40 Bratislava.

** RNDr. Igor Mucha, CSc., Katedra inž. geológie a hydrogeológie PF UK, Gottwaldovo nám. 2, 800 00 Bratislava.

Geologicko-tektonická charakteristika

Centrálna depresia Podunajskej nížiny sa rozprestiera po oboch stranách rieky Dunaj, a to približne polovica na slovenskej a polovica na maďarskej strane (Malá dunajská nížina). Pre depresiu je charakteristická misovitá stavba so stredom približne v priestore Dunaja pri Gabčíkove (obr. 1, 2). Vypĺňajú ju sedimenty panónu a dáku (levantu). Hlavný pokles územia nastal začiatkom panónu a vyvrcholil v priebehu sedimentácie dáku. Vrstvovú stavbu depresie charakterizuje monoklinálne upadanie vrstiev do jej stredu so sklonom asi 5° . Karpatské zlomy, ktoré ohraničujú okraje pohorí, sa končia na severnom okraji depresie. Výraznejší zlomový systém prebieha iba pri jej jv. okraji — tzv. komárňanské a hurbanovské zlomy (Z. ADAM — M. DLABAČ 1961; obr. 1).



Obr. 1. Štruktúrna mapa bázy panónu centrálnej depresie Podunajskej nížiny. Podľa M. DLABAČA — Z. ADAMA — B. GAŽU (1972) upravil O. FRANKO (1974)

1 — naftové vrty, 2 — geotermálne vrty, 3 — izočiary bázy panónu, 4 — tektonické línie, 5 — línia rezu

Fig 1. Structural map of the central depression of the Danube lowland at the base of the Pannonian According to M. DLABAČ — Z. ADAM — B. GAŽA (1972) adjusted by O. FRANKO (1974)

1 — Oil boreholes, 2 — Geothermal boreholes, 3 — Isolines of the Pannonian base, 4 — Tectonic lines, 5 — Section line

Panón, ktorý je polobrakického pôvodu, má maximálnu hrúbku v strede depresie (do 2000 m) a na okrajoch (do 300 m). Podľa B. GAŽU (1972) má na báze vyvinutý tzv. bazálny panónsky horizont v podobe 20—100 m hrubého bazálneho konglomerátu. Nad ním je 1. panónsky piesčito-ílovitý horizont, hrubý 50—250 m. Nad ním leží 200—1300 m hrubý spodnopanónsky piesčitý komplex. V jeho nadloží je 50—150 m hrubý 2. panónsky piesčito-ílovitý horizont. Vrstvový sled uzatvára 20—100 m hrubý vrchnopanónsky piesčitý komplex. Z uvedeného vidieť, že v celom profile panónu nie sú čisto ílovité horizonty, ktoré by ho rozdeľovali na viacero samostatných celkov. Celkový litologický vývoj panónu charaktéri-

zujú striedajúce sa piesčité vrstvy, ktoré sú v absolútnej prevahe nad vložkam piesčitých ílov s postupnými vertikálnymi i horizontálnymi prechodmi a vykľiňovaním.

Dák (pont) je súvrstvie sladkovodného pôvodu zložené zo striedajúceho sa piesku a štrku s pestrým piesčitým ílom, pričom má piesok prevahu aj nad piesčitým ílom. Maximálna hrúbka dáku v strede depresie je okolo 1500 m, na okrajoch okolo 300—500 m.

Pomer hrúbky priepustných vrstiev dáku a panónu k hrúbke menej priepustných a kolektorské vlastnosti vrstiev (priepustnosť a efektívna pórovitosť) sú v tab. 1. Pri vymedzovaní priepustných vrstiev podľa základnej karotážnej gradientovej krivky Rag 2,12 a krivky SP sa brali do úvahy len vrstvy hrubšie ako 0,5 m (kvôli perforovaniu). Napriek tomu hrúbka priepustných vrstiev dáku prvých štyroch vrtov a panónu prvých troch vrtov je väčšia ako 50 % z celkovej hrúbky úsekov jednotlivých vrtov. V skutočnosti je hrúbka priepustných vrstiev viac-menej totožná s hrúbkou úsekov, pretože absolútne nepriepustné vrstvy (čistý íl) sa takmer nevyskytujú. Z tohto aspektu je však priemerná priepustnosť a efektívna pórovitosť nižšia, ako ju uvádza tab. 1.

Kolektorské vlastnosti

Tab. 1

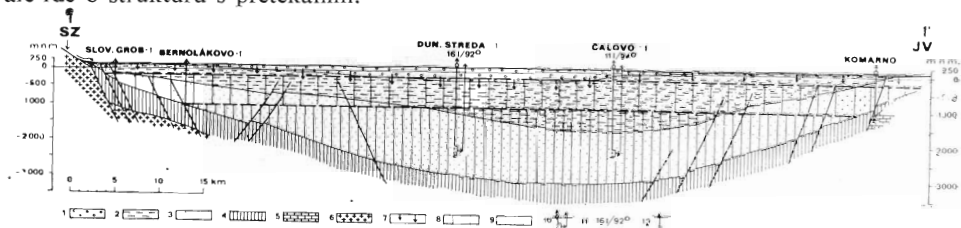
Vek		Vrt					
		Slovenský Grob	Bernolákovo-1	Senec-1	Dunajská Streda-1	Čalovo-1	Diakovce -1
DÁK	Úsek od — do (m)	56—270	54—550	110—362	386—1252	401—1790	28—981
	Hrúbka úseku (m)	214	496	252	866	1389	953
	Hrúbka priep. vrstiev v úseku (m)	125	230	173	622	370	391
	Hrúbka priep. vrstiev v úseku (%)	58	46	69	72	27	41
	Priepustnosť priep. vrstiev v úseku (mD)	291	38,5	93,7	40	224	180
	Efekt. pórovitosť priep. vrstiev v úseku (%)	25	15	20	17	23	22
PANÓN	Úsek od — do (m)	270—495	550—925	326—1236	1253—2500	1790—2500	981—2450
	Hrúbka úseku (m)	225	375	874	1247	710	1469
	Hrúbka priep. vrstiev v úseku (m)	161	199	607	391	179	439
	Hrúbka priep. vrstiev v úseku (%)	71	53	69	31	25	30
	Priepustnosť priep. vrstiev v úseku (mD)	416	58	262	70	259	129
	Efekt. pórovitosť priep. vrstiev v úseku (%)	24	17	24	18	24	19

Ruman (levant) e zastúpený sladkovodným, plytkovodným a suchozemským štrkom a pieskom s vložkami pestrých ílov. Maximálna mocnosť tohto súvrstvia dosahuje v najhlbších častiach depresie až 300 m. Súvrstvie pokrýva väčšinu územia depresie.

Pleistocén a holocén reprezentuje štrk uložený v aluviálnych nivách a terasách. Štrk taktiež pokrýva väčšinu územia depresie.

Hydrogeologická štruktúra

Na základe doterajších poznatkov možno povedať, že centrálna depresia je zvrchu otvorená štruktúra misovitého tvaru s nepriepustným ohraničením zo strán a zospodu (obr. 2). Jej zostupné ramená sa zo všetkých strán mierne skláňajú do stredu. Štruktúra má prirodzenú len infiltračnú a akumuláciu. Infiltračnú oblasť predstavuje styk panónskych a dáckych sedimentov so sedimentmi kvartéru a rumanu. Akumulačnú oblasť tvoria samotné dácke a panónske sedimenty. Táto infiltračná oblasť leží v absolútnej prevahe na akumuláčnej oblasti, výnimkou sú len okraje pohorí (M. Karpaty, Považský Inovec, Trábeň atď.). Na okraje štruktúry sa napájajú panónske a smerom do jej stredu dácke kolektory. Tieto kolektory sa väčšinou zrážkovými a riečnymi vodami napájajú priamo cez kvartérny a rumanský štrk, a to vertikálne z plytkých nádrží podzemnej vody. S ohľadom na uvedený litologický vývoj (panónske a dácke sedimenty) možno akumuláciu oblasť považovať za jednotný hydrogeologický celok, resp. nádrž termálnej vody. Štruktúra nie je typicky artézská, ale ide o štruktúru s pretekaním.



Obr. 2. Schematický priečny hydrogeologický rez centrálnou depresiou Podunajskej nížiny (O. FRANKO 1974)

Geológia: 1 — kvartér + ruman, 2 — dáck, 3 — panón, 4 — miocén, 5 — mezozoikum, 6 — kryštalínium

Hydrogeológia: 1 — plytká nádrž podzemnej vody, 7 — infiltračná oblasť termálnej vody (infiltrácia z plytkej nádrže podzemnej vody), 8 + 9 — akumulácia (nádrž) termálnej vody, 8 — termálna voda s ložiskovou teplotou 20—55 °C, 9 — termálna voda s ložiskovou teplotou 55—150 °C a povrchovou teplotou 40—100 °C (hypertermy), 4 — nepriepustné podložie nádrže termálnej vody, ktoré ju obmedzuje zospodu a zo strán, 10 — geotermálne vrty s voľným prelivom a vyznačenou hĺbkou perforácie a prítoku vody do vrtov, 11 — výdatnosť voľného prelivu v l/s a povrchová teplota v °C, 12 — naftové vrty.

Fig. 2. Schematic transverse hydrogeological section through the central depression of the Danube lowland (O. FRANKO 1974)

Geology: 1 — Quaternary + Rumanian, 2 — Dacian, 3 — Pannonian, 4 — Miocene, 5 — Mesozoic, 6 — Crystalline

Hydrogeology: Shallow groundwater reservoir, 7 — Catchment area of thermal waters (infiltration from shallow groundwater reservoir), 8 + 9 — Accumulation area (reservoir) of thermal waters, 8 — Thermal waters with deposit temperature of about 20—55 °C, 9 — Thermal waters with deposit temperature of about 55—150 °C and superficial temperature of about 40—100 °C (hypertherms), 4 — Impermeable underlier of the reservoir of thermal water, bordering it from below and from the sides, 10 — Geothermal boreholes with free spillway, indicated depth of perforation and inflow of waters into the boreholes, 11 — Yield of free spillway in l/sec. and superficial temperature in °C, 12 — Oil drillings.

Geotermálny systém

V zmysle J. McNITOVHO (1970) delenia geotermálnych polí patrí predmetná štruktúra k poliam spätým s trefohornými tektonickými procesmi — zázemnými panvami. Podľa geochemickej klasifikácie D. E. WHITA (1970) patrí štruktúrne k horúcovodnému systému. Pokojná stavba depresie a jej výplň dosť homogénnymi sedimentmi spôsobuje pomerne rovnomerné rozloženie zemského tepla.

Podľa nameraných teplôt boli vypočítané geotermické gradienty (I. MARUŠIAK — I. LIZON 1973) len na vrtoch Diakovce-1, Kolárovo-2 a Modrany-1 (tab. 2).

Geometrické údaje

Tab. 2

Výška m n. m.	Vrt					
	Diakovce-1		Kolárovo-2		Modrany-1	
	T °C	G °C/1000 m	T °C	G °C/1000 m	T °C	G °C/1000 m
— 500	35	—	38	—	36	—
— 1000	55	40	59	42	56	40
— 1500	72	34	80	42	69	26
— 2000	89	34	99	38	81	24
— 2500	—	—	120	42	—	—
— 3000	—	—	141	42	—	—

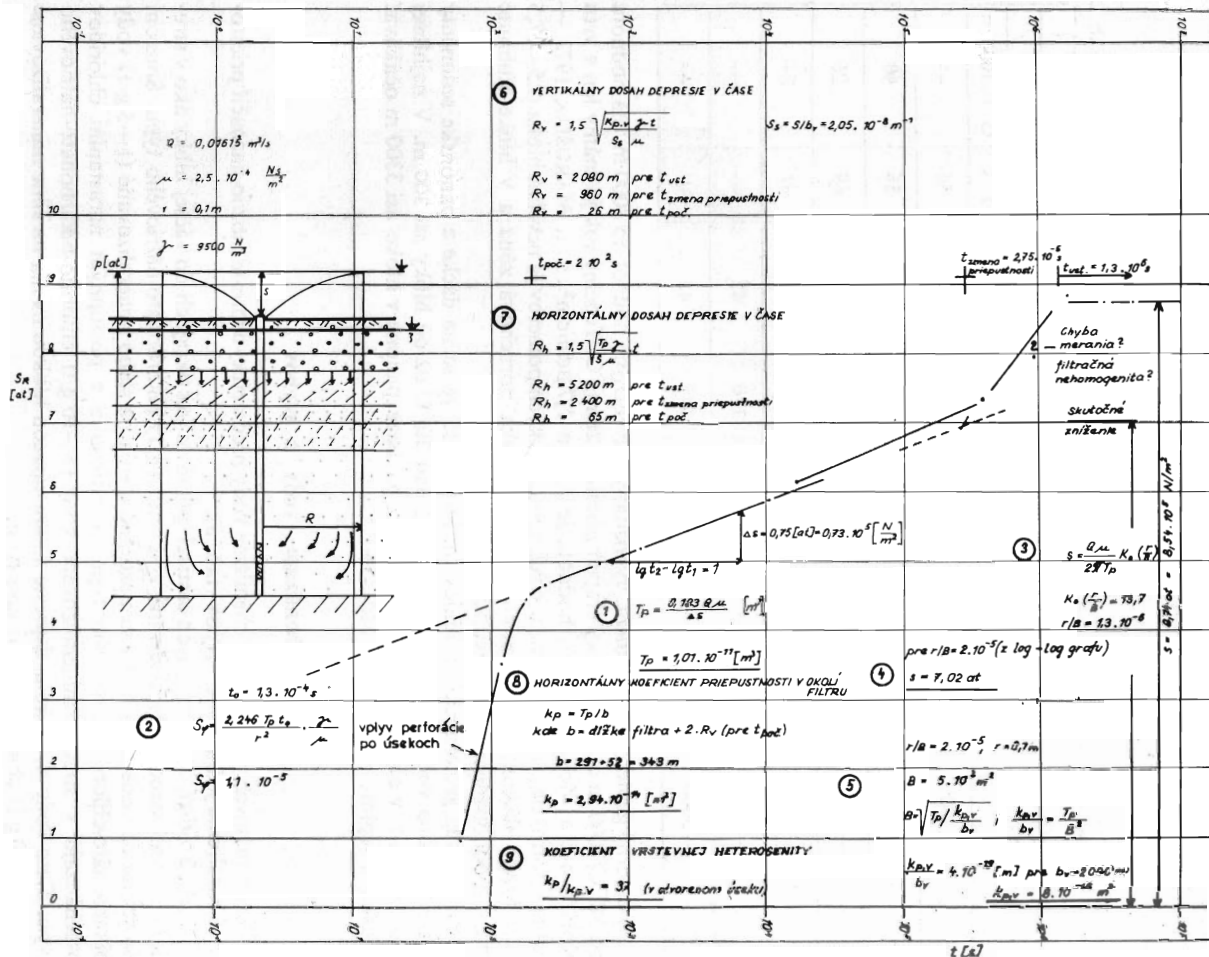
Priemerný geotermický gradient, vypočítaný z uvedených hodnôt do 2000 m, má hodnotu asi 38 °C/1000 m a geotermický stupeň približne 26 m/°C. Tepelný tok je známy len z vrtu Kolárovo-2 a Modrany-1. Ich hodnota je 1,62 a 1,7 $\mu\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ (I. MARUŠIAK 1973 — ústna informácia). Príčinou priaznivých geotermických pomerov je nevelká hĺbka (25—27,5 km) Moho diskontinuity, hlboko založená rábska poruchová zóna a v hĺbke stuhnuté masy spodnobadenských neovulkanitov.

Na základe geotermických údajov možno uviesť, že sa na dácke a panónske sedimenty viaže termálna voda s ložiskovou teplotou nad 20 °C už od hĺbky asi 300 m. V najhlbšej časti depresie, v oblasti Gabčíkova, možno na báze panónu v hĺbke asi 3300 m očakávať ložiskovú teplotu vody okolo 140—150 °C.

Chemizmus vody a plynov

Podľa známych podkladov o chemizme vody predmetnej depresie možno naznačiť priestorové rozšírenie jednotlivých typov (tab. 3).

Z tab. 3 vidieť, že vo vrchných častiach pliocénu (na okrajoch do väčšej hĺbky ako v strede) sú veľmi slabo mineralizované vody (do 1g/l) bikarbonáto-nátriového typu. Smerom do stredu depresie a do hĺbky sa postupne menia na slabo mineralizované (1—5 g/l) vody bikarbonáto-chlorido-nátriového typu. S hĺbkou a s postupným narastaním chloridov prechádzajú v stredne mineralizované vody (5—10 g/l) chlorido-bikarbonáto-nátriového typu. Tieto vody sa v strede depresie s narastajúcou hĺbkou menia na silne mineralizované vody (> 10 g/l) chlorido-nátriového typu.



Obr. 3. Stúpacia skúška (Roccovery) 27.8.—18.10.1971. Vrt Dunajská Streda-1.

Fig. 3. Rising test (Roccovery) August 27th-October 18th 1971. Borehole Dunajská Streda-1.

Z plynov obsahuje voda N_2 , CH_4 a miestami aj CO_2 . Vody bikarbonáto-nátriového typu sú dusíkovými vodami. S hĺbkou a zmenou chemizmu pribúda metán, takže vody bikarbonáto-chlorido-nátriového typu postupne prechádzajú v dusíkovo-metánové a potom metánovo-dusíkové vody. Vody chlorido-bikarbonáto-nátriového typu sú už metánovými vodami.

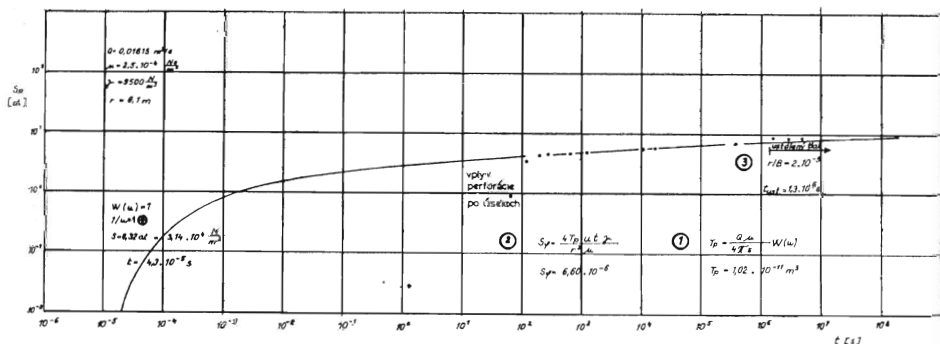
Chemické typy teriem

Tab. 3

Oblasť depresie	Hĺbka asi m	Oblasť depresie	Hĺbka asi m	M. asi g/l	Chemické typy vody
okraje	< 1500	stred	< 900	< 1	HCO_3-Na
okraje	1500—2400	stred	900—2200	1—5	$HCO_3-Cl-Na$
okraje	2400—2600	stred	2200—2500	5—10	$Cl-HCO_3-Na$
okraje	—	stred	> 2500	> 10	$Cl-Na$

Na základe charakterizačných chemických (hlavne $K \frac{r HCO_3}{r Cl}$) a plynových (hlavne $K \frac{He}{Ar}$) koeficientov možno genézu vody charakterizovať takto (tab. 4): Veľmi slabo mineralizované termálne vody bikarbonáto-nátriového typu patria k vadóznym petrogénnym hydrosilikátogénnym vodám (O. FRANKO — S. GAZDA — M. MICHALÍČEK 1972) s intenzívnou vodovýmenou. Slabo a stredne mineralizované termálne vody bikarbonáto-chlorido-nátriového a chlorido-bikarbonáto-nátriového typu patria k marinogénnym vodám s podielom vadózných vôd s obmedzenou vodovýmenou. Silne mineralizované vody chlorido-nátriového typu patria k marinogénnym vodám bez vodovýmeny. Ako sa postupne v priestore mení chemizmus vody, tak sa postupne mení aj jej genéza.

Z plynov (M. DLABAČ — M. MICHALÍČEK 1964) je N_2 vadózných vôd atmosferického pôvodu. Pri marinogénnych vodách sa CH_4 a N_2 pripisuje biogénny pôvod. CO_2 sa považuje za juvenilný.



Obr. 4. Stúpacia skúška (Rocoverly) 28. 8. — 18. 10. 1971. Vrt Dunajská Streda-1.

Fig. 4. Rising test (Rocoverly) August 27 th- October 18 th 1971. Borehole Dunajská Streda-1.

Hydrodynamická charakteristika

Centrálnu depresiu Podunajskej nížiny možno z hydrodynamickej stránky charakterizovať zatiaľ len na základe jedinej stúpacej skúšky z vrtu Dunajská Streda-1. Aby sme lepšie vystihli problematiku hydrodynamického výskumu a výpočtov zásob v tejto štruktúre, uvedieme základný postup hodnotenia stúpacej skúšky (Recovery) vykonaného metódami súhrnne opísanými v práci I. MUCHU (1973).

Prvým krokom pri hodnotení je vynesenie priebehu stúpacej skúšky v semilogaritmickej mierke s oproti $1g\ t$ (obr. 3) a v bilogaritmickej mierke $1g\ s$ oproti $1g\ t$ (obr. 4). Vypočítame T_p , ktorý nie je ovplyvnený skinovým efektom (obr. 3, 4, výpočet 1) a S_0 ovplyvnené skinovým efektom (obr. 3, 4, výp. 2). Parameter charakterizujúci vrstvé pretekánie (leakage) vypočítame z ustáleného zníženia (obr. 3, výp. 3) a času ustálenia pomocou typových kriviek (obr. 4, výp. 3). Faktor pretekáania určený podľa typových kriviek a času ustálenia nie je ovplyvnený vrstvovými nehomogenitami (chybami merania?). Z neho vypočítame

Geochemická charakteristika teriem

Tab. 4

Vrt	Úsek od — do (m)	T °C povr- chová	T °C ložis- ková	Q l/s preliv	Voda				
					S-	S ₂	A-	A ₂	$\frac{r\ HCO_3}{r\ Cl}$ K
Diakovce-1	782—800	36,6	41	2,0	6,22	0,0	76,7	16,0	55,6
	1170—1175	—	52	0,2	30,0	0,0	62,0	8,0	5,5
	1437—1446	—	66	0,7	29,4	0,0	67,2	3,4	2,4
	1682—1689	—	75	0,2	29,4	0,0	65,2	4,4	2,7
	1798—1802	—	87	0,5	50,0	0,0	46,8	3,2	1,0
	2098—2101	—	94	0,5	47,6	0,0	51,2	1,2	1,2
	2367—2373	—	105	0	37,4	0,0	60,4	3,2	3,6
Dunajská Streda-1	2183—2447	92	104	16,2	66,4	0,0	30,9	2,8	0,52
Čalovo-1	2289—2460	94	—	11,2	75,0	0,0	23,5	1,4	0,31
Kolárovo-3	1770—1993	50	—	2,5	86,6	0,0	9,1	4,3	0,15

Plyn								Typ vody		Vek úseku
Obj. %										
CH ₄	H ₂	N ₂	O ₂	CO ₂	Ar	He	K $\frac{\text{He}}{\text{Ar}}$	Mg/l	$\frac{> 25 \% - \Sigma \text{kat.}}{> 25 \% - \Sigma \text{an.}}$	
0,74	—	85,2	3,9	8,0	2,2	0,0018	0,00081	0,5 $\frac{\text{Na}_{80,6}}{\text{HCO}_3 93,6}$		dák
0,35	0,8	99,0		—	—	—	—	1,0 $\frac{\text{Na}_{92}}{\text{HCO}_3 90}$		dák
25,7	0,1	75,1		—	—	—	—	2,2 $\frac{\text{Na}_{96,6}}{\text{HCO}_3 70,6 \text{Cl}_{28,8}}$		pa- nón
46,4	0,45	53,0		—	—	—	—	3,0 $\frac{\text{Na}_{95,6}}{\text{HCO}_3 70,6 \text{Cl}_{26}}$		pa- nón
57,4	0,55	39,5		—	—	—	—	5,4 $\frac{\text{Na}_{96,8}}{\text{HCO}_3 60 \text{Cl}_{40}}$		pa- nón
—	—	—		—	—	—	—	5,5 $\frac{\text{Na}_{98,8}}{\text{HCO}_3 52,4 \text{Cl}_{44,2}}$		pa- nón
51,7	0,3	48,0		—	—	—	—	5,0 $\frac{\text{Na}_{97,8}}{\text{HCO}_3 62,2}$		pa- nón
46,0	0,006	3,7	0,3	49,7	0,025	0,018	0,72	6,9 $\frac{\text{Na}_{95,4}}{\text{Cl}_{65,2} \text{HCO}_3 33,6}$		pa- nón
—	—	—	—	—	—	—	—	5,1 $\frac{\text{Na}_{96,0}}{\text{Cl}_{74,4} \text{HCO}_3 23,4}$		pa- nón
24,1	—	15,5	0,7	59,3	0,4	0,0183	0,049	10,5 $\frac{\text{Na}_{92,1}}{\text{Cl}_{86,1}}$		pa- nón

maximálne zníženia pre dané čerpané množstvo (obr. 3, výp. 3, 4) a za predpokladu, že pretekание nastáva z plytkej nádrže podzemnej vody a $b_v = 2000$ m, koeficient vertikálnej priepustnosti (obr. 3, výp. 5). Pre zistenú hodnotu r/B zostavíme tabuľku závislosti r , r/B a K_0 (obr. 5, výp. 1) a hodnoty vynesieme graficky k mierke K_0 oproti $\lg r$ (obr. 5). Predĺžením priamkovej časti do bodu $K_0 = 0$ dostaneme polomer dosahu depresie R , charakterizovaný logaritmickou závislosťou používanou v Dupuitových rovniciach, ktorý používame pri všetkých ďalších výpočtoch. Skutočný priebeh depresie pri stacionárnom prúde spôsobenom pretekaním je na obr. 5 vyznačený plnou čiarou. Priebeh depresie pri stacionárnom prúde dostaneme i výpočtom 3 (obr. 5). Vypočítame skutočné zníženie v skutočnom vrte ($r = 0,1$ m; obr. 5, výp. 4) a zostavíme mierku zníženia v at alebo N/m^2 . Z čerpacej skúšky určíme čas, keď nastalo ustálené prúde (obr. 3, 4), a vypočítame hodnotu storativity S_R (obr. 5, výp. 5), ktorú považujeme za prijateľnú. Potom súčiniteľ skinového efektu ϕ (obr. 5, výp. 6) veľmi približne charakterizuje skinový efekt. Vzhľadom na to, že skinový efekt posúva vzájomný bod typových kríviek doľava (obr. 4), nemožno ho bez

špeciálnych skúšok presne zhodnotiť. Tým nadobúdajú všetky hodnoty okrem T_p približný charakter. V ďalšom vypočítame vertikálny dosah depresie pre čas ustálenia (obr. 3, výp. 6), ktorý má súhlasiť alebo má byť o málo väčší, ako je vzdialenosť medzi vrchnou časťou filtra a bázou plytkej nádrže podzemnej vody, ktorú považujeme za zdroj infiltrácie vyvolanej čerpaním. Výpočet vykonáme i pre iné, ľubovoľne zvolené časové intervaly (obr. 3, výp. 6). Horizontálny dosah depresie vypočítame (obr. 3, výp. 7) pri uvažovanom S a skontrolujeme s dosahom depresie pre ustálený stav. Urobíme výpočet i pre iné časové intervaly. Horizontálny koeficient priepustnosti vypočítame na základe určenia zásahu depresie pre počiatočný čas linearizovaného úseku čerpacej skúšky (obr. 3, výp. 8) a z neho koeficient anizotropie, alebo lepšie koeficient vrstvovej heterogenity (obr. 3, výp. 9). Tým sme výpočty ukončili a máme potrebné podklady na výpočet zásob. Na záver načrtnutého spôsobu výpočtov treba zdôrazniť, že presnosť výpočtov závisí od spôsobu navrhnutia a vykonania čerpacích skúšok a od presnosti jednotlivých meraní. V uvedenom príklade je veľmi slabou stránkou hodnota storativity a mernej storativity, ktorá by z teoretického hľadiska mala byť vyššia, čím by sa dospelo k niektorým spresneniam potrebným na výpočet zásob (napr. polomer dosahu depresie by bol asi menší ap.).

Napokon možno uviesť, že geotermálny vrt v Dunajskej Strede bol situovaný vo filtračnom prostredí, ktoré možno charakterizovať vyvolanou infiltráciou vrstvovým pretekaním z nadložnej plytkej nádrže podzemnej vody. Vypočítané parametre sú v tab. 5.

Hydraulické parametre

Tab. 5

Parameter	Symbol	Rozmer	Hodnota
koeficient prietočnosti	T_p	m^3	$1,01 \cdot 10^{-11}$
koeficient storativity ovplyvnený skinovým efektom	S	—	$1,1 \cdot 10^{-5}$
parameter pretekania	B	m^2	$5 \cdot 10^3$
skutočné zníženie	s	at	7,02
koeficient horizontálnej priepustnosti	k_p	m^2	$2,94 \cdot 10^{-14}$
koeficient vertikálnej priepustnosti	$k_{p,v}$	m^2	$8 \cdot 10^{-16}$
koeficient vrstvovej filtračnej heterogenity (anizotropie)	K_a	—	37
koeficient storativity (zásobnosti)	S_R	—	$4,1 \cdot 10^{-5}$
koeficient mernej storativity	S_s	m^{-1}	$2,05 \cdot 10^{-8}$
koef. mer. storativity z teoretickej pružnosti vody a horniny	S_s	m^{-1}	$3,0 \cdot 10^{-6}$
polomer horizontálnej depresie (ustálenej) nezávisiaci od čerpaného množstva	R	m	5200
vertikálny dosah depresie pre kontrolu pomeru $k_{p,v}$ a S_s	R_v	m	2080
súčiniteľ skinového efektu	ϕ	—	1,315

Zásady výpočtu zásob

O zvodnených vrstvách s pretekaním platí, že dosah depresného kužeľa nezávisí od čerpaného množstva, a zníženie (depresiu) v ľubovoľnom bode vypočítame podľa rovnice

$$s = \frac{Q\mu}{2\pi T_p} K_0 \left(\frac{r}{B} \right) \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Z toho vychodí, že pri situovaní vrtov vo vzdialenosti $2R$ (asi 10 km) od seba možno z každého vrtu odčerpávať vodu bez podstatného vzájomného ovplyvnenia sa (obr. 5). Pri 40 km vzdialenosti vrtov sa už vrty prakticky neovplyvňujú (obr. 5). Využívanie vrtov neovplyvní prietok štruktúrou, pretože všetka čerpaná voda pri ustálenom prúde bude z pretekania. Výpočet statických a dynamických zásob nemá potom podstatný význam (slúži skôr na orientáciu).

Pri návrhu využívaného množstva zásob treba okrem hydraulického výpočtu zníženia urobiť tepelnú bilanciu. Keď uvažujeme tepelný tok $Q = 1,62 \cdot 10^{-2} \text{ cal/m}^2 \cdot \text{s}$, potom celkový tepelný tok v polomere depresie 5200 m bude

$$Q_F = F \cdot Q = 1,38 \cdot 10^6 \text{ cal/s.}$$

Pri čerpaní 16 l/s vody teplej 90°C (rozdiel teploty medzi ložiskom — 100°C a plytkou podzemnou vodou — 10°C) prevezme čerpaná voda prenos tepelného toku v hodnote

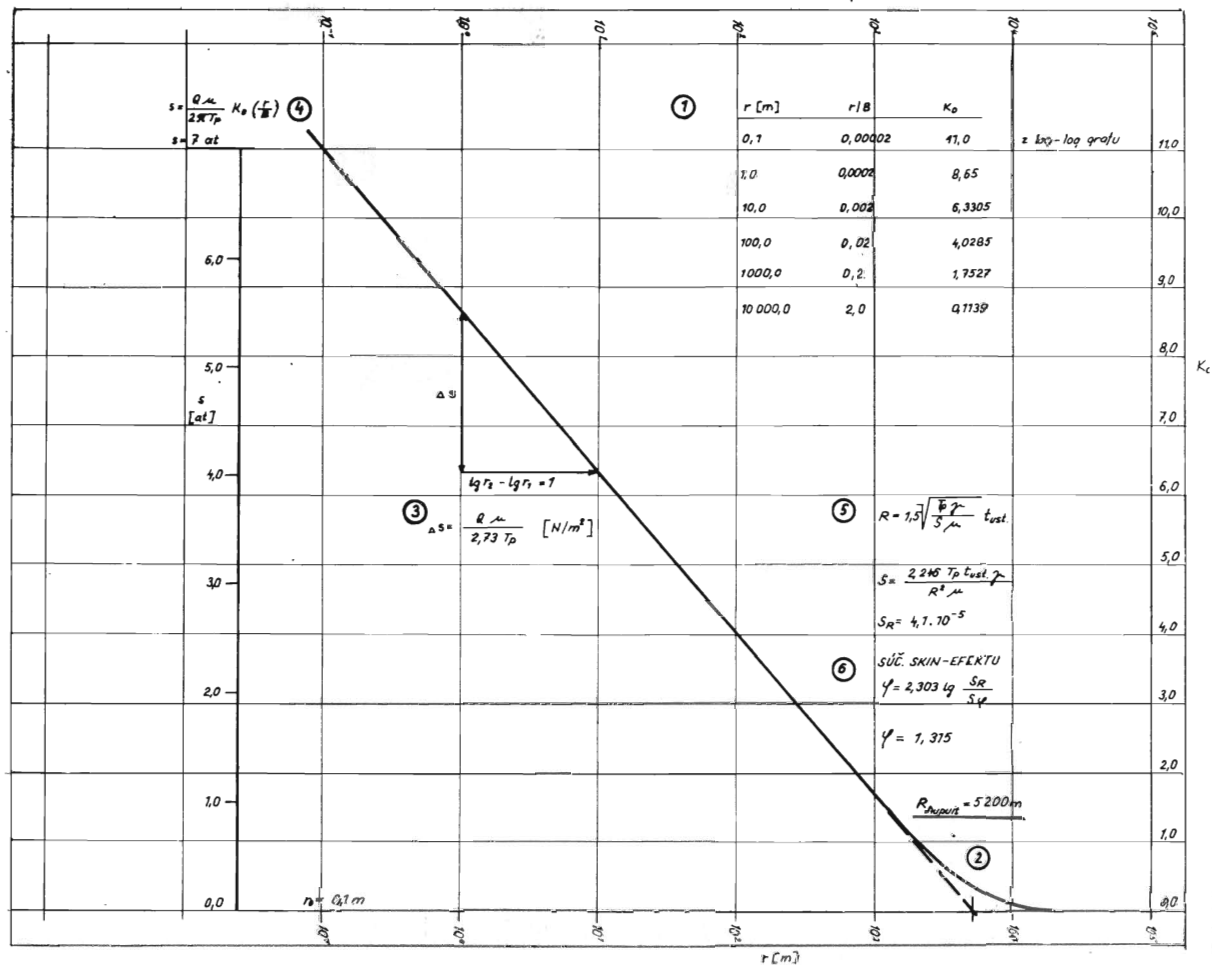
$$Q_{\text{voda}} = 1,44 \cdot 10^6 \text{ cal/s.}$$

Znamená to, že by nastal tepelný deficit, ktorý sa vyrovná postupným znižovaním teploty čerpanej vody a znížením alebo až zastavením tepelného toku horninou, pokým nenastane rovnováha medzi tepelným tokom z podložia a súčtom tepelného toku v nadloží s tepelným prenosom čerpanou vodou. Pritom však bude prúdiť voda zhora nadol. Ak je rýchlosť prúdenia väčšia ako rýchlosť tepelného prúdu, potom prestane vertikálny tepelný tok nahor a všetko teplo, ktoré prestúpi z podložia do čerpanej štruktúry, možno využiť. Na určenie rýchlosti prúdenia vody v štruktúre máme dostatok podkladov. Na určenie rýchlosti tepelného toku použijeme rovnicu vedenia tepla, do ktorej treba dosadiť koeficient tepelnej vodivosti, a na nestacionárne tepelné prúdenie i merné teplo prostredia.

Záver

Hydrogeotermické poznatky boli získané len z naftových a dvoch ťažobných geotermálnych vrtov, takže majú viac-menej informatívny charakter. Na získanie priestorovej predstavy o skutočných pomeroch treba urobiť základný hydrogeotermický výskum. Z výskumných vrtov treba získať údaje o litologickom vývoji, pórovitosti a priepustnosti sedimentov a údaje o fyzikálno-chemických vlastnostiach vody a plynov.

Na výpočet zásob termálnej vody a geotermickú bilanciu treba na vrtoch urobiť hydrodynamické skúšky a geotermické merania. Z nich treba presne zistiť koeficient storativity (S), koeficient prietočnosti (T_p), parameter pretekania (B), hodnoty tepelného toku, koeficient tepelnej vodivosti a merné teplo zvodneného prostredia. Z hľadiska požadovaných parametrov, najmä S , je nevyhnutné vykonať aspoň jednu čerpaciu skúšku v štruktúre na dvoch vzájomne sa ovplyvňujúcich vrtoch. Po získaní týchto hodnôt bude možno vykonať výpočet zásob a geotermickú bilanciu termálnej vody a určiť plochu, cez ktorú dochádza k pretekaniu do čerpaného úseku (polomeru depresie), a to podľa naznačenej metodiky.



Obr. 5. Priebeh depresného kužla (stúpacia skúška 27. 8. — 18. 10. 1971) pri ustálenom stave. Vrt Dunajská Streda-1.

Fig. 5. Course of the cone of depression (rising test August 27 th-October 10th 1971) for stabilized waterlevel. Borehole Dunajská Streda-1.

Použité symboly:

- K_0 — Besselova funkcia
 B — parameter pretekania m^2
 b_v — hrúbka zvodnenej vrstvy m
 k_p — koeficient priepustnosti m^2 $k_p = k_f \frac{\mu}{\gamma}$
 $k_{p,v}$ — koeficient priepustnosti vo vertikálnom smere m^2
 K_a — $k_p/k_{p,v}$ — koeficient anizotropie
 r — polomer m
 R — polomer dosahu depresného kužela
 s — zníženie at; N/m^2
 S — koeficient storativity (zásobnosti)
 S_s — koeficient mernej storativity m^{-1}
 S_R — reálny koeficient storativity
 T_p — koeficient prietochnosti m^3
 t — čas
 Q — čerpané množstvo m^3/s
 γ — merná tiaž N/m^3
 μ — dynamická väzkosť Ns/m^2
 φ — súčiniteľ skinového efektu
 S_φ — koeficient storativity ovplyvnený skinovým efektom

Doručené 18. 3. 1974

Odporučil Anton Porubský

LITERATÚRA

- ADAM, Z. — DLABAČ, M. 1961: Nové poznatky o tektonice Podunajskej nížiny, Věst. ÚÚG (Praha), 36, s. 189—198.
- DLABAČ, M. — MICHALÍČEK, M. 1964: Příspěvek k hydrogeologii Podunajskej nížiny. Práce VÚČND (Brno), 21, s. 72—110.
- FRANKO, O. 1972: Možnosti využitia zemského tepla v Slovenskej socialistickej republike prostredníctvom získania nových zdrojov hypertermálnych vôd. Mineralia slov. (Spišská Nová Ves), 4, s. 205—216.
- FRANKO, O. 1972 a: Zhodnotenie centrálnej pliocénnej depresie Podunajskej nížiny pre vyhľadávanie vysokotermálnych vôd. Manuskript — Geofond, Bratislava, 84 s.
- FRANKO, O. — GAZDA, S. — MICHALÍČEK, M. 1972: Správa o základnom hydrogeologickom výskume minerálnych vôd Západných Karpát v r. 1966—1970. Manuskript — Geofond, Bratislava, 232 s.
- GAŽA, B. 1972: Zistenia termálnych vôd v pliocéne centrálnej depresie Podunajskej panvy a možnosti ich využitia. Mineralia slov. (Spišská Nová Ves), 4, s. 29—38.
- GAŽA, B. — HOLÉČZOVÁ, Z. 1971: Dunajská Streda — termálny vrt. Manuskript — Geofond, Bratislava, 30 s.
- GAŽA, B. — HOLÉČZOVÁ, Z. 1972: Čalovo — termálny vrt. Manuskript — Geofond, Bratislava, 31 s.
- MARUŠIAK, I. — LIZOŇ, I. 1973: Základný výskum priestorového rozloženia zemského tepla v Západných Karpatoch. Manuskript — Geofond, Bratislava, 60 s.
- MCMURTREY, J. 1970: The geologic environment of geothermal fields as a guide to exploration. U. N. Symp. Development Utilization Geothermal Resources, Pisa.
- MUCHA, I. 1973: Zásady racionálneho hydrogeologického prieskumu čerpacími skúškami. Manuskript — archív PF UK, Bratislava, 105 s.
- PAGÁČ, I. 1968: Výsledok vrtu Komárno M-1 a možnosť získania zdrojov teplej vody v Podunajskej panve. Zemní plyn a nafta (Hodonín).

PORUBSKÝ, A. 1970: Termálne vody neogénu Podunajskej nížiny. Geograf. čas. (Bratislava), 22, s. 39—50.

WHITE, D. E. 1970: Geochemistry applied to the discovery evaluation and exploitation of geothermal energy resources. U. N. Symp. Development Utilization Geothermal Resources, Pisa.

Problems of calculation of thermal water supplies of central depression of the Podunaj lowland

ONDREJ FRANKO — IGOR MUCHA

The central depression of the Podunaj lowland (Fig. 1) is filled with stratified sandy and sandy — clayey sediments of Pannonian and Dacian ages. The depression is plate — shaped, with the maximum sediment thickness about 3000 m in the middle of the depression (Fig. 2). The mean geothermal gradient is about $38^{\circ}/1000\text{ m}$, $26\text{ m}^{\circ}\text{C}$ and the value of the heat flow as measured in two boreholes is about $1.65\text{ }\mu\text{cal}/\text{cm}^2\cdot\text{s}$. On the top, the structure is open, with leaky aquifer, with infiltration from fluvial and lacustrine sediments (Quaternary, Rumanian) of the lowland (a shallow reservoir of underground waters).

The structure is favourable for exploitation of thermal waters with deposit temperature up to 150°C , with mineralization to 10 g/l and of the bicarbonate — sodium, bicarbonate — chloride — sodium and chloride — bicarbonate — sodium type.

The example of recovery by the method of nonsteady flow served for calculation of hydraulic parameters (Fig. 3,4,5; Tab. 5). Presented is a method of calculation of supplies and geothermic balance.

RECENZIE

The Carboniferous of North East Spain. Part II. — Trab. geol., 4, 365—696, Fac. Ci. Univ. Oviedo, Oviedo, 1971

Druhá časť dvousvazkovej publikácie obsahuje soubor príspevků, prednesených alebo zaslaných k príležitosti zasadání Mezinárodní subkomise pro stratigrafiu karbonu (ISCS) v roce 1970 těmi autory, jejichž jména začínají písmeny R až Z. Výběr autorů sice není tak pestrý jako v prvém svazku, zato však mají některé z prací prvofadý mezinárodní význam.

K takovým patří především podrobný přehled stratigrafie, paleogeografického vývoje a tektoniky španělské pánve Cinera-Matallana z pera R. H. Wagnera. Pánevni výplň je diskontinuitní vůči podloží, má rýze kontinentální původ (je v našem pojetí „limnická“) a má mocnost 1500 m. Na rozdíl od našich „limnických“ pánví je však tato výplň silně zvrásněná.

Bazální souvrství mocné až 400 m reprezentuje klastickou výplň drobných depresí ve dnu pánve. Přesně mohutně přesahuje souvrství Pastora, mocné 85—200 m a obsahující jedinou sloj mocnou až 20 m. Detailní paleofaciální analýza počvy a stropu sloje umožnila sestavení detailní paleogeografické rekonstrukce prostředí jejího vzniku, dokumentované v publikaci velkou barevnou tabulí. Pokud je recenzentovi známo, je to jediná existující barevná

rekonstrukce „limnického“ uhlotvorného prostředí.

Rozhraní jednotlivých dílčích prostředí pánevniho areálu v době tvorby sloje probíhá napříč vých.—záp. strukturální osy pánve. Autor v tomto areálu rozlišil (od vých. k záp.) 1. okrajovou zónu říčních písčito-jílovitých nánosů, 2. vlastní uhlotvorné prostředí a 3. zónu jezerně říčních uloženin. V uhlotvorném prostředí (= dnešní uhelná sloj) bylo možno rozlišit vlastní uhlotvorné rašeliniště a v něm bažinaté jezero, protažené k severozápadu, tedy kose ke strukturální ose pánve. Jezero je vyznačeno v sedimentaci sloje uhelně jílovitým vývojem. V zóně jezerně říčních uloženin dochází ke štěpení sloje do četných tenkých lavic.

Nad slojí jsou jezerní jílovce stometrového souvrství Cascado s vůdčími paleontologickými horizonty skořepatců rodu *Leaia* na bázi. Zbývající čtyři souvrství jezerního až jezerně říčního vývoje jsou budována faciálně pestrým střídáním jezerních a říčních cyklů s lokálně vyvinutými uhelnými slojemi. Větší praktický význam má jen pět slojí souvrství San José.

Strukturálně reprezentuje zkoumaná pánev ektonicky zakleslé brachysynklinorium porušené četnými směrnými přesmyky. Je to dokumentováno barevnou geologickou mapou v měřítku 1 : 50 000 a četnými geologickými profily.

Pokračovanie na str. 218

Příspěvek k upřesnění dokumentace mělkých hydrogeologických vrtů

(2 obr. a 1. tab. v textě)

JARMILA MÜLLEROVÁ* — KAREL MÜLLER** — PAVEL BLÁHA***

Contribution à la précision de la documentation des forages hydrogéologiques peu profonds

L'efficacité de la prospection hydrogéologique est en relation étroite avec la documentation authentique et la corrélation superficielle des ouvrages de prospection. Dans ce but, on peut utiliser les méthodes géophysiques, surtout géoélectriques. En utilisant ces méthodes et la typologie physique, on peut compléter la documentation lithologique directe et faire la corrélation superficielle des forages, en plus on peut gagner les données sur quelques paramètres hydrophysiques des horizons forés.

К уточнению документации мелких гидрогеологических скважин

Эффективность гидрогеологической разведки зависит от надежной документации в плоскостной корреляции разведочных работ. Для этого целесообразно применение геофизических, особенно геоэлектрических методов. Этими методами на основании становления физической типологии возможно пополнить прямую литологическую документацию скважин и провести её плоскостную корреляцию и получить данные на некоторым гидрофизическим параметрам пробуренных горизонтов.

Úvod

Hydrogeologický průzkum pro vyhledávání zdrojů mělkých podzemních vod zahrnuje aplikace hydrogeologických a hydrologických metod a vrtní práce.

Efektivnost tohoto průzkumu je závislá na kombinaci jednotlivých metod, které vytvoří při daných podmínkách a pro daný účel nejvýhodnější komplex.

Jednou ze součástí tohoto komplexu při mělkém hydrogeologickém průzkumu jsou v posledních letech i geofyzikální metody, které umožňují plošnou korelaci výsledků přírodních průzkumných prací, jejich racionální rozmístění a vzhledem ke své fyzikální podstatě mohou značně rozšířit poznatky o hydrofyzikálních parametrech (K. MÜLLER — J. MÜL-

* Jarmila Müllerová, CSc., Katedra geologie a mineralogie VŠB Ostrava.

** Doc. Ing. Karel Müller, CSc., Katedra ložiskové a průzkumné geologie VŠB Ostrava, tř. Vítězného února.

*** RNDr. Pavel Bláha, Geotest, n. p. Brno, pracoviště Ostrava.

U mělkých hydrogeologických vrtů (cca do 50 m) v pokryvných útvech se často setkáváme s problémem litologického členění. V hlubokých vrtech ve zpevněných horninách se dokumentace běžně doplňuje karotážním měřením, kterého se u mělkých vrtů vzhledem ke způsobu jejich vystrojení, nedostatku vhodných jednoduchých aparatur a také z ekonomických důvodů většinou nepoužívá.

V předložené práci se zabýváme otázkou aplikace geofyzikálních metod pro litologickou dokumentaci mělkých vrtů v pokryvných útvech a pro sledování některých hydrofyzikálních parametrů.

Opěrná geofyzikální měření u vrtů

Pro možnost detailního fyzikálního členění provrtaných horizontů je výhodné provádět u vrtů vertikální odporové sondování (VES), a to v takové úpravě, aby krok postupu proudových elektrod byl v relaci s vyskytující se mocností jednotlivých horizontů. V některých případech má pak VES charakter mikrosondy. Pro zjištění odporové anizotropie a s ní souvisejících litologických změn v prostoru kolem vrtu je vhodné používat křížového uspořádání elektrod (tzv. křížových sond), v podmínkách značně anizotropního prostředí pak rozmísťovat elektrody v několika azimutech (tzv. paprskové sondy).

Výsledky takto prováděných odporových měření, zobrazení v podobě izoohm ϱ_z v jednotlivých horizontálních rovinách umožňují vytvoření prostorové představy o fyzikální proměnlivosti v okolí vrtu.

Vztah mezi fyzikální interpretací a litologickou dokumentací vrtných vzorků lze řešit na základě odporových měření, uskutečněných na kvalitně provedených vrtech s přesnou litologickou dokumentací, popřípadě doplněnou laboratorními analýzami, např. zrnitostní analýzou, chemismem vod apod. Statistické vyhodnocení souboru odporových měření, prováděných na skupině vybraných charakteristických vrtů v zájmovém hydrogeologickém rájonu, umožňuje provést fyzikální typologii, odpovídající litologickému charakteru jednotlivých horizontů.

Tab. 1

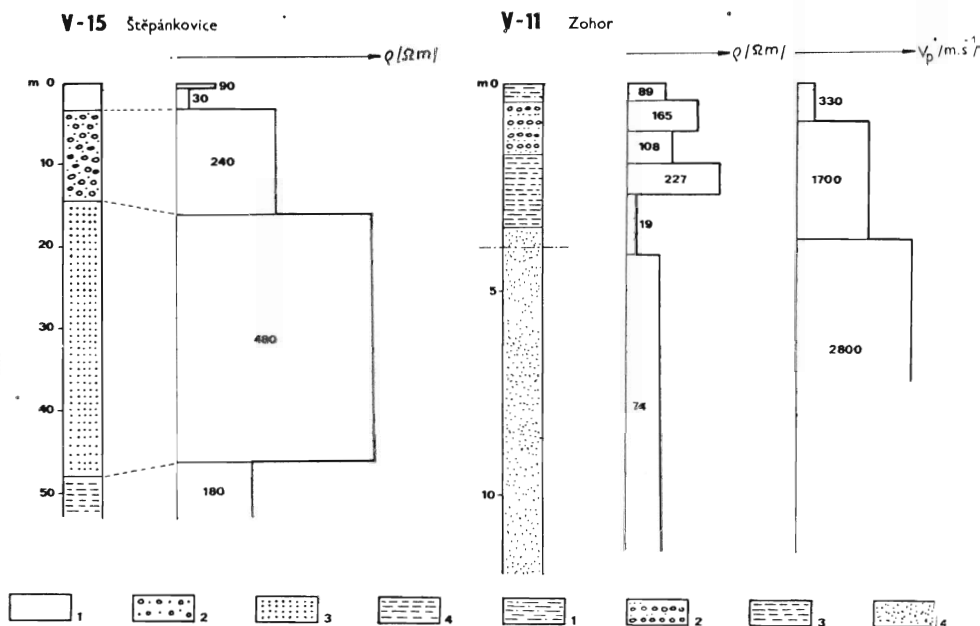
Oblast Štěpankovice	ϱ
kvartér 1. spraše, sprašové hlíny	25— 60 Ω m
2. písčitojilovité hlíny	20— 75 Ω m
3. šterkopísky	180—315 Ω m
4. zajiřované (zvodnělé?) šterkopísky	70—170 Ω m
5. křemité písky	250—550 Ω m
6. jíly	30— 90 Ω m
neogén 7. písčité jíly	60—180 Ω m
8. vápnité jíly	15— 75 Ω m

Význam fyzikální typologie je tím větší, čím je oblast litologicky variabilnější, a kde tudíž prostá korelace mezi sousedními vrty není dostatečně věrohodná. Pro sestavení geologického řezu v takových oblastech by bylo pak nutné provádět řadu zahušťujících vrtů, které však při použití známé fyzikální typologie můžeme ve většině případů nahradit vertikálním elektrickým sondováním. Tohoto způsobu geologicko-geofyzikální interpretace jsme použili při hydrogeologickém průzkumu glaciálních sedimentů na Ostravsku v oblasti Bělá a Štěpankovice (K. MÜLLER — J. MÜLLEROVÁ — P. BLÁHA 1972, K. MÜLLER — J. MÜLLEROVÁ — M. VILŠER 1972).

Z rozboru litologické dokumentace a opěrného odporového měření u vrtů jsme stanovili meze velikosti měrného odporu ϱ , odpovídající známým a ověřeným litologickým typům v dané oblasti (tab. 1). Na základě doplňujících VES mezi sousedními vrty bylo možno sestavit věrohodný geologický řez.

Opěrná odporová měření u vrtů je v některých případech účelné doplňovat jednoduchou seizmickou sondáží pomocí refrakčně seizmické aparatury, a to zvláště tam, kde zajiřování nebo zvodnění stírá rozdíly v měrných odporech vrstev, přičemž rozdíly v rychlostech elastických vln mohou být výrazné.

Na obr. 1 jsou uvedeny dvě ukázky výsledků opěrných a seizmických měření z oblasti glaciálních sedimentů na Ostravsku a z oblasti kvartérních uloženin Záhorské nížiny. U vrtu V-15 jsou výrazná odporová rozhraní v dobré relaci s ostrými litologickými rozhraními. Výsledky odporových měření, která zde měla charakter vertikálního mikrosondování, ukazují ve svrchní části vrtu na několik odporově odlišných prostředí, která nebylo možno vzhledem k neostrým rozhraním, a pravděpodobně i vzhledem ke způsobu výnosu vzorků, litologicky dokumentovat. Refrakčně seizmickým měřením byla ověřena výrazná litologická rozhraní.



Obr. 1. Vrt V-15

1 — spráše hlíny, 2 — štěrkopisky, 3 — křemité pisky, 4 — neogenní vápnité pisky

Vrt V-11

1 — písčité hlína, — písek hrubozrnný s drobným štěrkem, 3 — hlína tuhá, pevná, 4 — písek středně a slabě prachovitý

Abb. 1. Bohrung V-15

1 — Loesslehm, 2 — Schotterande, 3 — Quarzsande, 4 — Neogene Kalksande

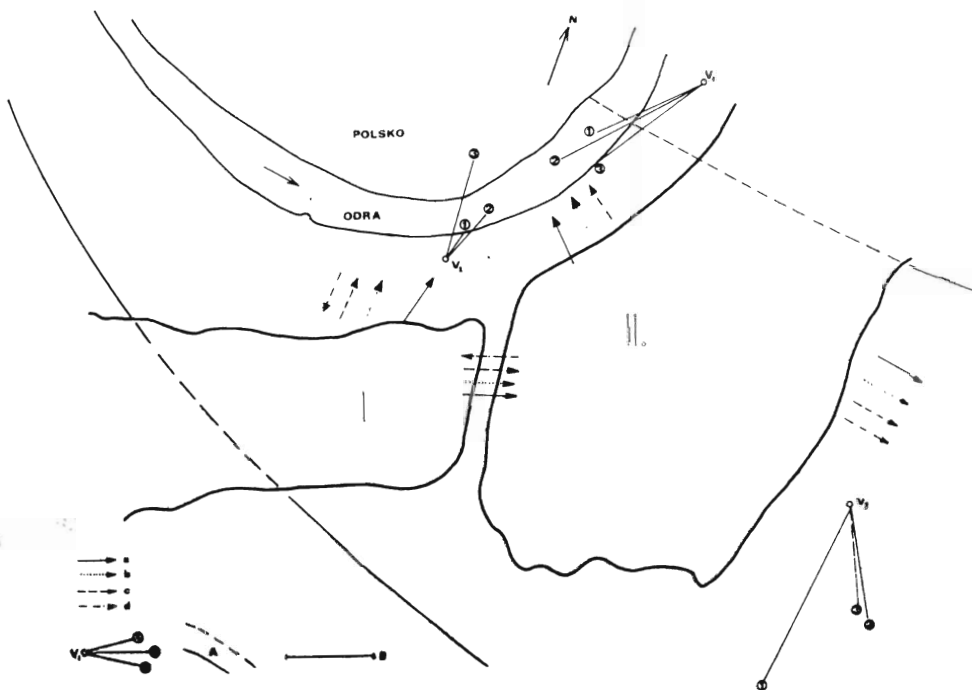
Bohrung V-11

1 — Sandiger Lehm, 2 — Grobkörniger Sand mit feinem Schotter, 3 — Kompakter, fester Lehm, 4 — Mittel und schwachstaubiger Sand

Sledování dynamiky podzemní vody pomocí geofyzikálních metod

K získání údajů o hydrofyzikálních vlastnostech provrtávaných horizontů a hydrogeologickém režimu podzemních vod byla propracována metodika komplexní karotáže vrtů. Tímto způsobem lze sledovat dynamiku podzemní vody, místa přítoků a některé fyzikální vlastnosti vod (S. MAREŠ 1972a, b, P. PETER — J. HULLA — J. RAVINGER 1972).

Komplexní karotáže se používá většinou jen v hlubších vrtech, zatímco u mělkých průzkumných vrtů se s ní setkáváme jen ojediněle — např. při kontrole těsnosti injekční clony ve vrtech a přehradních profilech apod. (Z. TKANÝ — V. VALTR 1972, V. VALTR — M. CIGÁNEK 1972).



Obr. 2. Směry filtrace podzemní vody podle hydrogeologického průzkumu (8)
a — 11. 9. 1968 b — 22.—23. 10. 1968 c — 30. 4. 1969 d — 16.—18. 6. 1969
Rychlosti a směry proudění podzemní vody podle geofyzikálního měření (4)
1—6.—15. 5. 1969 2—13.—17. 6. 1969 3—2.—7. 10. 1969
A — okraje subglaciálního koryta podle výsledků geofyzikálního průzkumu (8)
B — rychlost proudění 0,05 m/hod.
I, II — štěrkopiskovny

Abb. 2. Richtunge der Filtrierung des Grundwassers nach der hydrogeologischen Erkundung (8)
a — 11. 9. 1968 b — 22.—23. 10. 1968 c — 30. 4. 1969 d — 16.—18. 6. 1969
Geschwindigkeiten und Richtungen der Grundwasserströmung nach geophysikalischen Messungen (4)
1—6.—15. 5. 1969 2—13.—17. 6. 1969 3—2.—7. 10. 1969
A — Ränder des subglazialen Strombettes nach den Ergebnissen der geophysikalischen Erkundung (8)
B — Stömungsgeschwindigkeit 0,05 m/Stunde
I, II — Schottergruben

Při plošném hydrogeologickém průzkumu s větším počtem vrtů je nutno aplikovat některou jednoduchou metodu pro sledování dynamiky, zejména směru a rychlosti proudění podzemní vody.

Pro tento účel je vhodná metoda vetknuté sondy (nabitého tělesa), která poskytuje poměrně přesné výsledky (K. MÜLLER — P. BLÁHA 1972). Tuto metodu je vhodné doplňovat konduktometrickým měřením pro stanovení koeficientu filtrace (H. KRUŽÍK 1968).

Na obr. 2 jsou zobrazeny výsledky měření směrů a rychlosti proudění podzemní vody v okolí šterkopískoven u Starého Bohumína, kde měly být ověřeny filtrační poměry mezi šterkopískovnami a vodárenskými objekty v blízkosti vrtu V_3 .

Na vrtech V_1 , V_2 , V_3 bylo použito metody vetknuté sondy, která poskytla přesné údaje o proudění při různých režimech čerpání ve šterkopískovnách.

Při větším počtu takto proměřených vrtů a studní je možno upřesnit mapu hydroizohyps zkoumané oblasti a sestavit mapu středních rychlostí proudění podzemní vody.

Závěr

V předložené práci podáváme možnosti využití aplikace některých jednoduchých geofyzikálních metod v mělkém hydrogeologickém průzkumu. Poukázali jsme pouze na přínos při litologickém členění, na možnost nahrazení zahušťovacích vrtů odporovými sondami i na možnosti sledování směru a rychlosti filtrace.

Domníváme se na základě získaných poznatků při hydrogeologickém i inženýrsko-geologickém průzkumu, že alespoň tato jednoduchá geofyzikální dokumentace by měla být nedílnou součástí komplexního průzkumu hydrogeologických rajónů.

Doručené 18. 3. 1974

Odporučil I. Mucha

Literatura

- KRUŽÍK, H. 1968: Určování koeficientu filtrace hornin nálevovou metodou. Manuskript — Závěr. zpráva GPUP Hamr, 46 s.
- MAREŠ, S. 1972a: Význam karotáže pro řešení hydrogeologických problémů. Sbor. konf. O využití geofyziky v inž. geol. a hydrogeologii, díl I (Brno), s. 129—148.
- MAREŠ, S. 1972b: Karotáž hydrogeologických vrtů ve středočeském karbonu a české křídě. Sbor. konf. O využití geofyziky v inž. geol. a hydrogeol., díl II (Brno), s. 275—308.
- MÜLLER, K. — BLÁHA, P. 1972: Některé výsledky geofyzikálního sledování pohybu podzemní vody. Sbor. konf. O využití geofyziky v inž. geol. a hydrogeol., díl I (Brno), s. 149—168.
- MÜLLER, K. — MÜLLEROVÁ, J. — VILŠER, M. — BLÁHA, P. 1972: Racionální komplex hydrogeologického průzkumu na Ostravsku. Sbor. konf. O využití geofyziky v inž. geol. a hydrogeol., díl I (Brno), s. 181—201.
- MÜLLER, K. — MÜLLEROVÁ, J. — VILŠER, M. 1972: Hydrogeologický průzkum glaciálních sedimentů na Hlučínsku. Sbor. věd. prací Vys. šk. báň. v Ostravě, Ř. horn. — geol., 18, č. 3, s. 99—110.
- PETER, P. — HULLA, J. — RAVINGER, J. 1972: Možnosti použitia rádionuklidovej zriedovacej metódy sledovania pohybu podzemnej vody v hydrogeologickom prieskume. Sbor. konf. O využití geofyziky v inž. geol. a hydrogeol., díl I (Brno), s. 253—271.
- ŘEZÁČ, B. — SEDLÁK, M. 1970: Hydrogeologický a hydrochemický posudek jímacího území ve Starém Bohumíně z hlediska jeho ochrany. Manuskript — Ostrava, 21 s.
- TKANÝ, Z. — VALTR, V. 1972: Kontrola těsnosti injekčních clony nálevovou zkouškou. Sbor. konf. O využití geofyziky v inž. geol. a hydrogeol., díl I (Brno), s. 305—318.
- VALTR, V. — CIGÁNEK, M. 1972: Geofyzikální měření ve vztahoměřných vrtech na vodním díle Šance. Sbor. konf. O využití geofyziky v inž. geol. a hydrogeol., díl I (Brno), s. 329—343.

Zusammenfassung

In vorliegender Arbeit beschäftigen wir uns mit Möglichkeiten einer Ausnutzung der Applikation einiger einfacher geophysikalischer, besonders geoelektrischer Methoden in seichter hydrogeologischer Untersuchung, und zwar vor allem vom Gesichtspunkt der Präzisierung der lithologischen Dokumentation des seichten hydrogeologischen Bohrungen und vom Gesichtspunkt der Verfolgung einiger hydrophysikalischer Parameter.

Um eine physikalische Detailgliederung zu gewinnen, ist es nötig eine Stützwiderstandstiefsondierung bei den Bohrungen in Kreuz- oder Strahlanordnung durchzuführen. Auf Grund dieser Resultate kann eine den einzelnen lithologischen Horizonten entsprechende physikalische Typologie zusammengesetzt und dann die horizontale und vertikale Korrelation zwischen den Bohrungen vorgenommen werden.

Aus den hydrophysikalischen Parametern können mit Hilfe der Methode des geladenen Körpers die Richtung und die mittlere Geschwindigkeit der Strömung des Grundwassers verfolgt werden.

Die Ergänzung der direkten Untersuchungsarbeiten mit einfachen geophysikalischen Methoden erhöht wesentlich die Effektivität der seichten hydrogeologischen Untersuchung.

Pokračovanie recenzie zo str. 212.

Autor celé práce je původcem nového paleofloristicky podloženého členění stefanu, v němž navrhl zavést a na mezinárodním fóru dodatečně i prosadit nový stupeň kantabr. Podkladem k tomu právě byla autorova dlouholetá práce ve španělském svrchním karbonu. V pánvi Cinera-Matallana sbíral R. H. Wagner flóru spodního a středního stefanu B. Jeho sběry jsou sice bohaté (dosud 8000 vzorků), přece jen však nedosahují množství vzorků sebraných za dlouhá desetiletí v středofrancouzských pánvích Decazeville a Carmaux, které se považují za klasický výskyt podstupně stefan B (15 až 20 tisíc vzorků). Na druhé straně ovšem tyto sběry umožňují Wagnerovi s dostatečnou jistotou stanovit paleogeobotanické rozdíly mezi těmito „limnickými“ pánvemi a pánví Cinera-Matallana. Tyto rozdíly, dostatečně známé mezi mnoha „limnickými“ pánvemi střední Evropy, mají velký význam pro řešení orografických a klimatických poměrů v areálu Variscid. Makroflóra pánve Cinera-Matallana se podle autora odlišuje zejména relativním bohatstvím Lepidodender a fertilních kapradin, chyběním středoevropského vřdčího druhu *Odontopteris subcrenulata*, převahou významného druhu *Neuropteris ovata* (ve střední Evropě dlouho mylně považovaného za vřdčí fosilii pro westfal D), relativně chudým výskytem tzv. mezofilních (= xerofilních) prvků aj. Autor tyto zvláštnosti vysvětluje paleogeografickou pozicí pánve, která byla plošně rozsáhlá a rozkládala se sice intermontánně, ale v blízkosti moře.

Další mezinárodně významnou prací v recenzovaném sborníku je studie R. H. Wagnera a W. J. Varkera. Třebaže jde jen o detailní litologický a litofaciální popis profilů v měřítku 1 : 100 a o seznamy fosilií z jednotlivých komplexů profilů, je dosah práce mimofádný. Jde totiž o profily přes rozhraní westfal D-stefan, z nichž jeden byl nově mezinárodně uznán za stratotyp pro bázi nejlubšího stupně stefanu — pro kantabr. Původně byl tento stratotyp sta-

noven u lokality Tejerina v jižní Palencii ve vrstvách sice bohatých na fosilní flóru, ale chudých na mořské vložky. Nový stratotyp u La Ojosa v sev. Palencii je stanoven uvnitř nepřerušené série westfálsko-stefanských sedimentů mocné 5000 m a bohaté jak na vložky mořských vápenců s faunou, tak i na komplexy kontinentálního vývoje s dobovatelnými uhelnými slojemi. Rozbory sebrané fauny a flóry umožnily autorům dobrou korelaci zmíněné série nejen s „limnickými“, sedimenty střední umožnily autorům dobrou korelaci zmíněné jen za pomoci detailní profilace (možnost heteropických facií!).

Podle rozhodnutí ICS se klade rozhraní westfal-kantabr do báze 90 m mocného mořského vápence Lores, který má v podloží kontinentální vrstvy se souslojím svrchní Casavegas (makroflóra westfalu D) a v nadloží kontinentální usazeniny se souslojím Arenos (makroflóra kantabru).

Poslední obecně významnou prací recenzované publikace jsou články A. Ramovše a C. F. Winkler-Prinse o korelaci mimošpanělských svrchnokarbonských marinních faun s poměry ve Španělsku. Je nyní zřejmé, že fauna mořského spodního karbonu Španělska má mnoho společných prvků s izochronní faunou Záp. Evropy, nikoliv však s faunou Alp nebo SSSR. Naproti tomu je ve španělské svrchnokarbonské fauně nemálo prvků alpského a hlavně sovětského mořského svrchního karbonu, takže se stratigrafie španělských vrstev musí opírat o mezinárodní dělení užívané v SSSR.

Zbývající práce jsou zaměřeny geologicky a paleontologicky. Geologické mají lokální zaměření — prokazují např. existenci karbonských vrásových příkrovů v severovýchodní Palencii, popisují litologii westfálských marinních vápenců z prodeltového prostředí v kantaberské pánvi apod. Paleontologické se týkají popisu nových druhů karbonských trilobitů a goniatitů a sledu makroflóry westfalu D v kantaberské pánvi.

Václav Havlena

Zásady navrhovania a dokumentácie čerpacích skúšok

(9 obr. v texte)

IGOR MUCHA *

Принципы проектирования и документации опытных откачек

Ход опытной откачки характеризует водоносный горизонт и его краевые условия. Методы интерпретации откачки, точность и качество результатов зависят от проектирования, проведения и документации. От этого зависит тоже возможность прямого использования теории поля и потенциала при практических гидрогеологических расчетах и решениях задач.

В статье предложены в дискуссию основные принципы проектирования и документации опытных откачек, исходящие из закономерностей нестационарного течения воды к опытным скважинам.

Čerpacia skúška je hydraulický zásah do zvodneného prostredia, ktorým sa testujú hydraulické parametre zvodneného prostredia a jeho okrajové podmienky. Pretože v zvodnenej vrstve platia zákonitosti teórie poľa a potenciálu, možno čerpaciu skúšku študovať samostatne ako čiastkové riešenie (keď prúdenie vyhovuje lineárnej parciálnej diferenciálnej rovnici) Laplaceovej, rovnice, t. j. oddelene od vlastného režimu zvodnenej vrstvy. Na zjednodušenie interpretácie priebehu čerpacej skúšky v celom priebehu alebo v určitých časových intervaloch navrhujeme čerpacie skúšky:

- s konštantným čerpaným množstvom alebo
- s konštantným znížením vo vrte.

Čerpacie skúšky s konštantným čerpaným množstvom sú najvýhodnejšie, pretože zjednodušujú čerpaciu skúšku na hodnotenie zníženia hladiny vody v čase a priestore. Preto sa ďalej zaoberáme len nimi.

Čerpacie skúšky s konštantným znížením potrebujú na hodnotenie merať čerpané množstvo vody (prietok) v priestore a čase, čo na pozorovacích vrtoch nemožno dôsledne urobiť (prietok cylindrickou plochou cez pozorovací vrt nemožno merať tak jednoducho ako zníženie). V niektorých prípadoch, napr. pri voľnom výtoku vody nad terén, je ich použitie výhodné.

Určenie optimálnej vzdialenosti pozorovacích vrtov a piezometrov

Použitie Theisovej rovnice na hodnotenie čerpacej skúšky podmieňuje dĺžka trvania čerpacej skúšky, vzdialenosť pozorovacieho vrtu od čerpaceho vrtu (alebo polomer čerpa-

* RNDr. Igor Mucha, CSc., Katedra inžinierskej geológie a hydrogeológie PF UK, Gottwaldovo nám. 2, 80 000 Bratislava.

ného vrtu) a pomer hodnôt T/S . Najvýhodnejšia vzdialenosť pozorovacieho vrtu, na ktorom sa meria zníženie hladiny, od čerpaceho vrtu na hodnotenie čerpacej skúšky pre rozličné hodnoty S a T , ktoré sa predpokladajú pred začiatkom vrtných prác, ak skúška trvá

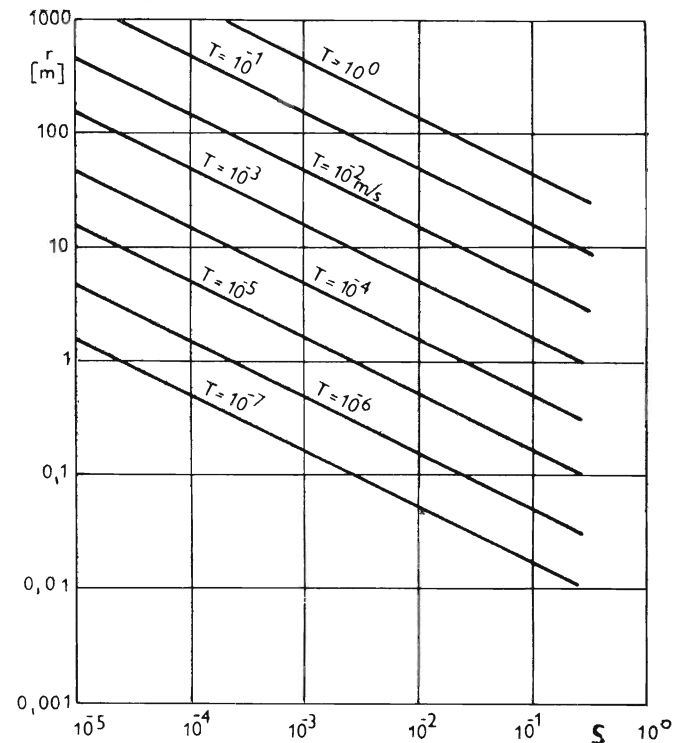
najmenej jeden deň, je vyjadrená na obr. 1 (MUCHA 1973). Na hodnotenie pozorovacích vrtnov vo väčšej vzdialenosti, ako udáva obr. 2, treba čerpaciu skúšku predĺžiť, a to pri zvodnených vrstvách neovplyvnených okrajovou podmienkou, aspoň na čas približne

$$t = S r^2 / T, \quad (1)$$

keď podľa zákonitostí Theisovej rovnice začne hladina vody klesať. Na grafické hodnotenie podľa typových kriviek alebo zjednodušeným riešením treba čerpaciu skúšku predĺžiť tak, aby sa grafický záznam mohol zhodnotiť, a to do času približne až

$$t = 100 S r^2 / T. \quad (2)$$

Pri pozorovacích vrtoch s menšou vzdialenosťou od čerpaceho vrtu, ako udáva obr. 1,



Obr. 1. Určenie optimálnej vzdialenosti pozorovacieho vrtu

Fig. 1. Determination of optimum distance of the observation borehole

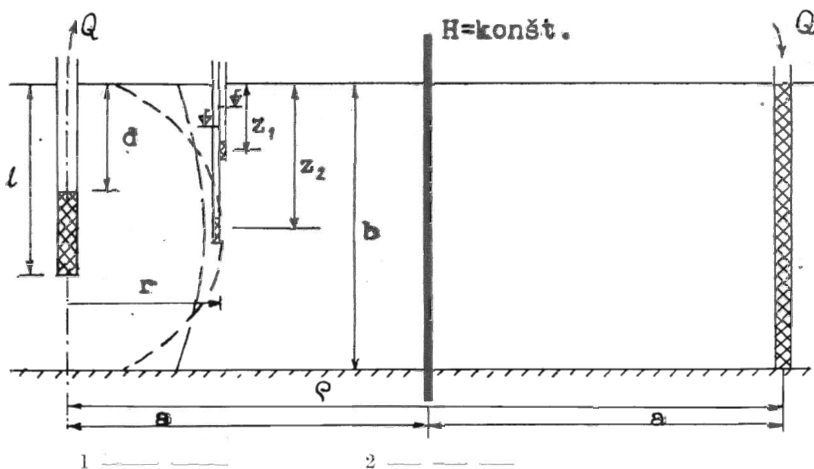
nemožno čerpaciu skúšku skrátiť, pretože je ohraničená prvým meraním zníženia od začiatku čerpania (asi 30 s až 1 min). Okrem toho sa v počiatočnej fáze čerpania prejavuje nekonštantnosť čerpaného množstva, odchýlka od Theisovej rovnice ap. Dlhé čerpacie skúšky môže zase ovplyvniť režimné kolísanie hladiny podzemnej vody, čo v niektorých prípadoch môže sťažiť grafické zaznamenávanie zníženia v závislosti od času.

Stanovenie uloženia filtračnej časti pozorovacích vrtnov

Uloženie filtračnej časti pozorovacích vrtnov závisí predovšetkým od cieľa prieskumu.

Na výpočet zásob podzemnej vody a odvodňovania sa pozorovacie vrty budujú tak, aby sa dali priamo použiť zákonitosti teórie poľa a vzájomne sa ovplyvňujúcich vrtnov. Dĺžka a uloženie filtračnej časti pozorovacích a čerpacích vrtnov, ako i typ zabudovania sa navrhujú tak, aby sa podobali prevádzkovým vrtnom, prípadne sa už ako prevádzkové vrty budujú.

Na určenie filtračnej anizotropie a vrstvovej heterogenity sa budujú neúplné čerpa-



1. izolínia zníženia piezometrického tlaku v izotropnej zvodnenej vrstve 2. izolínia zníženia piezometrického tlaku v anizotropnej zvodnenej vrstve

Obr. 2. Prúdenie k neúplnému vrtu v anizotropnej zvodnenej vrstve blízko okrajovej podmienky $H = \text{konšt.}$

Fig. 2. Flow to the incomplete borehole in anisotropic aquifer near to marginal condition $H = \text{const.}$

cie vrtu minimálne s dvojicami piezometrov s krátkou filtračnou časťou (1—3 m) umiestňovanou do hĺbky stredu filtra čerpaceho vrtu a do hĺbky nad a pod filter (čerpaceho vrtu, obr. 2).

Návrh čerpaného množstva

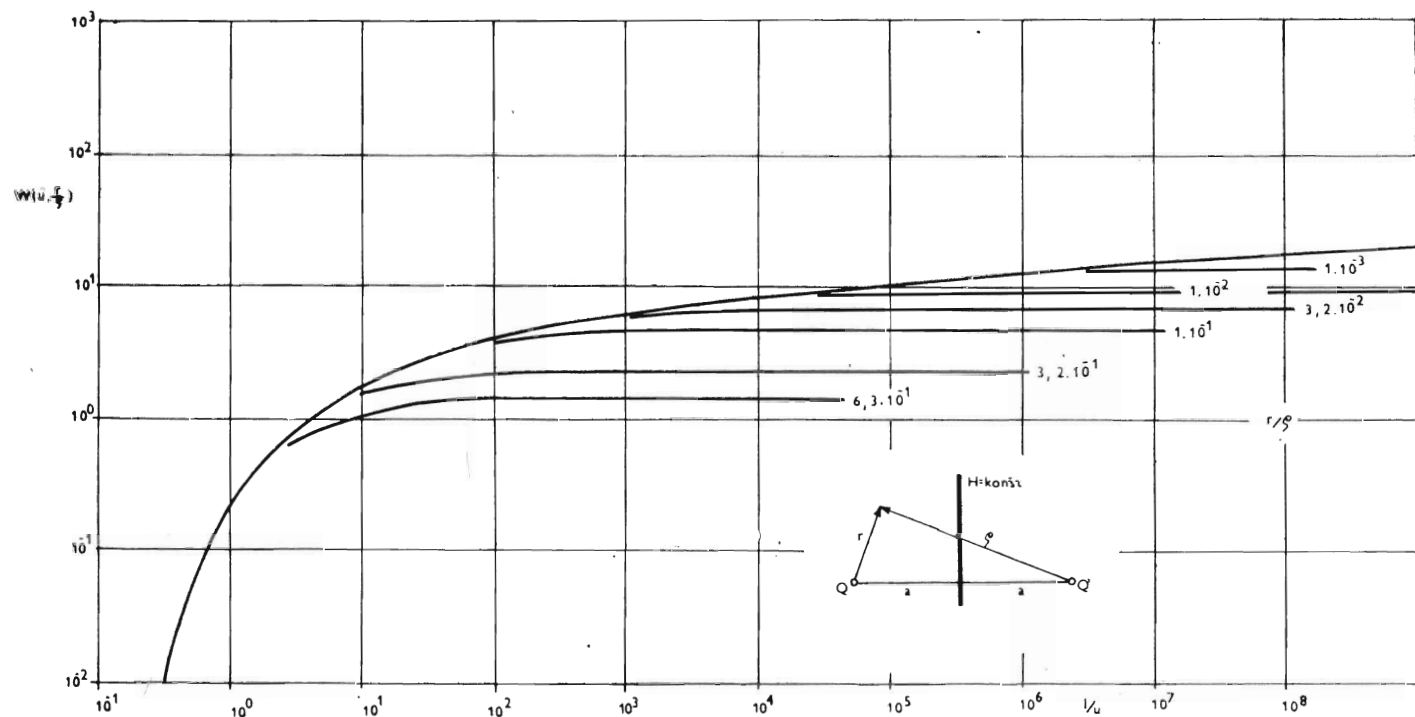
Návrh čerpaného množstva by mal vychádzať z predchádzajúceho odpískovania studne alebo z čerpacej skúšky so stupňovitým zvyšovaním (zmenou) čerpaného množstva (I. MUCHA 1972). Musí sa čerpať také množstvo, aby vyvolávalo na pozorovacom vrte zníženie zodpovedajúce aspoň desaťnásobku presnosti merania hladiny. Na meranie píšťalou na vzdialenosť pozorovacieho vrtu určenú podľa obr. 1 sa minimálna výdatnosť čerpaného vrtu navrhuje podľa predpokladanej hodnoty T podľa vzťahu

$$Q = 0,2 T \quad (\text{m}^3/\text{s}). \quad (3)$$

Takto určené čerpané množstvo môže vo veľmi priepustných horninách vyvolávať turbulentné prúdenie na plášti vrtu, čo treba vyskúšať stupňovitou čerpacou skúškou.

Vplyv okrajovej podmienky na návrh čerpacej skúšky

Na priebeh čerpacej skúšky vplyvajú vo veľkej miere okrajové podmienky (rieka, nepriepustné ohraničenie, infiltrácia, pretekánie ap.). Treba si uvedomiť, že priebeh čerpacej skúšky je zo začiatku vždy neustálený a ustáli sa len pod vplyvom niektorej okrajovej podmienky (obr. 3, 4). Okrajové podmienky sú rozhodujúce i pri výpočte zásob podzemnej vody a často i pri odvodňovaní. Vplyv okrajovej podmienky sa odrazí na čerpacej skúške až potom, keď depresný kužel dosiahne príslušné ohraničenie. Vplyv okrajovej podmienky možno rozoznať graficky asi po jednom logaritmickom cykle od začiatku vlastného vplyvu.



Obr. 3. Typové krivky pre poloohraničenú zvodnenú vrstvu s lineárnou hranicou $H = \text{konšt.}$

Fig. 3. Type curves for half — delimited aquifer with linear boundary $H = \text{const.}$

Ak depresný kužeľ dosiahne okrajovú podmienku v čase

$$t = \frac{(2a)^2 S}{2,246 T}, \quad (4)$$

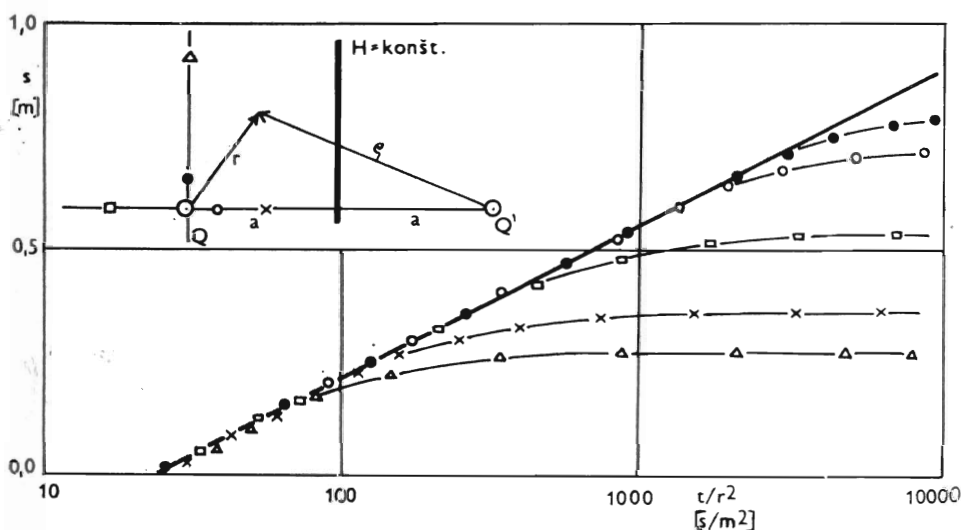
potom na určenie vplyvu okrajovej podmienky potrebujeme čas

$$t = \frac{5 (2a)^2 S}{T}. \quad (5)$$

Z toho tiež vyplýva, že ak ukončíme čerpaciu skúšku a porovnaním s typovými krivkami alebo zjednodušeným riešením nezistíme vplyv okrajovej podmienky, potom do vzdialenosti R , ktorú vypočítame podľa rovnice

$$R = 0,25 \sqrt{\frac{T t}{S}}, \quad (6)$$

iste neexistuje okrajová podmienka.

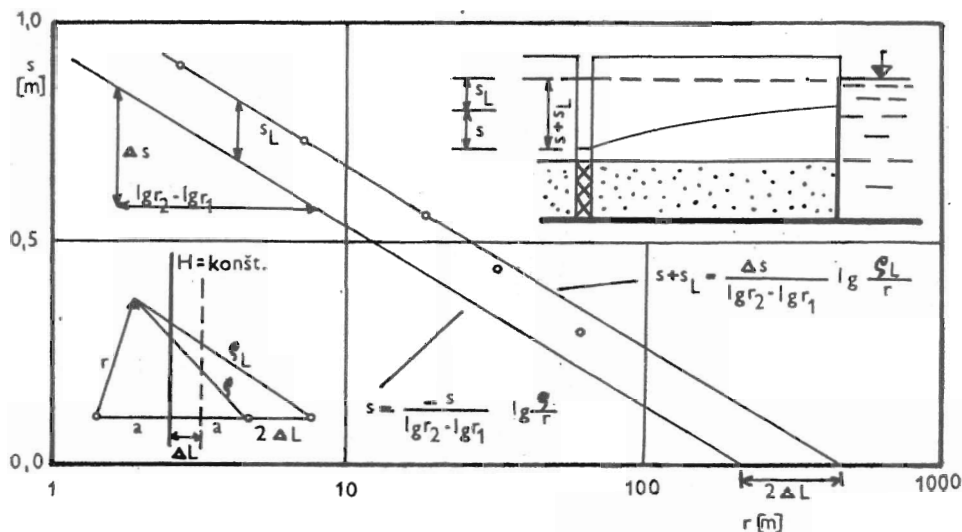


Obr. 4. Krivky čerpacej skúšky s okrajovou podmienkou $H = \text{konšt.}$ v závislosti od rozmiestnenia pozorovacích vrtov.

Fig. 4. Curves of pumping test with marginal condition $H = \text{const.}$ in dependence on distribution of observation boreholes

Ak chceme určiť vplyv okrajovej podmienky, potom čas čerpania potrebný na toto určenie je daný rovnicou (5). Keď zvolíme čas trvania čerpacej skúšky vopred, potom z rovnice (5) môžeme vypočítať potrebnú vzdialenosť čerpaceho vrtu od okrajovej podmienky, do ktorej prieskumný vrt situujeme. Pri viacerých okrajových podmienkach platí zákon superpozície ich jednotlivých vplyvov v časovom slede podľa zákona časov (I. MUCHA 1973).

Ak treba stanoviť vplyv kolmatácie a vplyv neúplnosti okrajovej podmienky $H = \text{konšt.}$, treba čerpaciu skúšku predĺžiť až do ustáleného stavu (obr. 5).



Obr. 5. Vplyv neúplnosti okrajovej podmienky na zníženie pri stacionárnom prúde.
Fig. 5. Influence of incompleteness of marginal condition on lowering with stationary flow.

Hygienické hľadisko trvania čerpacej skúšky

Z hygienického hľadiska má čerpacia skúška preukázať kvalitu podzemnej vody. Čerpacia skúška má trvať tak dlho, aby podzemná voda už pri vytvorenej depresii prítiekla k studni zo vzdialenosti stanovenej hygienickou službou, alebo aby sa preukázalo, či nejaký objekt vplýva na hygienickú kvalitu podzemnej vody. Čas potrebný na to, aby pri pôvodne vodorovnej hladine prítiekla podzemná voda k záchytnému zariadeniu zo vzdialenosti a , sa určí pri stacionárnom prúde a už vytvorenom depresnom kuželi vzťahom

$$t = \frac{\pi h_{\text{str}} \mu (a^2 - r_0^2)}{Q} = \frac{\pi h_{\text{str}} \mu a^2}{Q} \quad (7)$$

V prípade, že je hygienické hľadisko dané tzv. časom zdržania podzemnej vody, možno z rovnice (7) určiť, ako vzdialenosť tejto podmienky vyhovuje. Podobne postupujeme aj pri inom ako radiálnom prúde podzemnej vody.

Počet a situovanie čerpacích a pozorovacích vrtov

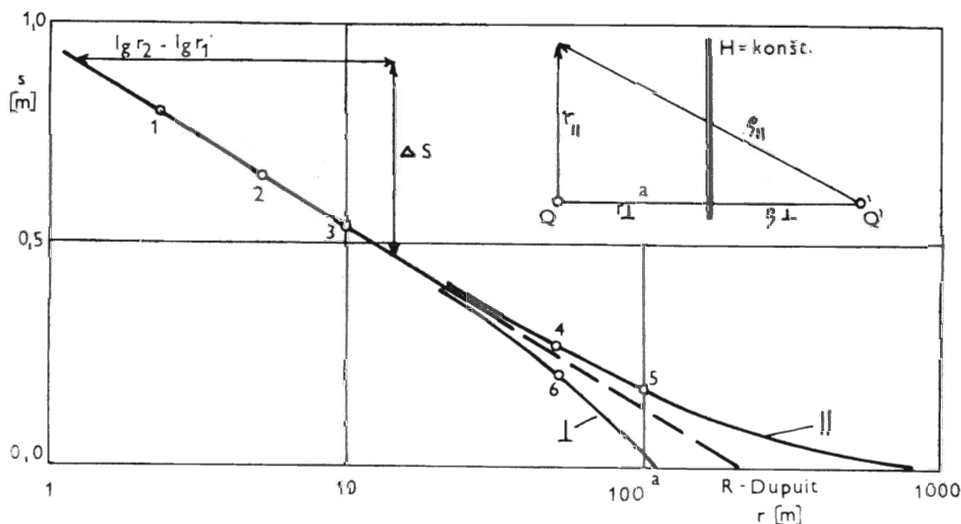
Pri hydrogeologickom prieskume sú zvyčajne dve rozdielne požiadavky:

- prieskum zvodneného prostredia na vodárenské ciele,
- prieskum zvodneného prostredia na inžinierske ciele (spravidla odvodňovanie).

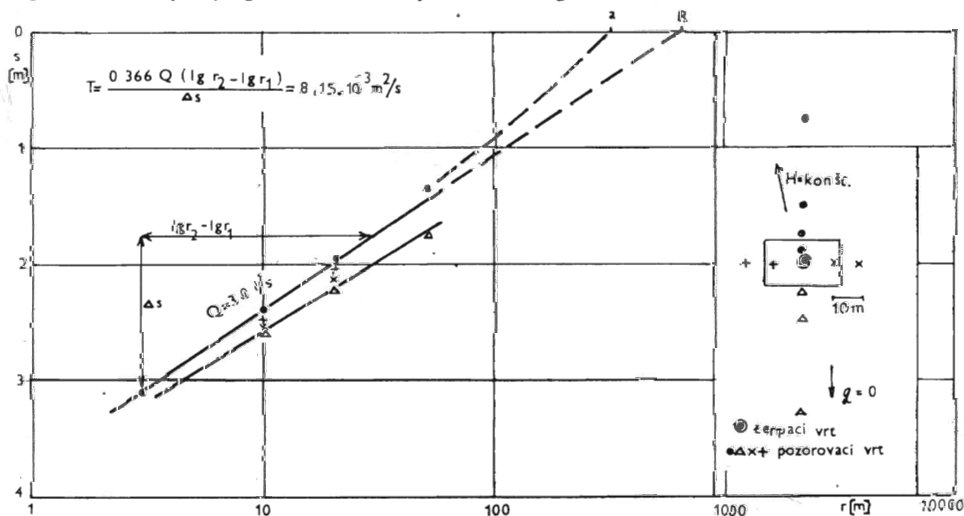
V prvom prípade je cieľom prieskumu získať kvalitnú podzemnú vodu v čo najväčšom množstve a pri minimálnom narušení prírodných podmienok zvodnenej vrstvy.

V druhom prípade ide naopak o úsilie čo najviac znížiť hladinu podzemnej vody pri minimálnom čerpanom množstve.

Pri prieskume na vodárenské ciele sa usilujeme situovať čerpacie a pozorovacie vrty tak, aby sa dala určiť závislosť zníženia od vzdialenosti a čerpaného množstva (obr. 6). To značí, že pozorovacie vrty situujeme v rade pozdĺž okrajovej podmienky $H = \text{konšt.}$ alebo $q = \text{konšt.}$ a kolmo na podmienku $q = 0$. Vzdialenosti pozorovacích vrtov od čerpaceho vrtu volíme tak, aby v logaritmickej mierke dĺžok rovnomerne vystihli zníženie. V jednoduchých hydrogeologických podmienkach sú na to potrebné najmenej dva pozorovacie vrty.



Obr. 6. Krivka čerpacej skúšky — stacionárny stav — okrajová podmienka $H = \text{konšt.}$
Fig. 6. Curve of pumping test — stationary state — marginal condition $H = \text{const.}$



Obr. 7. Spôsob navrhnutia a hodnotenia hydrogeologického prieskumu na odvodňovanie stavebnej jamy.
Fig. 7. Mode of suggesting and evaluation of hydrogeological exploration for drainage of the building pit.

Na určenie filtračných parametrov medzi čerpaným vrtom a okrajovou podmienkou $H =$ = konšt. použijeme piezometre v smere k tejto podmienke. Na určenie vzájomného vplyvu čerpacích vrtov je výhodné použiť dvojicu čerpacích vrtov vo vzdialenosti určenej podľa obr. 1 alebo podľa vodárenského zámeru. Väčší počet pozorovacích vrtov spresní priebeh požadovaných závislostí — zníženia na vzdialenosti — a priestorové usporiadanie pozorovacích vrtov (hydrogeologický kríž) poukáže na prípadné zmeny v prietochnosti skúmanej oblasti.

V prípade hydrogeologického prieskumu na odvodňovanie je najvýhodnejšie umiestniť čerpací vrt na miesto s požadovaným maximálnym znížením a pozorovacie vrty rozmiestniť tak, aby aspoň ich časť bola v miestach vhodných na umiestnenie definitívnych odvodňovacích zariadení (obr. 7). Na určenie závislosti zníženia od vzdialenosti sú zase potrebné minimálne dva pozorovacie vrty v rozdielnej vzdialenosti od čerpaného vrtu, ako je to znázornené na obr. 7.

Merania počas čerpacej skúšky

Počas čerpacej (stúpacej) skúšky meriame zníženie a výdatnosť v čase. Merania začíname pred čerpacou skúškou tak, aby sme vystihli prírodný režim podzemnej vody na určovanie zníženia počas vlastnej skúšky. Okrem hladiny (tlaku) a výdatnosti sa meria aj atmosférický tlak, ktorý môže vo veľkej miere ovplyvniť zníženie počas čerpacej skúšky. Intervaly merania volíme podľa požadovanej presnosti výsledkov, prírodného režimu, technických možností ap. Intervaly merania zníženia volíme hlavne na začiatku, na konci a pri každej zmene čerpaného množstva tak, aby sme túto časť skúšky mohli dobre znázorniť graficky v logaritmickej mierke času. Prvé meranie po začatí, ukončení alebo zmene čerpaného množstva volíme v čo najkratšom čase, minimálne po 1 min od začiatku čerpania (ap.). Dôležité je upozorniť, že intervaly nemusia byť pravidelné a vopred predpísané, ale že musí súhlasiť čas merania zaznamenaný v protokole o čerpacej skúške so skutočným časom, keď bolo príslušné zníženie namerané.

Iné merania (teploty, pH ap.) vykonávame podľa cieľa prieskumu, pričom zaznamenávame vždy skutočný čas merania.

Základná dokumentácia čerpacej skúšky

Okrem písomného záznamu o čerpacej skúške (protokol o čerpacej skúške) na jej interpretáciu a znázornenie priebehu treba priebeh čerpacej skúšky znázorniť graficky. Na to je výhodné použiť logaritmické a semilogaritmické grafické znázornenie, ktoré možno hodnotiť priamo, interpretovať vplyv okrajových podmienok a ďalej transformovať do požadovaného výsledného riešenia. V zásade ide o vyjadrenie závislosti zníženia od času a vzdialenosti, a to v logaritmickej mierke (I. MUCHA 1973):

$\lg s$ oproti $\lg t$, $\lg t/r^2$, $\lg 1/r^2$,

kde pre všetky uvedené typy znázornenia platia tie isté typové krivky a rovnica

$$s = \frac{Q}{4\pi T} [W(u, x)], \quad (8)$$

v ktorej je x parameter okrajovej podmienky;

a v semilogaritmickej mierke;

s oproti $\lg t$, $\lg t/r^2$, $\lg 1/r$, alebo $\lg r$,

kde sklon priamkových častí kriviek čerpacích skúšok je vo vzťahu

$$i = \frac{\Delta s}{\lg t_2 - \lg t_1} = \frac{\Delta s}{\lg \left(\frac{t}{r^2} \right)_2 - \lg \left(\frac{t}{r^2} \right)_1} = \frac{\Delta s}{\lg r_2^2 - \lg r_1^2} = \frac{\Delta s}{2 (\lg r_2 - \lg r_1)} =$$

$$= \frac{\Delta s}{2 \lg \frac{r_2}{r_1}} \quad (9)$$

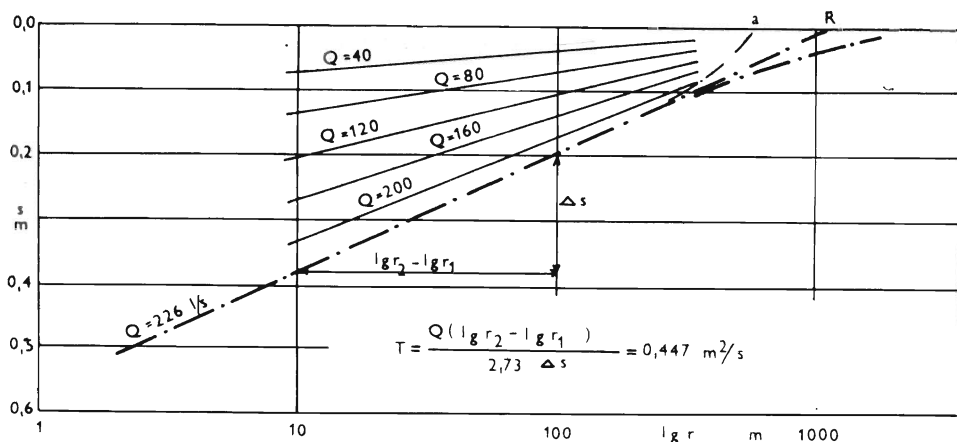
(Dupuit — Thiemovo riešenie pre kvázistacionárny stav pre dva pozorovacie vrtu)
a

$$T = \frac{0,1832 Q}{i} \quad (10)$$

Dokumentácia čerpacej skúšky podľa cieľa prieskumu

Na charakterizovanie zvodnenej vrstvy ako vodného zdroja pri bežnom hodnotení čerpacej skúšky treba priložiť priebeh depresného kužela pri ustálenom čerpaní v smere od čerpaceho vrtu k okrajovej podmienke a v smere pozdĺž nej v grafickom vyjadrení zníženia s oproti vzdialenosti $\lg r$ a na dokumentovanie vzniku stacionárneho prúdenia aj s oproti $\lg t$. Čiara čerpacej skúšky s oproti $\lg r$, prípadne paleta takýchto čiar pre rozličné čerpané množstvo (obr. 8) sa dá priamo použiť na výpočet zásob podzemnej vody metódou superpozície a zákonitostí vzájomne sa ovplyvňujúcich vrtov. Paleta takýchto čiar charakterizuje zvodnené prostredie a zahrňuje vplyv všetkých okrajových a vnútorných podmienok zvodnenej vrstvy.

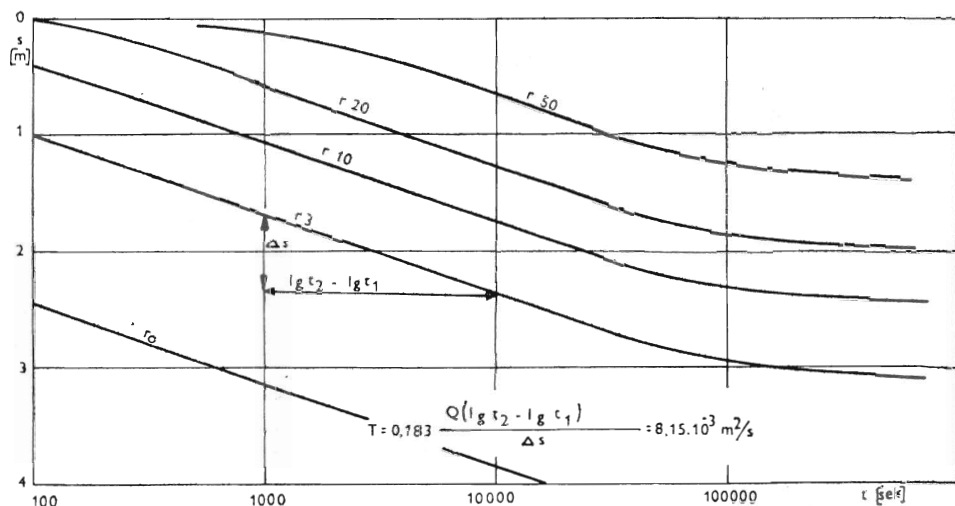
Na charakterizovanie hydrogeologických pomerov zvodnenej vrstvy pri odvodňovaní treba okrem základnej dokumentácie čerpacej skúšky graficky znázorniť závislosť zníženia od vzdialenosti k čerpaciemu vrtu v určitom časovom momente skúšky, najlepšie k jej koncu alebo pri už vzniknutom ustálenom stave (obr. 7). Celkové zníženie je okrem vzdialenosti, čerpaného množstva a filtračných vlastností zvodnenej vrstvy závislé i od času čerpania.



Obr. 8. Paleta čiar čerpacej skúšky s oproti $\lg r$.

Fig. 8. Palette of lines of pumping test s against $\lg r$.

Preto na zhodnotenie čerpacej skúšky treba priložiť i jej grafické znázornenie pre jednotlivé pozorovacie objekty v závislosti s od $\lg t$ (obr. 9). Vzájomným porovnávaním takto transformovaných čerpacích skúšok možno metódou superponovania vplyvov jednotlivých čerpacích studní s rozličnou výdatnosťou a v rozličnom čase odvodňovania zostaviť schému a projekt odvodňovania skúmanej časti zvodnenej vrstvy.



Obr. 9. Hodnotenie časového priebehu čerpacej skúšky pre obr. 7 až do ustáleného stavu v závislosti od $H = \text{konšt.}$

Fig. 9. Evaluation of the time course of pumping test for fig. 7 until the stabilized state in dependence on $H = \text{const.}$

Použité symboly

- a — vzdialenosť od čerpacej studne k okrajovej podmienke v m
- h_{str} — priemerná hrúbka zvodnenej vrstvy v m
- r — vzdialenosť od čerpacej studne v m
- r_0 — polomer čerpacej studne v m
- s — zníženie v m
- S — koeficient storativity
- R — vzdialenosť od čerpacej studne v m, polomer dosahu depresného kužela v m
- t — čas v s
- T — koeficient prietochnosti v m^3/s
- μ — koeficient aktívnej pórovitosti zúčastňujúcej sa na prúde

Doručené 18. 3. 1974

Odporúčil P. Pospíšil

- MUCHA, I. 1972: Čerpacia skúška so stupňovitým zvyšovaním výdatnosti. In: Zborník prác absolventov k 20. výročiu výuky inž. geol. a hydrogeol. Bratislava, s. 115—129.
- MUCHA, I. 1973: Príspevok k racionálnemu navrhovaniu čerpacích skúšok. Acta geol. et geogr. Univ. Comenianae, Geologica, 25 (Bratislava), s. 69—90.
- MUCHA, I. 1973: Zásady racionálneho hydrogeologického prieskumu čerpacími skúškami. [Habilitačná práca.] Archív PF UK, Bratislava, 105 s.

Principles of design and documentation of pumping tests

IGOR MUCHA

The pumping test characterizes the aquifer medium and its boundary conditions. In order to evaluate the pumping test optimally it is necessary to distribute suitably the observation wells and piezometres with correctly selected filter depth, so as to establish adequately the pumping discharge and the duration of the pumping test according to the purpose of the investigation.

The fundamental documentation of a pumping test consists of the graphic expression of its time and space course. The best way how to express the pumping test is by the graphical expression of the draining in dependence on time and distance in logarithmic and semilogarithmic scale.

Niekoľko poznámok k vyčleňovaniu podzemného odtoku

(4 obr. v texte)

LADISLAV MELIORIS*

Quelques remarques à la méthode hydrologique d'écoulement souterrain

L'auteur présente les possibilités et l'importance de l'utilisation de la méthode hydrologique d'écoulement souterrain dans les bassins versants et dans les régions constituées par les roches solides fissurées et karstiques.

Несколько примечаний к выделению подземного стока

Работа вкратце показывает возможности и значение применения гидрогеологических методов — выделение подземного стока при решении гидрогеологических задач в долинах и областях, сложенных твердыми горными породами и трещинной и карстовой проницаемостью.

V príspevku chceme stručne poukázať na možnosti a význam hydrologických metód pri riešení hydrogeologických úloh. Metódou nazývame postup skúmania alebo vo všeobecnom zmysle spôsob na dosiahnutie cieľa. Z praxe vieme, že pri vedeckom poznávaní je nevyhnutné používať rozličné metódy (včítane špeciálnych postupov), ktoré voláme metodikou. V tejto súvislosti si treba uvedomiť, že vzájomné pôsobenie vedných disciplín sa stáva dôležitým faktorom ich vývoja. Aj hydrogeológia a jej metódy bádania úzko nadväzujú na prírodné, matematicko-fyzikálne a technické vedy. Z prírodných vied je to geológia, hydrológia a klimatológia, z matematicko-fyzikálnych hydrodynamika, aplikovaná hydromechanika a meteorológia, z technických vied hydraulika, hydropedológia a časť inžinierskej geológie zaoberajúca sa fyzikálno-mechanickými vlastnosťami hornín a zemín.

Použitím metód prírodných vied možno študovať a poznávať prírodné podmienky, v ktorých nastáva infiltrácia, prúdenie a akumulácia podzemnej vody, ako aj všetky prírodné činitele, ktoré ich ovplyvňujú. Kvantitatívne riešenie na základe dôkladných znalostí prírodných podmienok nám potom umožňujú vykonať matematicko-fyzikálne metódy. Tieto dve časti správneho a úplného riešenia úloh neoddeliteľne súvisia, pričom dôkladná znalosť prírodných podmienok podmieňuje správnosť a presnosť použitia matematicko-fyzikálnych metód.

* Doc. RNDr. Ladislav Melioris, CSc., Katedra inžinierskej geológie a hydrogeológie PF UK, Gottwaldovo nám. 2, 800 00 Bratislava.

Hydrologickým metódam sa u nás venuje zvýšená pozornosť od r. 1963. Metodika hydrologických výpočtov začína byť súčasťou rozličných záverečných správ. Za účelom komplexného riešenia metód hydrogeologického prieskumu predložil v r. 1963 V. PELIKÁN s kolektívom metodiku, ktorá neskôr našla svoje miesto v smerniciach pre výpočty zásob podzemnej vody (1964). O použiteľnosti a aplikácii hydrologických metód v hydrogeológii rokovala IV. metodická hydrogeologická konferencia v Jevanoch v r. 1965. Na stále širšie uplatnenie týchto metód poukázala V. hydrogeologická konferencia v Gottwaldove v r. 1970 a Slovenská hydrologická konferencia v r. 1972 na Štrbskom Plese.

Ďalej venujeme pozornosť niektorým možnostiam aplikácie a použitia hydrologických metód v hydrogeologickom výskume a prieskume. Zameriame sa na ich význam a prínos pri riešení hydrogeologických úloh v oblastiach budovaných pevnými (skalnými) horninami s puklinovou a krasovou priepustnosťou.

Povodie môže geologicky predstavovať homogénny alebo nehomogénny celok (pri veľkých povodiach) s horninami rozličných faciálno-litologických typov, s rozličnými štruktúrno-geologickými a geomorfologickými pomermi, ktoré rozličným spôsobom podmieňujú obeh podzemnej vody v nich, a tým aj jej režim.

Z uvedeného vyplýva, že rovnaké hydrologické a klimatické vplyvy všeobecne formujú rozdielny režim podzemnej vody v závislosti od rozličných geologických pomerov a hydrogeologických podmienok povodia alebo jeho časti. Pritom si treba uvedomiť, že prvotné činitele, dávajúce impulz a dynamiku obehu podzemnej vody v danom horninovom prostredí, sú činitele hydrologické a klimatické. Hydrogeologické vlastnosti horninového prostredia a štruktúrno-geologické pomery ako druhotný, relatívne statický faktor, pôsobenie tohto prvotného impulzu iba modifikujú tým, že urýchľujú alebo spomaľujú obeh podzemnej vody. To platí aj v prípadoch, keď je vplyv hydrologických činiteľov na obeh podzemnej vody oneskorený alebo málo výrazný.

Použitie hydrologických metód v hydrogeologickej praxi pri takto špecifikovaných podmienkach umožňuje riešiť tieto úlohy:

1. Získať základné poznatky o zákonitostiach režimu podzemnej vody povodia, resp. hydrogeologickej štruktúry pomocou primárneho spracovania údajov získaných pozorovaním a meraním v prírode. Takto spracované primárne údaje umožnia v hrubých črtách nepriamo poukázať i na zásoby podzemnej vody.

2. Úlohou vodnej bilancie je z hľadiska určenia zákonitostí zmien zásob podzemnej vody hľadať ich súvislosti s dynamikou zmien zásob vody v atmosfére na povrchu povodia a stanoviť zmeny podielu podzemnej vody v tomto obehu regionálne aj z hľadiska zmien v čase. Je zrejmé, že sa pri využití hydrologickej metódy bilančných výpočtov musí počítať s pomerne dlhším obdobím. To znamená, že z hodnotenia dynamiky zmien obehu podzemnej vody v prírode dostávame celkový obraz o tom, aké činitele v rozhodujúcej miere ovplyvňujú obeh podzemnej vody, ako aj o tom, v akom pomere je objem podzemnej vody zúčastňujúci sa na obehu k ostatným členom bilančnej rovnice.

3. Určiť zásoby podzemnej vody, i využiteľné, metódou hydrologickej bilancie. Táto metóda sa pri výpočte zásob podzemnej vody používa najmä tam, kde podstatná časť podzemnej vody vzniká alebo môže vznikať infiltráciou vody zo zrážok.

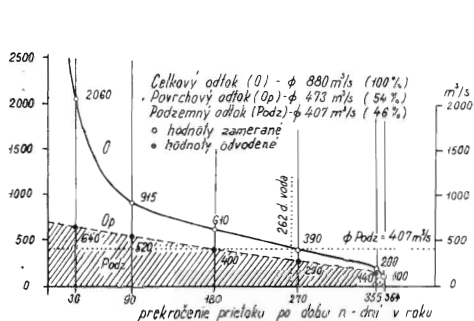
V prípade možnej brehovej infiltrácie sa používajú bilančné metódy len vtedy, ak čerpané množstvo presahuje množstvo možnej brehovej infiltrácie. Čerpatelná zásoba podzemnej vody predstavuje potom to množstvo vody, ktoré môže do zvodnenej vrstvy infiltrovať, teda bez množstva, ktoré odtečie a vyparí sa.

Poznatky získané pomocou hydrologických metód môžu byť východiskom pre ďalšie riešenie laboratórnymi experimentálnymi metódami, analógiou, hydraulickými a matematickými metódami. Hydrologické metódy možno použiť aj pri určovaní zmien zásob pod-

zemnej vody, podielu infiltrácie zrážok pri tvorení zásob podzemnej vody ap. Interpoláciou alebo extrapoláciou sa získavajú potrebné údaje aj na riešenie zložitejších úloh. Nedostatkom týchto metód je ich určitá regionálna ohraničenosť, vyplývajúca z toho, že určené vzťahy medzi jednotlivými hydrologickými a klimatickými činiteľmi platia zvyčajne len pre tie prírodné podmienky, pre ktoré boli stanovené. Bezprostredne ich možno zovšeobecňovať len po overení v analogických hydrologických a hydrogeologických pomeroch.

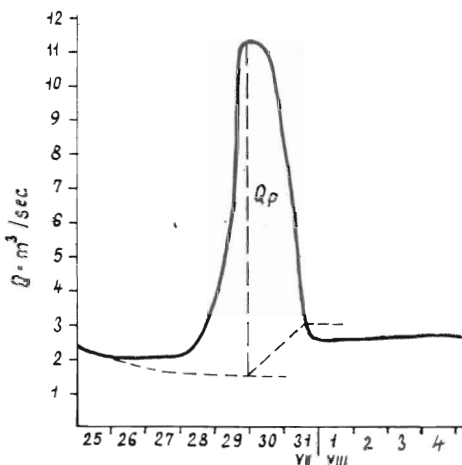
Podzemná voda, ktorej časť možno vodohospodársky využívať, je zapojená do kolobehu vody v prírode, ktorý je vyjadrený hydrologickou bilanciou územia. Správne určenie jednotlivých zložiek, členov bilančnej rovnice, priamo podmieňuje výsledok riešenia. Rozličné aplikácie bilančnej rovnice našli v hydrogeologickej praxi pomerne široké uplatnenie a ich výsledky sú dostatočne známe.

V tejto práci by sme chceli zamerať pozornosť na jednu z hlavných zložiek bilančnej rovnice — veľkosť odtoku a jeho rozdelenie. Rozoberieme stručne otázku určenia tej zložky odtoku, ktorá hydrogeológov zaujíma najviac — podzemného odtoku.



Obr. 1. Priemerný ročný odtok podzemných vôd z územia ČSSR za r. 1931–60 (M. SVOBODA 1972)

Abb. 1. Der durchschnittliche Jahresabfluss des Grundwassers im Gebiet der ČSSR innerhalb der Jahre 1931–60 (M. SVOBODA, 1972)



Obr. 2. Typický hydrograf

Abb. 2. Ein typischer Hydrograf

Podzemný odtok je časť podzemnej vody hlbokého kolobehu pohybujúca sa pod vplyvom gravitácie. Zúčastňuje sa na napájaní povrchového toku a má značnú stálosť v režimových závislostiach. Je to časť vody, ktorej prietoková krivka nezávisí od priebehu predchádzajúcich zrážok a je v bezzrážkových obdobiach pomerne stála.

Odtok podzemnej vody z povodia možno zjednodušene vyjadriť vzťahom (M. SVOBODA 1972).

$$Q_{\text{podz}} = Q_{\text{podz.pr}} + Q_{\text{podz.s}} + Q_{\text{podz.ex}}$$

kde $Q_{\text{podz.pr}}$ — odtok podzemnej vody prirodzenými prameňmi,

$Q_{\text{podz.s}}$ — skryté vývery podzemnej vody,

$Q_{\text{podz.ex}}$ — exploatované množstvo podzemnej vody.

Graf, ktorý znázorňuje vodný stav, prietoché množstvo, rýchlosť alebo iné vlastnosti prúdenia vody v závislosti od času, nazývame hydrogram.

Hydrogram možno považovať za integrálny výraz hydrologických, fyzicko-geografických, klimatických, ako aj hydrogeologických charakteristík, ktoré určujú vzťahy medzi dažďom

a odtokom povodia. Ukazuje čas rozdelenia odtoku v bode merania, čím sa definuje zložitosť charakteristík odtokového územia jedinou empirickou krivkou. Typickým hydrogramom vytvoreným koncentrovaným prívalovým dažďom je jednovrcholová priestorová krivka (obr. 2); viac vrcholov sa môže vyskytnúť na hydrograme, ktorý vykazuje náhle (prudké) zmeny v intenzite dažďa, sled prívalových dažďov, abnormálny ústup podzemnej vody alebo iné príčiny. V analýze hydrogramu možno viacvrcholové komplexné hydrogramy rozdeliť na určitý počet jednovrcholových hydrogramov.

Klesajúci úsek krivky predstavuje výtok vody z akumulácie po tom, keď povrchový prítok do koryta prestal. Bod maximálnej krivosti výtokovej čiary považujeme za hodnotu, v ktorej povrchový odtok prechádza v podzemný odtok spôsobovaný zásobami podzemnej vody. Preto je viac-menej závislý od času zmeny dažďa a infiltrácie, môže však v malej miere závisieť od plošného rozdelenia dažďa a v značnej miere od pôdnych podmienok. Prispôbením klesajúcich úsekov krivky viacerých hydrogramov pozorovaných v odtokovom území sa môže odvodiť skupinová krivka, ktorú možno vypracovať tak, aby reprezentovala čiaru vyčerpávania podzemnej vody. Fyzikálny postup uvoľňovania vody z podzemnej akumulácie je jav, ktorý opisuje exponenciálny zákon. Tento postup možno tiež modelovať lineárne nádržou, ktorej výtok je priamo úmerný akumulácii a možno ho vyjadriť

$$Q_t = Q_0 K_r^t,$$

kde Q_t je prúdenie v ktoromkoľvek čase t ,

Q_0 a K_r je regresnou konštantou, ktorá je menšia ako jeden.

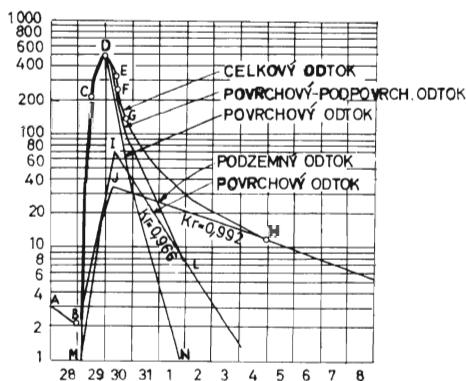
Integrovaním pri podmienke, že $Q_t dt = -dS_t$, zistíme, že akumulácia S_t , ktorá ostane v odtokovom území v čase t , je $S_t = Q_t \ln K_r$. Predchádzajúca rovnica sa vynesie ako priamka na semilogaritmickej papieri s prietochným množstvom v logaritmickej mierke.

Exponenciálny zákon prúdenia možno dokumentovať tiež vnesením hydrogramu na semilogaritmickej papieri. Obr. 3 ukazuje semilogaritmickej vynesenie konkrétneho hydrogramu. Výtok podzemnej vody je približne rovnobežný s priamkou s $K_r = 0,992$. Táto priamka sa môže predĺžiť späť po hydrogram k bodu J, ktorý je ľubovoľne umiestnený priamo pod inflexným bodom na hydrograme.

Približovací segment AB sa tiež vynesie ako približná priamka. Body B a J sa spoja ľubovoľne priamkou. Plochu pod hydrogramom a nad čiarou BJH približne predstavuje kombinovaný povrchový a podpovrchový odtok. Tento kombinovaný odtok sa znovu vynesie a čiara IL s $K_r = 0,966$ sa prispôbi klesajúcemu odtoku a predĺži sa späť na I pod E. Priamkou sa potom spojí bod I a začiatkový bod M. Prerušená čiara MIL rozdeľuje znovu-vynesení hydrogram na povrchový odtok a na podpovrchový odtok dole.

Hydrogram možno tiež študovať pomocou tzv. hydrofázového hydrogramu, ktorý je krivkou vynesenu mierkou zmeny prietochného množstva dQ/dt proti prietochnému množstvu Q .

B. I. KUDELIN zostavil všeobecnú rovnicu podzemného zásobovania, v ktorej neuvažuje



Obr. 3. Semilogaritmickej hydrograf, ktorý znázorňuje rozdelenie jednotlivých zložiek odtoku (V. T. CHOW 1964)

Abb. 3. Semilog aritmischer Hydrograf, auf welchen die Verteilung der einzelnen Komponenten des Abflusses dargestellt sind (V. T. CHOW, 1964)

jeme člen W_a — zásobovanie na úkor podzemnej vody s napätou hladinou (L. MELIORIS — J. TOMLAIN 1973).

Rovnica má potom tvar

$$W_y = W_{\text{podz.}} + W_o,$$

kde W_a je celkové podzemné zásobovanie,

$$W_{\text{podz.}} = (W_{s, \text{podz.}} + W_{z, \text{podz.}})$$

$W_{s, \text{podz.}}$ — sezónne podzemné zásobovanie,

$W_{z, \text{podz.}}$ — základné podzemné zásobovanie,

W_o — záporné podzemné zásobovanie.

V najvšeobecnejšom tvare sa dá rovnica na výpočet podzemného zásobovania rieky napísať v tvare

$$W = \sum_{i=1}^{i=n} W_{y,i}$$

Separčné metódy sú založené na empirickom určení bodu skončenia povrchového odtoku. Aby sa mohol určiť bod skončenia povrchového odtoku na čiare prietoku, resp. čiare vyčerpávania, treba najprv urobiť jej analýzu. Klesajúca časť neporušených prietokových vln vykazuje plynulú tendenciu v poklesnutí prietokov v závislosti od času, ktorá je výslednicou zákonitého procesu vyčerpávania vodných zásob povodia, čiže fázy procesu odtoku v neovplyvnenom období vodného režimu (v bezzrážkovom období alebo v období po roztopení sa snehu) v tzv. období výtoku. Jednotlivé metódy — separčné schémy na vyčlenenie podzemného odtoku — uvádza L. MELIORIS (1973).

Niektorí autori považujú za objektívnejšiu metódu separácie vyjadrenú funkciou

$$O_{\text{podz.}} = f(H),$$

kde H je hladina podzemnej vody v nádrži alebo štruktúre, ktorá je zdrojom odtoku podzemnej vody — $O_{\text{podz.}}$.

Praktická aplikácia spočíva v tom, že sa dá do vzťahu niekoľko meraní (bodových) $O_{\text{podz.}}$ s príslušnými hladinami odvodňovaného horizontu. Pre každú pravidelne pozorovanú hladinu odpočítame zodpovedajúcu hodnotu $O_{\text{podz.}}$. V prípade, že je viac vrtov situovaných v odvodňovanom horizonte, volí sa ten vrt, ktorý daný horizont hydraulicky reprezentuje. Ďalšie spresnenie možno dosiahnuť, ak sa namiesto hladiny z 1 vrtu použije priemer hladín z niekoľkých vrtov, resp. sklon hladiny k miestu odvodňovania. Ako uvádza M. SVOBODA (1972), metódu úspešne použili pri riešení hlbokej krasovej štruktúry nádrže Vento na Kube, ako aj pri separácii hydrogramov adršpašsko-teplíckej časti potickej panvy.

Obdobie výtoku za týchto podmienok možno však vyjadriť aj rovnicou v tvare

$$Q_t = Q_o e^{-\alpha t^n},$$

kde Q_t je prietok v čase t ,

Q_o — počiatočný prietok,

e — základ prirodzených logaritmov,

α — koeficient vyčerpávania,

n — parameter určujúci tvar závislosti.

Počiatočný prietok Q_o uvádza množstvo (hranicu) nahromadených vodných zásob povodia, od ktorej prebieha ich vyčerpávanie. Aj keď tento prietok nie je totožný s kulmináčnym prietokom, pri praktických riešeniach opierajúcich sa o výtokové čiary sú hodnoty počiatočného a kulmináčného prietoku často totožné.

Koeficient vyčerpávania α (priemerný) charakterizuje spôsob, akým sa vodné zásoby povodia vyčerpávajú. Príčinou tejto premenlivosti je skutočnosť, že pri malých povodiach

je koeficient integrálnym vyjadrením procesu vyčerpávania nerovnorodého horninového prostredia, ktoré je práve odlišnosťou svojich hydrogeologických pomerov a nerovnomernosti ich zásobovania zdrojom vodnosti.

Parameter n vyjadruje mieru zmeny zákona rozdelenia prietokov v čase t , ktorá je vlastná stálym odtokovým pomerom povodia, ako aj konkrétnym prípadom odtokového procesu a procesu vyčerpávania.

V prípade, že efektívny dážď, ktorý spadne na plochu povodia, má dostatočný čas trvania a intenzitu, aby vytvoril odtok z každého miesta povodia, efektívne zrážkové množstvo je rovnomerne rozdelené na celé povodie a zrážky majú dlhší čas trvania ako čas koncentrácie, dochádza k osobitnému prípadu vytvorenia prietokovej vlny. Podľa tvaru sa označuje výsledná čiara ako S-krivka a je dôležitou hydraulickou charakteristikou povodia. Vyjadruje komplex v povodí pôsobiacich geograficko-fyzikálnych faktorov.

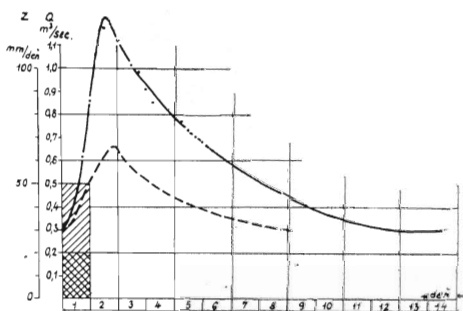
Na overenie niektorých záverov, ku ktorým sme dospeli pri hydrogeologickom výskume Západných Tatier, pristúpili sme k modelovaniu procesu vytvárania odtoku na hydraulickom integrátore z povodia Račkovej doliny. Proces vytvárania odtoku z povodia sme modelovali vzhľadom na existujúce vstupné údaje (denné merania) v zjednodušenej forme. Podmienky, za ktorých sa modelovanie uskutočnilo, metodiku zostavenia modelu a základnú schému modelu uvádza práca L. MELIORISA — I. MUCHU (1972). Taktó zostavený model bol verifikovaný na zrážkach v dňoch 17. a 18. VIII. 1968. Verifikovali sme odpory modelujúce zrážky tak, aby sa hydrogram modelu priblížil skutočnému hydrogramu a aby modelovaná výtoková čiara zodpovedala skutočnej. Verifikácia bola vykonaná s presnosťou denných prietokov a zrážok. Výsledky verifikácie ukázali, že na nasýtenie podzemného a podpovrchového odtoku pri predchádzajúcom minimálnom odtoku z povodia je potrebný jednodňový úhrn zrážok asi 38 mm (pri výške 900 m n. m.).

Odtok z povodia (hydrogram) bol meraný na integrátore systémom odporu a priepadu s predradeným piezometrom.

Výsledky ukázali, že geologickú stavbu spolu s ďalšími vlastnosťami povodia (tvar, geomorfologické pomery, porast a i.) možno pokladať za sústavu, ktorá transformuje priebeh zrážok na odtok z povodia. Vplyv geologickej stavby sa výrazne prejavuje vtedy, keď intenzita zrážok nie je veľká a povrchový odtok nezastiera retenčné schopnosti podzemnej a podpovrchovej vody. Vplyv horninového prostredia a jeho retenčnej schopnosti sme sledovali modelovaním jednodňových zrážok

v celkovom dennom úhrne 20 a 50 mm, pričom sme vychádzali z predchádzajúceho minimálneho odtoku z povodia asi 300 l/s. Výsledok vo forme hydrogramu vplyvu zrážok na minimálny odtok je na obr. 4.

Na zobrazenie vplyvu podzemného a podpovrchového odtoku na hydrogram sme zostavili S-krivky pre dážď konštantnej intenzity a nekonečného trvania, pričom sme vychádzali zo stavu blízkeho minimálnemu odtoku. S-krivky celkového odtoku (podzemný — podpovrchový — povrchový) sme zostavili pre intenzitu dažďa 10, 20, 25 mm za deň. Na porovnanie vplyvu podpovrchového a podzemného odtoku na vytváranie S-krivky sme modelovali aj S-krivku povrchového odtoku.



Obr. 4. Hydrogram vplyvu zrážok na minimálny odtok (modelové riešenie)

Abb. 4. Hydrogram des Einflusses des Regens auf den minimalen Abfluss (Lösung durch Modellieren).

Riešenie ukázalo, že analógové modely môžu priniesť cenné poznatky o procese vytvárania sa jednotlivých typov odtoku zo zrážok. V prenesenom zmysle môžu doplniť niektoré hydrogeologické parametre príslušných povodí. Ukázalo sa, že hydrogeologické vlastnosti územia podstatne ovplyvňujú časový priebeh prietokov pri zrážkach menšej intenzity.

Doručené 18. 3. 1974
Odporučil J. Tomlain

Literatúra

- DUB, O. — NĚMEJC, I. et al. 1969: Hydrogeologie. Praha, SNTL, s. 238—291.
- FOSTER, E. E. 1949: Rainfall and Runoff. New York, The Mac Millan Company, 127 p.
- LINSLEY, R. K. — Kohler, M. A. — Paulhus, J. L. 1958: Hydrology for Engineers. New York, McGraw-Hill Book Comp. Inc., 207 p.
- MELIORIS, L. MUCHA, I. 1972: Modelovanie procesu vytvárania odtoku z povodia Račkovej doliny na hydraulickom integrátore syst. Lukjanova. In: Hydrologické problémy Slovenska. Zbor. ref. Vysoké Tatry, s. 217—227.
- MELIORIS, L. 1973: Hydrologické metódy a ich použitie v hydrogeologickom výskume. Manuskript — Geofond, Bratislava, 165 s.
- MELIORIS, L. — TOMLAIN, J. 1973: Niektoré výsledky aplikácie hydrometeorologických metód pri riešení hydrogeologických pomerov Západných Tatier. Acta geol. geogr. Univ. Comen, (Bratislava), 25, s. 47—67.
- POPOV, O. V. 1964: Metody izučeniya i rasčeta podzemnogo pitaniya. Trudy GGI (Lenin grad) 114, s. 14.
- SITNIKOV, V. K. 1954: Podzemnoje pitaniye rek dalnego vostoka. Trudy GGI (Leningrad), 114, s. 21.
- SOVBODA, M. 1972: Hydrologická bilance povodí se zaměřením k využití podzemních vod. Manuskript — 241 s.
- VEN TE CHOW, 1964: Handbook of Applied Hydrology. New York, McGraw — Hill Book Company, 49 p.

Einige Bemerkungen zur Auswertung des Grundwasserabflusses

LADISLAV MELIORIS

Die Arbeit weist auf die Möglichkeiten und die Bedeutung der Anwendung der hydrologischen Methoden beim lösen verschiedener hydrogeologischer Aufgaben in Gebieten die von Gesteinen mit Kluftwasser oder Karstwasser aufgebaut sind hin.

Mit diesen Methoden können wir in der hydrogeologischen Praxis primäre Verarbeitungen der Angaben die wir durch Beobachtungen und Messungen in der Natur gewonnen haben, durchführen. Mit Hilfe der Bilanzmethoden, können wir den Anteil des Grundwassers im Flussgebiet bestimmen. Mit Hilfe der hydrologischen Bilanzmethoden können wir die gesamten Vorräte wie auch die nutzbaren Vorräte des Grundwassers bestimmen.

Die gewonnenen Erkenntnisse können ein Ausgangspunkt für die Lösung weiterer Aufgaben durch laboratorische Methoden, durch experimentelle analogische Methoden und hydraulische wie auch mathematische Methoden sein.

Diese Arbeit ist auf die Bestimmung des Grundwasser flusses aus dem Flussgebiet orientiert. Es handelt sich hier um den tiefen Grundwasserkreislauf, welcher durch die Gravitation herforgerufen wird. Im letzten Abschnitt dieses Artikels wird ein Beispiel der Modelierung des Grundwasserabflusses des Flussgebietes im Račkova Tal im westlichen Abschnitt der Hohen Tatra angeführt.

Der Autor, auf Grund seiner eigenen Forschungsarbeiten und dem Studium der Literatur zeigt auf die Verwendung einiger hydrologischer Methoden in der hydrogeologischen Praxis hin. Die konkrete Anwendung hydrologischer Methoden stellen ein bedeutendes rationales Element hydrogeologischer Vorschungsarbeiten dar.

Hydrogeológia a ochrana životného prostredia

(2 tab. v texte)

STANISLAV GAZDA* — LADISLAV MELIORIS** — ANTON PORUBSKÝ***

Rapport de la hydrogéologie aux problèmes de la formation et protection du milieu vital

L'article traite les différentes formes et les phénomènes négatifs de l'activité humaine par rapport au régime et à la composition chimique des eaux souterraines. Les auteurs signalent l'état non satisfaisant de la protection du milieu vital et recommandent les méthodes convenables à résoudre ces problèmes.

Отношение гидрогеологии к проблемам образования и охраны жизненной среды

Статья говорит о разных формах и отрицательных проявлениях жизненной деятельности человека в режиме и химическом составе подземных вод, показывает неудовлетворяющее состояние охраны и предлагает основные методы их комплексного решения.

Využívanie vodných zásob prináša ľudstvu celý rad kladných i záporných dôsledkov. Z praxe vieme, že voda pôsobí na životné prostredie dvojakým spôsobom. Ako nevyhnutný predpoklad každej hospodárskej činnosti vplýva voda na hospodárstvo tak, že podporuje jeho rozvoj, alebo naopak, v prípade nedostatku ho obmedzuje. Význam vody ako súčasť životného prostredia určuje jej kvalita a kvantita. Hlavné vzťahy hydrogeológie a životného prostredia možno vyjadriť hodnotením prírodných hydrogeologických, hydrologických a geochemických pomerov, rastom nárokov na zásobovanie vodou zo zdrojov podzemnej i povrchovej vody, rastom nárokov na odvádzanie odpadovej vody, jej čistenie ap.

Jeden z najväčších problémov, ktorý musí súčasná hydrogeológia riešiť, je vplyv ľudskej činnosti na kolobeh vody, najmä ak sa berie do úvahy stále rastúce množstvo pevného, plynného a kvapalného odpadu, zväčšujúci sa rozsah regulácie povrchového odtoku, resp. využitia podzemnej vody a s tým súvisiace veľké zmeny prírodného prostredia. Prítom rozsah využívania vodných zdrojov a zásahov do nich bude v najbližších desaťročiach zrejme oveľa väčší ako v súčasnosti.

* Ing. Stanislav Gazda, ČSc., Geologický ústav D. Šúra, Mlynská dolina 1, 809 40 Bratislava.

** Doc. RNDr. Ladislav Melioris, ČSc., Katedra inžinierskej geológie a hydrogeológie Prírodovedeckej fakulty UK, 830 00 Bratislava.

*** RNDr. Anton Porubský, Geografický ústav SAV, ul. Obrancov mieru 41, 886 25 Bratislava.

Je prirodzené, že meniace sa kvantitatívne a kvalitatívne parametre vody treba skúmať lokálne aj globálne. Z tohto dôvodu treba zaviesť a rozšíriť systematické pozorovania, ako aj spresniť predpovede o dôsledkoch, aké vyplynú z druhov a rozsahu ľudskej činnosti.

Veľké kvantitatívne alebo kvalitatívne zmeny sú rozhodujúce, ale na rastliny alebo živočíchy môžu negatívne vplyvať aj neznáme účinky niektorých chemikálií alebo prvkov prírodných v ich ekosystémoch i v relatívne malých množstvách. Biologické a fyzikálne procesy môžu zapríčiniť nebezpečnú koncentráciu škodlivých účinkov, najmä pokiaľ ide o vodu v ich okolí. To je príčina, prečo sa opäť zdôrazňuje potreba nových prístupov k problematike kvality vody. Intenzívne zmeny v kvalite a kvantite vody môžu byť dôsledkom súčasného vývoja poľnohospodárskej výroby, najmä chemizácie, a jej vplyvu na okolité prostredie. Ide najmä o používanie ťažko nahraditeľných druhov pesticídov, intenzívnu koncentráciu živočíšnej výroby, vzrast potreby minerálnych hnojív ap. Človek môže priamo alebo nepriamo ovplyvňovať atmosférické procesy: zmenou podmienok kondenzácie môže napr. ovplyvniť množstvo zrážok, znečistením ovzdušia napr. rádiáciu. Výsledný účinok takýchto zásahov sa prejavuje na kolobehu vody, ktorý zatiaľ poznáme iba čiastočne.

Hodnotenie zásob podzemnej vody, jej ochrana a vzťah k životnému prostrediu sú naliehavé úlohy modernej hydrogeológie na celom svete. Preto aj československá hydrogeológia musí zamerať svoju praktickú aj teoretickú činnosť v tomto smere a orientovať vedeckú koncepciu na štúdium súboru vzťahov dotýkajúcich sa celého komplexu životného prostredia. Je to naliehavá úloha najmä preto, že v teoretickom rozpracovaní hydrogeológie ako prírodovednej disciplíny zaostávame za svetovým priemerom. Už najmenej desať rokov sa na našich konferenciách, seminároch a sympóziách, a to nielen hydrogeologických, lež aj hydrologických, vodohospodárskych a i., zvyčajne predkladajú štatistiky, koľko vody a na aké účely potrebujeme, aké sú asi jej zásoby, vyjadrí sa znepokojenie, ako je voda znečistená a ako sa stále viac znečisťuje, a zároveň sa zdôrazňuje jej význam pre životné prostredie. Na druhej strane sa zatiaľ sformulovalo len veľmi málo koncepčných a teoreticky podložených stanovísk na začlenenie hydrogeológie a geochemie do súboru vied o životnom prostredí. Naše konferencie a sympóziá sa síce vždy touto otázkou zaoberajú, ale zatiaľ sa neanalyzovala tak, aby sa stala skutočnou podstatou našich výskumov a hodnotení v záverečných štúdiách a správach.

Otázka začlenenia hydrogeológie do súboru vedných disciplín o životnom prostredí nie je jednoduchá.

Podľa nášho náhľadu by bolo možno životné prostredie definovať ako súbor vzájomných vstupov a vzťahov medzi človekom a jeho existenciou v daných prírodno-ekologicko-technických pomeroch za spolupôsobenia celého systému procesov, ktoré v tomto vzájomnom vzťahu nevyhnutne prebiehajú alebo budú prebiehať.

Teda sú to vzájomné danosti vstupov a vzťahov procesov okolitého sveta viazané na existenciu života. Kvalita týchto vstupov, vzťahov a procesov tvorí kvalitu životného prostredia. Gradácia jednotlivých vstupov a vzťahov, ako i procesov medzi nimi by nám mala dať podklady ku gradácii taxonomického hodnotenia životného prostredia od optimálneho až po najhoršie — toxické. Jednotlivé vstupy a vzťahy však môžu byť ako plánovité, tak aj živé.

Podľa ponímania životného prostredia a jeho kvality hydrogeológia a geochemia boli a sú jedným zo vzťahov a vstupov v procese životného prostredia a jeho tvorby. Voda a jej kvalita je po vzduchu najdôležitejším vstupom do tohto procesu.

Zvyšovanie spotreby vody úzko súvisí so životnou úrovňou. Ak sa má zvýšiť vplyv vody na prírodné prostredie, musí ísť v oblasti hydrogeológie predovšetkým o ovplyvnenie prírodného režimu podzemnej vody a ovplyvnenie prírodných zdrojov vody. Štátny vodohospodársky plán predpokladá, že odber pitnej vody do vodovodnej siete v SSR sa

zvýši z 237 mil. m³ v roku 1970 na 760 mil. m³ v roku 2000. V celej ČSSR je vzrast potreba pitnej vody rovnako prudký. Z terajších 918 mil. m³ za rok vzrastie ku koncu storočia celková spotreba vody na 2300 mil. m³. Odber úžitkovej vody pre priemysel v SSR vzrastie z 1,1 mld m³ na 7,680 mld m³. Odber vody na závlahy v celoštátnom meradle vzrastie takmer šesťnásobne. Úhrnná spotreba pitnej a úžitkovej vody v uvedenom období vzrastie v SSR z 1,5 mld m³ na vyše 5,1 mld m³ a za celú ČSSR zo 4,380 mld m³ na viac ako 10,9 mld m³ (J. KREJČÍ 1973). Celková využiteľná kapacita zdrojov podzemnej vody v SSR sa pritom odhaduje asi na 50 m³/s (t. j. asi 1,6 mld m³ vody ročne), pričom iba približne 30 % územia má dostatok zdrojov kvalitnej vody (M. ILAVSKÝ — J. ŠRÁMKA 1973).

Tieto výhľady nútia hydrogeológov a vodohospodárov prijať veľmi konkrétne opatrenia na ochranu podzemnej vody ako jednej z determinujúcich súčastí životného prostredia. Podzemná voda prevažne spĺňa hlavné požiadavky na pitnú vodu. Preto si vzhľadom na ostatné druhy vody zasluhuje prednostné postavenie.

Aj keď má podzemná voda v samočistiacom pôsobení pôdneho horizontu, horninového prostredia a zvodnenej vrstvy prirodzenú ochranu, táto ochrana sa rozličným spôsobom narúša. V dôsledku toho, ako aj v záujme národného zdravia musí byť ochrana podzemnej vody taká, aby sa zabránilo jej hromadnému znečisteniu, prípadne jej znečisteniu ťažko rozpustnými látkami v celom infiltráčnom území.

Správa svetovej zdravotníckej organizácie o znečistení vonkajšieho prostredia a jeho vplyve na zdravie obyvateľstva z r. 1965 zdôrazňuje, že sa znečisťovanie vody stalo v súčasnosti celosvetovým problémom. Za hlavné príčiny sa označujú: mimoriadne rýchla industrializácia, zvyšovanie počtu mestského obyvateľstva — urbanizácia, nedokonalosť opatrení proti znečisťovaniu vody, ako aj preventívnych metód.

V prírodnom kolobehu sa voda prvotne znečisťuje už v atmosfére v dôsledku rozpúšťania plyných exhalátov a popolčeka zrážkovou vodou. Hlavným znečisťovateľom ovzdušia je energetika, ktorá v dôsledku nevhodnej skladby palív — prevažne sa spaľujú menej hodnotné druhy uhlia s vysokým obsahom popola a síry — vypúšťa ročne do atmosféry popri CO₂ i enormné množstvo SO₂ a popolčeka. Veľké množstvo pevných i plyných exhalátov (okrem iných aj SiO₂, resp. MgO — prach, HF, H₂S, NO_x, CS₂, Cl₂, F₂ a rozličné organické látky vrátane ropných produktov) produkujú aj hutí, doprava, silikátový, resp. chemický priemysel a ťažba nerastných surovín. Celkový ročný úlet pevných emisií v SSR je v súčasnosti približne 420 000 ton, plyných emisií asi 600 000 ton (M. ILAVSKÝ — J. ŠRÁMKA 1973).

Ako konkrétny príklad kontaminácie zrážkovej vody plynými exhalátmi uvádzame v tab. 1 chemické zloženie zrážkovej vody z oblasti Slovenského krasu (F. ŠTEIN 1973). Z tabuľky si možno urobiť predstavu o vplyve kontaminovanej zrážkovej vody na podzemnú vodu v oblasti, ktorá sa u nás všeobecne považuje za jednu z najmenej znečistených. V ČSSR sa problematikou znečisťovania zrážkovej vody a jeho prejavmi v podzemnej vode systematicky zaoberá V. JIŘELE (1972). Priemerná mineralizácia zrážkovej vody v ČSR sa pohybuje okolo 0,1 g/l (maximum dosahuje až 0,4 g/l), čo po prepočte na priemerné ročné zrážky reprezentuje celkový spád solí 50—80 t/km²/rok. V chemickom zložení zrážkovej vody prevládajú ióny Mg²⁺, Ca²⁺, NH₄⁺ a SO₄²⁻.

Stále rastúce znečisťovanie atmosféry exhalátmi, najmä však CO₂, SO₂ a jemnými prachovými časticami (predpokladá sa napr., že v rokoch 1975—2000 sa do ovzdušia vypustí asi 10,8 mld t SO₂, t. j. približne štvornásobok množstva uvoľneného v rokoch 1950—1975), má i rad závažných globálnych dôsledkov, okrem iného najmä postupné ochladzovanie klímy, pozorované už v poslednom štvrtstoročí, resp. rast acidity zrážkovej vody a s ním úzko súvisiace zintenzívnenie procesov vetrania, migrácie niektorých prvkov a korózie.

Lokalita	Rožňava	Jablonov	Moldava	Turna n/B
pH	6,9	6,7	6,6	7,1
org. látky (O ₂)	2,44	4,03	2,76	4,45
SiO ₂	2,6	6,4	13,8	1,5
NO ₃ ¹⁻	0,22	0,16	0,28	0,05
NO ₃ ¹⁻	9,2	1,1	5,6	0
SO ₄ ²⁻	116,1	11,1	—	—
Cl ¹⁻	11,1	4,4	5,7	6,9
HCO ₃ ¹⁻	31,7	30,5	28,0	24,4
Fe ²⁺	0,27	st	0,53	st
Ca ²⁺	40,1	12,3	16,1	7,4
Mg ²⁺	10,0	0,4	3,3	0,8
Na ¹⁺	5,8	1,5	3,3	3,2
K ¹⁺	2,6	3,0	1,5	1,6
NH ₄ ¹⁺	st	0,97	1,86	1,42
Mn ²⁺	0	0	0	5
mineralizácia	232,15	75,9	82,75	51,7

Zrážková voda sa ďalej znečisťuje pri vstupe do litosféry, najmä pri prechode cez kultúrne pôdny pokryv.

V roku 1950 sa spotrebovalo v ČSSR spolu 211 243 t minerálnych hnojív, z toho na Slovensku 65 819 t. V roku 1970 to už bolo v ČSSR 1 282 351 t, na Slovensku 457 860 t. V roku 1950 sa v ČSSR použilo 28,2 kg/ha minerálnych hnojív, na Slovensku 23,3 kg/ha, v r. 1970 v ČSSR už 182,4 kg/ha, na Slovensku 175,1 kg/ha (všetko v čistých živinách). V rokoch 1985—1990 sa plánuje až 350 kg/ha. O aké veľké množstvo ide, vidieť napr. z porovnaní so ZSSR, kde sa v r. 1970—1971 spotrebovalo iba 34,4 kg/ha minerálnych hnojív, resp. s USA, kde v r. 1967—1968 sa použilo 77,4 kg/ha. Na prvom mieste je u nás spotreba draselných, na druhom fosforečných a na treťom dusíkatých hnojív. Súčasná spotreba minerálnych hnojív po prepočte na km² reprezentuje asi 15—20 t prevažne veľmi dobre rozpustných solí, z ktorých značnú časť transportuje zrážková voda do podzemnej vody. Experimenty ukázali, že ak je pôda na svahoch (v našich podmienkach asi polovica z celkovej výmery ornej pôdy) alebo je hnojivo v pôde umiestnené nesprávne, môže celkový podiel vyplavených solí dosiahnuť 90—95 %. Vyplavovať soli z pôdy pomáha aj intenzívne zavlažovanie (na 1 ha sa spotrebuje priemerne 2000 m³ vody), ktorého plošný rozsah neustále vzrastá. Priemerný ročný výnos fosforu, resp. dusíka z 1 ha pôdy sa odhaduje na 0,3—0,5 kg, resp. na 45 kg. Zákonitým dôsledkom je sústavný rast obsahu dusičnanov a fosforečnanov v podzemnej vode, najmä v prvom zvodnenom horizonte. V poľnohospodársky najproduktívnejších oblastiach (južná Morava, južné Slovensko) nie je v súčasnosti zriedkavosťou podzemná voda s koncentraciami dusičnanov nad 500 mg/l a fosforečnanov nad 10 mg/l.

Obdobne vzrastá aj znečisťovanie podzemnej vody pesticídami. Súčasná celostátna ročná spotreba pesticídov je približne 10 000 t, z čoho veľká časť pripadá na ťažko nahraditeľné chlórované uhľovodíky. Predpokladá sa, že sa v budúcich rokoch bude chemicky ošetrovať až 80 % z celkovej výmery ornej pôdy oproti súčasným asi 40 %.

V súvislosti s koncentráciou živočíšnej výroby (veľkofarmy, resp. veľkovýkrmne) vznikajú problémy s uskladňovaním, zužitkovaním a likvidáciou pevných a kvapalných fekálií. Ide naozaj o veľké množstvo (R. JACKO 1972), lebo napr. každý kus ustajneného hovädzieho dobytku produkuje denne približne 35 l výkalov.

Je známe, že závlahy menia hydrologický režim riek kvantitatívne aj kvalitatívne. Normálny transport usadením sa znižuje a narastá koncentrácia rozpustných látok. V zavlažovanom území sa môže hladina podzemnej vody výrazne zvýšiť, v dôsledku čoho môžu nastať určité ekologické zmeny. Veľké odvodňovacie stavby vybudované na poľnohospodárske ciele v silne zamokrených a bažinatých územiach ovplyvňujú vodnú bilanciu, ako aj celý proces pohybu povrchovej aj podzemnej vody. Popri rozširovaní závlah treba tiež úmerne rozširovať informačný systém, aby sa získali podklady na objasnenie hydrologických dôsledkov zavlažovania. Je nevyhnutné, aby zásah do kolobehu vody zlepšil jej režim a obmedzil na minimum rušivé vplyvy. Z uvedeného vyplýva potreba generalizovať a publikovať informácie o vhodných metódach zavlažovania alebo odvodňovania a vychádzať pritom z teórie alebo empirických pozorovaní na jestvujúcich dielach.

Kvantitatívne najdôležitejším zdrojom dopĺňania zásob podzemnej vody fluvialných sedimentov, ktorá je spolu s podzemnými vodami mezozoika hlavným zdrojom pitnej vody v SSR, sú povrchové toky. Vo väčšine povodí sú základné hydraulické vzťahy medzi povrchovou a podzemnou vodou známe, menej však sú už známe a zatiaľ sa i menej skúmajú hydraulické, geochemické a hydrobiologické zákonitosti brehovej infiltrácie, a to tak v prírodných podmienkach, ako aj v priebehu exploatácie podzemnej vody.

Z celkovej dĺžky 99 000 km vodných tokov ČSSR je viac ako 5000 km znečistených tak, že ich voda je prakticky nepoužiteľná. Z celkovej dĺžky 4861,5 km hospodársky významných a vodohospodársky sledovaných povrchových tokov SSR je stále ešte silne znečistených 1162,5 km, v priebehu cukrovárskej kampane až 1479,5 km. Do povrchových tokov sa v súčasnosti ročne vypúšťa asi 3,2 mld m³ odpadnej vody, z toho prevažná časť bez akejkoľvek úpravy. Napr. v SSR z celkového počtu 830 evidovaných väčších producentov odpadovej vody malo v r. 1970 iba 326 vybudované čistiarene, aj to spravidla nie na takej úrovni, resp. s takou kapacitou, ako by to bolo potrebné (F. ŠTEIN — R. JACKO — J. ROTHSCHEIN 1970). Rad priemyselných odvetví vypúšťa pritom s odpadovou vodou do povrchových tokov látky, ktoré sú trvalým a prakticky neodstrániteľným nebezpečenstvom pre zdroje podzemnej vody. Je to najmä petrochemický priemysel so sieťou naftovodov, skladov, distribučných zariadení a veľko-, resp. maloodberateľov, priemyselné závody produkujúce dechtové látky, fenoly, farbivá, detergenty, pesticídy, zlúčeniny toxických kovov, kyanidy atď.

Ako uvádza J. BULÍČEK (1968), 48 % znečistenia povrchových tokov na Slovensku spôsobujú chemické závody, predovšetkým továrne na výrobu a spracovanie celulózy. Platí to najmä o rieke Váh, ktorú navyše znečisťujú aj ďalšie priemyselné podniky vybudované v ostatných rokoch v jej údolnej nive. Rieku Nitru najviac znečisťuje odpadová voda z chemických závodov v Novákoch. Odpady z nich obsahujú veľké množstvo toxických látok, okrem iných aj arzén, voľný chlór a chlоровané uhľovodíky. Pomery v povodí Bodrogu sa zhoršili výstavbou celulózy v Hencovciach. Kvalitu Hrona ovplyvňuje najmä odpadová voda zo Švermových železiární, rafinérie minerálnych olejov v Dubovej, ako i banská voda z Kremnice a B. Štiavnice. Banská voda z úpravni rúd nadmieru znečisťuje rieku Slaná. Hlavným zdrojom znečisťovania vody Dunaja na našom území sú priemyselné a komunálne odpadové vody z areálu Bratislavy, ktoré v ročnom priemere prinášajú do Dunaja asi 100 000 t solí, resp. látok, najmä síranov (28 %), z rozličných nerozpustných látok, (19 %), sodíka (16,5 %) chloridov (10 %) a organických látok vrátane oleja a fenolov (5 %).

V dôsledku nedostatočného čistenia a rastúceho množstva odpadovej vody sa kvalita povrchových tokov neustále zhoršuje. Na porovnanie uvádzame chemické zloženie vody Dunaja zo začiatku tohto storočia (H. BREZINA 1906 in M. ANTONIČ — J. ROTHSCHEIN 1966) so súčasným stavom (R. JACKO 1967). Zatiaľ čo na začiatku tohto storočia sa napr. obsah chloridov pohyboval v rozmedzí stopy — 3,6 mg/l, obsah dusičnanov v rozmedzí

0,0—2,0 mg/l, oxidovanosť v rozmedzí 1—4 mg O_2 /l a odparok v rozmedzí 140—230 mg/l, v súčasnosti už ročný, resp. dlhodobější priemerný obsah týchto zložiek vysoko prekračuje hornú hranicu uvedených intervalov a maximálny obsah dosahuje niekoľkonásobne hodnoty (napr. v prípade chloridov nad 20 mg/l, v prípade oxidovanosti nad 10 mg O_2 /l atď.). Ako ďalší príklad možno uviesť výsledky stanovenia síranov v niektorých povrchových tokoch, súčasné koncentrácie (r. 1970), ktoré v rade prípadov vysoko prekračujú primárne geochemické možnosti ich vzniku v horninovom prostredí povodí týchto tokov. Tak napr. obsah síranov v Myjave pri Kútoch sa pohyboval v rozmedzí 105—233 mg/l SO_4^{2-} , v Turci pri ústí do Váhu v niektorých mesiacoch dosahoval až 705 mg/l SO_4^{2-} , vo Váhu pri N. Meste n/Váhom 120 mg/l, v Handlovke 177 mg/l, v Nitre pri Chalmovej 249 mg/l, v Poprade pri Matejovciach 333 mg/l atď. (V. BOHM — K. HYÁNKOVÁ — M. MATULA — L. MELIORIS 1972).

V ostatných rokoch sa stále väčšia pozornosť venuje štúdiu stopových prvkov v biosfére ako celku. Počet preukázateľne biologicky významných stopových prvkov stále rastie a odborníci rozličných vedných odborov pripúšťajú, že ich význam je väčší, ako sa predpokladalo. Ukazuje sa, že každý prvok prítomný v živej hmote je aktívny, to znamená, že i stopové prvky prítomné v podzemnej vode majú veľký význam nielen pre rozvoj botanických, resp. zoologických druhov, ale aj pre človeka. Napriek súčasným predpokladom, že stopové prvky spolurozhodujú o zachovaní súčasných foriem života, resp. o ich rozvoji, teda že sa zúčastňujú na vytváraní životného prostredia, nevenujeme zatiaľ tejto problematike, hlavne v slovenskej hydrogeológii, primeranú pozornosť. Je preto veľmi žiadúce rozpracovať vhodnú metodiku analýzy vybraných stopových prvkov a začať so systematickým štúdiom ich koncentrácie v podzemnej vode. Pozornosť by sa mala zamerať hlavne na prvky s preukázanou (Cu, Zn, Mn, Co, Se, Cr, Fe, J), resp. predpokladanou (Rb, B, Ba, F, V, Ni, Al, Ag, Br, Cd) metabolickou funkciou.

Mimoriadne vážnou úlohou je i štúdium distribúcie, ale najmä režimné pozorovanie rádioaktivity podzemnej vody (prípadne i povrchovej vody) určitých oblastí a priebežné zhodnocovanie jej zmien v čase v rámci vybraných geologicko-geografických celkov. Získajú sa tak východiskové podklady nevyhnutné na objektívne zhodnotenie vplyvu prevádzky atómových elektrární, ktoré sa v neďalekej budúcnosti stanú aj u nás hlavným zdrojom energie, na prírodné prostredie.

Veľmi vážne následky má znečistenie podzemnej vody ropou a produktmi jej petrochemického spracovania. Z experimentálnych výsledkov vyplýva, že ropa a jej produkty, ako aj odpadová voda z procesu spaľovania sú silne toxické, pričom ich účinok v značnej miere závisí od stupňa emulgácie olejovitých látok vo vode. K znečisteniu podzemnej vody ropou a jej produktmi môže dôjsť pri jej ťažbe, doprave, skladovaní, spracovaní a distribúcii produktov. Vzťah medzi ropou (produktmi z ropy), vodou a horninovým prostredím, mechanizmami jej rozpúšťania a transportu vo vodnom prostredí, možnosťami jej mikrobiologickej degradácie a ochrannými opatreniami, či už preventívnymi, sanačnými, resp. havarijnými, sa systematicky zaoberajú najmä pracovníci VÚVH v Bratislave (R. JACKO 1970), resp. Geotestu, n. p., Brno (V. PELIKÁN 1974). Hlavná pozornosť sa sústreďuje na zamedenie ďalšieho šírenia ropného znečisťovania z areálu závodu Slovnaft v hornej časti Žitného ostrova.

Samoočistiacu schopnosť podzemnej vody je najvhodnejšie definovať ako schopnosť systému hornina—voda eliminovať z kvapalnej fázy kontaminujúce látky, ktoré v daných hydrodynamických, termodynamických, fyzikálno-chemických a oxiredukčných podmienkach nie sú stabilné. V systéme hornina—voda prebieha celý rad fyzikálnych, fyzikálno-chemických, chemických a biochemických procesov, prostredníctvom ktorých sa podzemná voda zbavuje antropogénnych produktov.

Z týchto procesov sú najvýznamnejšie sorpčné, resp. iónovymenné procesy a biochemická aktivita mikroorganizmov, najmä rozličných druhov aeróbných a anaeróbných baktérií (napr. denitrifikačné, desulfatizačné, uhlíkovíkové, oxidujúce fenoly atď.), ktoré sú v podzemnej vode v množstve až niekoľko miliónov v 1 cm³ (v pôde a íle až niekoľko miliárd v 1 g). Významne sa uplatňujú aj ďalšie procesy, ako je zrážanie, koagulácia, sedimentácia, oxidačno-redukčné procesy, hydrolýza, hydratácia, rozličné chemické reakcie, tzv. filtračný efekt atď. Hlavnými nositeľmi sorpčných a iónovymenných vlastností v horninovom prostredí obehu podzemnej vody sú ílové minerály, sludy, živce, hydroxidy železa a mangánu, organické látky (najmä humínové kyseliny a ich soli) atď. Predstavu o celkových výmenných kapacitách niektorých horninových minerálov, organickej frakcii pôdy a rozličných typov pôdy dáva tab. 2, prevzatá z práce S. GAZDU (1969).

Výmenná kapacita niektorých minerálov a typov pôdy

Tab. 2

minerál, resp. pôda	výmenná kapacita mval/1 00 g
kaolit	2— 15
halloyzit	5— 50
montmorillonit	80—150
ilit	10— 40
muskovit	10
chlorit	10— 40
vermikulit	100—150
biolit	3
atapulgit	18— 22
nontronit	57— 64
organická frakcia pôd	150—500
podzolové pôdy	5— 25
černozem	30— 60
glejové pôdy	15— 25

Poznámka: Hodnoty sa môžu výrazne meniť v závislosti od pôvodu a zloženia ílových minerálov, resp. pôdy, v niektorých prípadoch i od rozmeru častíc (kaolinit, ilit).

Tabuľka je spracovaná podľa údajov rozličných autorov a prevzatá z práce S. Gazdu (1969).

Z hľadiska eliminačného pôsobenia horninového prostredia voči znečisťujúcim látkam hrajú dôležitú úlohu i fyzikálne vlastnosti hornín, ako je priemer zrn, resp. častíc, ich špecifický povrch, objem a podiel dutín, ich veľkosť. Funkčne s nimi súvisia niektoré hydrogeologické parametre, predovšetkým koeficient priepustnosti, efektívna pórovitosť, prípadne účinný podiel dutín. So znižujúcim sa prierezom dutín a rastúcou dĺžkou ciest infiltrácie rastie filtračné pôsobenie horninového prostredia.

Pri hydrogeologickom výskume a prieskume zameranom na kvalitu podzemnej vody a jej ochranu treba venovať zvýšenú pozornosť štúdiu hydrogeologických podmienok a možnosti vnikania znečisťujúcich látok do podzemnej vody. Hydrogeologický výskum musí riešiť a študovať celú zónu infiltrácie, oblasť vsakovania i zvodnenú vrstvu. Poznatky o podmienkach vsakovania, jeho koeficiente, infiltrácii a ďalších hydrogeologických faktoroch môžu byť z tohto hľadiska rozhodujúce. Nemenšiu pozornosť treba venovať aj štúdiu mineralogicko-petrografického zloženia a fyzikálno-chemických vlastností zvodnenej vrstvy, jej bezprostredného nadložia, resp. podložia a pôdneho pokryvu v filtračnej oblasti a ich zhodnoteniu z hľadiska možnosti eliminácie pôsobiacich kontaminujúcich látok.

Okrem rozličných foriem znečisťovania prírodné geologické prostredie významne ovplyv-

ňujú aj rozličné, nie vždy komplexne posúdené zásahy človeka do jeho zložiek, ako sú napr. niektoré stavebno-technické zásahy, vodohospodárska úprava povrchových tokov (smerové vyrovnávanie a prehĺbovanie koryt, likvidácia slepých ramien ap.), meliorácia, zavlažovacie a odvodňovacie systémy, vodné diela, nevhodne založené skládky surovín, resp. pevných i kvapalných odpadov, povrchová a podzemná ťažba nerastných surovín, nevhodná exploatacia podzemnej vody, odlesňovanie a iné zásahy do vegetačného krytu atď. Bolo by možno uviesť celý rad príkladov negatívnych prejavov týchto zásahov v hydrologických pomeroch povodí, v kvalite a produktivite pôdy, v režime a kvalite podzemnej vody, v stabilite pôdy, v režime a kvalite podzemnej vody, v stabilite svahov, resp. v aktivizácii fosilných zosuvov, v intenzifikácii eolických procesov, výmolevej erózie atď., ako aj v jednotlivých ekosystémoch území ovplyvnených týmito zásahmi. Uvedieme iba jeden príklad — Záhorskú nížinu, najmä jej časť priliehajúcu k Malým Karpatom, kde komplexne neuvážení melioračný zásah nepriaznivo ovplyvnil režim podzemnej vody, a tým aj narušil celkové prírodné pomery (E. KRIPPEL — E. KULLMAN — A. SABOL 1967). Cieľavedomé riešenie týchto problémov, ktoré sú zatiaľ na okraji záujmu hydrogeológie, by malo závažný národohospodársky prínos.

Hydrogeologické mapy by mali znázorňovať nielen vlastnosti zvodnených vrstiev z hľadiska ich využívania, ale aj z hľadiska ich možného znečisťovania a samočistiacej schopnosti. To sa týka zvodnených vrstiev dotovaných infiltráciou zo zrážok i brehovou infiltráciou. Z hľadiska využívania zvodnených vrstiev na zásobovanie treba vyčleniť geologické štruktúry vhodné na umelú infiltráciu a stanoviť podmienky ich ochrany. Podmienky ochrany a priamo ochranné pásma treba určiť nielen pri využívaní, ale i pri perspektívnych vodných zdrojoch a celých hydrogeologických štruktúrach.

Z hľadiska perspektívy plánovania vodných zdrojov, rekreačných území, plánovania sídlisk a priemyslu treba plosne vyznačiť územia s prirodzenou a umelo znečistenou podzemnou vodou, územia, kde sa pri brehovej infiltrácii môže zhoršiť kvalita podzemnej vody, a územia s trvalým, resp. občasným vplyvom zdrojov sekundárneho znečisťovania.

Záverom možno konštatovať, že doterajšia hydrogeologická a vodohospodárska prax v ochrane podzemnej vody už nezodpovedá súčasným požiadavkám. Pri stanovení ochranných pásiem sa spravidla neberú do úvahy regionálne zákonitosti formovania podzemnej vody a nedostatočne sa zohľadňuje interakcie človek—príroda, ako aj okruh problémov patriacich do sféry tzv. užšej ochrany (stanovenie optimálneho odberového množstva, starnutie exploatačných studní, zmeny zloženia podzemnej vody v dôsledku nevhodnej exploatacie, resp. v dôsledku interakcie s materiálom záchytných objektov a transportných potrubí a s tým súvisiace problémy korózie, inkrustácie ap.).

Ak chceme objektívne a komplexne riešiť ochranu podzemnej vody pred znečistením a zabezpečiť jej racionálne využívanie, musíme poznať

- a) základné hydrogeologické a hydrogeochemické zákonitosti ich formovania v rozličných typoch prírodného geologického prostredia,
- b) kvantitatívne a kvalitatívne parametre pôsobiacich zdrojov sekundárneho znečisťovania a mechanizmus interakcie a produktov s horninovým prostredím,
- c) optimálny spôsob ich zachytenia, exploatacie a distribúcie.

Hydrogeológia ako vedná disciplína, ktorá komplexne študuje jednu z najdôležitejších zložiek biosféry — vodu, sa musí viac ako doteraz zapojiť do interdisciplinárneho výskumu životného prostredia. Cesta k tomu vedie cez podstatné rozšírenie kontaktov a úzkych kooperačných vzťahov so všetkými zainteresovanými vednými disciplínami, resp. odbormi ľudskej činnosti, ktoré na výsledky hydrogeológie nadväzujú (vodné hospodárstvo, územné plánovanie, inžinierske stavitelstvo, geohygiena, biológia krajiny, poľnohospodárstvo atď.),

resp. ktorých výsledky hydrogeológia využíva (meteorológia, klimatológia, hydrológia, hydraulika, mikrobiológia, chémia atď.).

Doručené 20. 3. 1974

Odporučil V. Böhm

Literatúra

- ANTONIČ, M. — ROTSCHEIN, J. 1966: Prognóza zmien vody Dunaja vplyvom výstavby sústavy vodných diel. Manuskript — archív VÚVH, Bratislava, 196 s.
- BÖHM, V. — HYANKOVÁ, K. — MATULA, M. — MELIORIS, L. 1972: Agresívne vlastnosti podzemných vôd na Slovensku. In: Zakladanie pod hladinou podzemnej vody so zvláštnym zreteľom na agresivitu prostredia. Bratislava, Dom techniky SVTS, s. 53—62.
- BÖHM, V. — MELIORIS, L. — MUCHA, I. 1973: Trebovania k gidrogeologickým kartam s točki zrenia ochrany žizennej sedy. In: Zborník X. kongresu KBGA, sekcia 5. Bratislava, s. 6.
- BULÍČEK, J. 1968: Chemické znečistení našich povrchových toků. Životné prostredie (Bratislava), 5, s. 239—243.
- DUB, O. 1968: Voda ako krajinný prvok. Životné prostredie (Bratislava), 5, s. 229—232.
- GAZDA, S. 1969: Hydrogeochémia Juhoslovenskej uhoľnej panvy. Manuskript — archív GÚDŠ, Bratislava, 521 s.
- GAZDA, S. 1973: Ideový návrh komplexného geochemického výskumu podzemných vôd Žitného ostrova a problematiky ich ochrany. Manuskript — archív IGHP, Bratislava, 22 s.
- GAZDA, S. et al. 1972: Geológia životného prostredia. Manuskript — archív GÚDŠ, Bratislava, 63 s.
- GAZDA, S. — MELIORIS, L. — PORUBSKÝ, A. — REBRO, A. 1971: Ochrana podzemných vôd v životnom prostredí. Ref. na II. slov. geol. konf. Bratislava, 16 s.
- ILAVSKÝ, M. — ŠRAMKA, J. 1973: Správa o stave a zabezpečení koordinácie výskumu ochrany životného prostredia. Manuskript — archív MVT SSR, Bratislava, 12 s.
- JACKO, R. 1968: Výskum znečistenia a podkladov pre ochranné opatrenia II. vodného zdroja v Bratislave. Manuskript — archív VÚVH, Bratislava, 126 s.
- JACKO, R. 1970: Aplikácia výsledkov výskumu na lokality s preskúvanými hydrogeologickými podmienkami z hľadiska ochrany podzemných vôd voči ropu a ropným produktom. Manuskript — archív VÚVH, Bratislava, 69 s.
- JACKO, R. 1972: Vplyv minerálnych hnojív na zmenu kvality podzemných vôd. Manuskript — archív VÚVH, Bratislava, 56 s.
- JIRŤELE, V. 1972: Vliv kontaminovaných srážkových vod na kvalitu podzemní vody. Manuskript — archív SG, Praha, 68 s.
- KRIPEL, E. — KULIMAN, E. — SABOL, A. 1967: Príspevok ku komplexnému výskumu prírodných pomerov na príklade územia listu Plavecký Mikuláš. Čs. ochrana prírody (Bratislava), Sborník 3, s. 5—37.
- LOZANSKIJ, V. R. 1972: Problémy ochrany vôd. Charkov, VNIIV,
- MELIORIS, L. 1973: Niekoľko poznámok k problému znečistenia podzemných vôd a k prirodzenému čistiacemu pôsobeniu horninového prostredia. Manuskript — archív PF UK, Bratislava, 12 s.
- MILDE, G. — MOLLWEIDE, H. V. 1970: Hydrogeologische Faktoren bei der Grundwasser Unreinigung. Wasserwirtschaft — Wassertechnik, 7, s. 234—237.
- PELIKÁN, V. 1974: Šíření znečistění ropnými produkty v horninovém prostředí a v podzemní vodě. Geol. práce, Správy 62 (Bratislava), v tlači.
- ŠTEIN, F. 1973: Výskum technických parametrov vodárenského využívania krasových vôd. Manuskript — archív VÚVH, Bratislava, 132 s.
- ŠTEIN, F. — JACKO, R. — ROTSCHEIN, J. 1970: Voda a rozvoj životného prostredia. Životné prostredie (Bratislava), 5, s. 248—254.

Relation of hydrogeology to the problems of environment formation and protection

STANISLAV GAZDA — LADISLAV MELIORIS — ANTON PORUBSKÝ

Vast amounts of solid, liquid and gassy waste and harmful substances, produced by present — day exploitation of mineral raw materials and their industrial and/or energetic processing, by the extensive chemization of industrial and agricultural production and by the tertiary sphere as well as by the unceasingly growing settlement agglomerations, intensely contaminate all the three funda-

mental components of the living environment of man, i. e. of the upper part of the lithosphere and of the hydrosphere and atmosphere. The corresponding changes of physico — chemical properties of these geospheres influence by feedback and effects unfavourably all natural ecosystems and thus also man who is their inseparable part.

Especially intensely are the negative consequences on human life activity as shown in the individual components of the hydrosphere, among them also in groundwaters, total contamination of which systematically increases. It is evidenced by a whole series of concrete hydrochemical data given by us and others. Especially critical is the situation in the groundwaters of fluvial sediments (they are together with groundwaters of Mesozoic carbonate complexes, Cretaceous sediments of the Czech basin and some Tertiary sandy reservoir rocks — the main sources of our potable waters), which beside being commonly influenced by contamination transported by superficial streams, are in many cases distinctly contaminated also by the escape of liquid raw materials, products and wastes from the areas of industrial plants and recently more and more intensely — also regionally, — by agricultural production (vegetable as well as animal).

The present state of protection of groundwaters against contamination is not satisfactory. A complex solution for the protection of groundwaters and securing their rational utilization requires to discover the fundamental hydrogeological and hydrogeochemical regularities of their formation in various types of natural geological environment, the knowledge of the quantitative and qualitative parameters of active contamination sources and the mechanism of interactions of their products with the rocks and to determine the optimal way of their interception, exploitation and distribution. More attention must be paid also to the study of hydrogeological consequences of various civil, technical and/or water economic interventions into the natural geological environment, not always considered in a complex way, (regulation of ground streams, melioration, hydroelectric power stations, watering and drainage systems, surface and subsurface exploitation of mineral raw materials etc.,) as well as to the study of distribution of selected trace elements in ground waters and to its geohygienic applications.

Hydrogeology, as a scientific discipline which in a complex way deals with one of the most important components of the biosphere — water, must more than till now join interdisciplinary investigation of the environment. A condition for it is the discovery of an optimal concept of the complex hydrogeological investigation of phenomena and processes important from the standpoint of problems of formation and protection of the environment the an essential extension of contacts and the close cooperative relations with all interested scientific disciplines and/or fields of human activity, which take interest in the results of hydrogeology.

Hydrochemická problematika ochrany životného prostredia

(1 obr. v texte)

VRATISLAV JÍŘELE*

Problèmes hydrochimiques relatifs à la protection du milieu vital

Les auteurs signalent l'état présent non satisfaisant quant à la protection des réserves et des bassins d'eau souterraine et avertissent de la contamination chimique et microbienne. Dans cette relation, on traite l'influence chimique négative des eaux de précipitation sur la qualité de l'eau souterraine en Tchécoslovaquie. La pollution est causée tout d'abord par des exhalaisons industrielles, par des engrais artificiels et des effluents agricoles. Les fuites des hydrocarbures et du pétrole brut sont aussi très dangereuses. La partie prédominante de ce matériel de contamination est lavée par les eaux de précipitation, transportée dans les cours d'eau de surface et infiltrée dans les horizons aquifères plus profonds. On présente les schèmes des influences directes et indirectes sur la qualité de l'eau et du milieu vital en général et on mentionne les possibilités de régulation des facteurs négatifs.

Гидрохимическая проблематика охраны жизненной среды

Предложенная работа показывает современное неудовлетворяющее состояние охраны запасов подземной воды используемых бассейнов до химической и микробной контаминации. В связи с тем показывается даже отрицательное влияние химизма атмосферных осадков на качество подземных вод в ЧССР. Источниками загрязнения являются промышленная эксплуатация и сельскохозяйственные отходы. Отрицательно проявляется и учетка нефтяных углеводородов из вместилищ и нефтепроводов. Большую часть этих контаминирующих составных частей вода размывает и вносит в поверхностные течения и после инфильтрации осадков даже в более глубокие горизонты подземной воды. Схематически изображены прямые и не прямые связи воздействия качества воды и жизненной среды вообще и намечены возможные формы регулирования отрицательных влияний.

Hydrochemická problematika studia tvorby mineralizace podzemní vody byla donedávna zaměřena především na studium pochodů, probíhajících v systému hornina-voda-plyn. Předpokládalo se, že mineralizace podzemní vody vzniká výhradně při oběhu podzemní vody horninovým prostředím. Toto pojetí ovlivnilo značně i metodiku ochrany podzemní vody před znečištěním. Většinou se vycházelo z předpokladu, že znečištění je spíše lokálního charakteru, k němuž dochází při vypouštění znečišťujících látek v bezprostřední blízkosti zdrojů využívané podzemní vody. Podle toho modelu byla také vymezována ochranná pásma jímáných zdrojů nebo využívaných nádrží.

* RNDr. Vratislav Jířele, Stavební geologie, n. p., Praha.

V průběhu regionálních hydrogeologických a hydrochemických průzkumu, prováděných pracovníky Stavební geologie, n. p., Praha, se ukázalo, že jde o problematiku mnohem širší, navazující bezprostředně na ochranu životního prostředí jako celku (D. VAVŘÍNOVÁ 1970, 1973, S. ŠŮLA 1970, 1973). Je to problém divergentního charakteru, s velmi širokým společensko-ekonomickým dopadem. Ukázalo se totiž, že problematika ochrany zdrojů vody souvisí především s nadměrným znečišťováním prostředí, otázkami palivoenergetické základny, využíváním umělých hnojiv, problematikou ukládání průmyslových odpadů a s úniky ropných produktů (K. BYSTRICKÝ 1972, sine 1972). Že skutečně všechny tyto otázky spolu úzce souvisí, lze dokumentovat prokázanou závislostí mezi znečištěním ovzduší v ČSSR po roce 1945 a extenzivním rozvojem průmyslu a těžby nerostných surovin. Markantní je to především v severočeském a severomoravském kraji, kde nárůst těžebních a průmyslových kapacit byl nejvyšší. Současně s ovlivněním ovzduší se zde projevilo výrazné ovlivnění kvality srážkové povrchové a podzemní vody. Zprvu povlovný nárůst znečištění dostal v průběhu let téměř exponenciální charakter. Hlavní zdroje znečištění vyrůstaly přímo v těžebních oblastech. Elektrárny a teplárny průmyslových aglomerací ovlivnily nejen kvalitu prostředí v obytných sídlištích a okolí, ale staly se zdrojem znečištění i pro oblasti značně vzdálené (někdy i přes sto kilometrů). Stejným způsobem, i když méně výrazně, se na znečišťování podílejí i další průmyslové oblasti na území státu.

Pohybem vzdušných mas dochází k rozptylu a jakési homogenizaci plyných i pevných emisí, takže jsou rozptylovány zhruba rovnoměrně nad celým státním územím. Tyto exhaláty jsou pak primárním zdrojem mineralizace srážkových vod, kterými jsou dotovány povrchové toky a nádrže podzemních vod. Vzhledem ke zvýšeným obsahům kontaminujících složek stávají se srážkové vody potencionálním nebezpečím pro vodohospodářsky využívané zdroje pitné vody.

Srážkové vody na území ČSR, většinou síranového charakteru, ovlivňují jak upravitelnost vody, tak i postupně bonitu půd oblastí, které jsou jimi zasahovány (V. JIŘELE 1972). Vzhledem ke zvýšeným obsahům nitrátů a iontů amonných kontaminují vodu nádrží, kde napomáhají intenzivnímu nárůstu mikrobiálního znečištění. Dnes víme, že srážkové vody mohou ovlivnit kvalitu podzemní vody i v hlubších obzorech v české křídě. Předpokládáme, že kontaminační funkce srážek se projevuje také v dalších oblastech s výskytem nádrží podzemních vod, především v kvartéru a terciéru, ale také v permokarbonu a ve starším paleozoiku.

Pro názornější představu jsme se pokusili vyjádřit vliv antropogenní činnosti na přirozený koloběh vody v přírodě tak, aby byly patrné přímé i nepřímé souvislosti tohoto ovlivnění a možné formy regulace negativních dějů. Přestože schéma má jen orientační charakter, domníváme se, že vystihuje v hrubých rysech většinu přímých i nepřímých vazeb (obr. 1).

V přirozeném cyklu docházelo ke znečištění ovzduší prachem, plynými produkty rozpadů organické hmoty, produkty přírodních požárů, popřípadě činností vulkánů. Interakce v ovzduší se omezily většinou jen na rozpouštěcí pochody. Ve srážkovém období docházelo k vyčištění ovzduší a ke vzniku většinou malé základní mineralizace srážkové vody, do jisté míry ovlivněné mikroorganismy podle pohybu teplot, ovlivňujících jejich množení. Těmito vodami byla dotována půda a zásoby povrchové i podzemní vody.

Zásahem člověka se v závislosti na rozvoji techniky přirozený proces mění a ovlivnění má stále rychleji stoupající trend. Objevují se nadměrná množství emisí prudce rostoucího průmyslu odpadů plyných, kapalných i pevných, které již dnes ohrožují životní prostředí člověka, kvalitu ovzduší, vody a půdy (B. MAŘAN 1963). Vedle průmyslových a sídlištních odpadů jsou to dále produkty zemědělských velkochovných stanic, které produkují obrovská množství přirozených hnojů mikrobiálně závadných. V důsledku chemizace zemědělství se uplatňuje vliv nadměrného používání umělých hnojiv (nitráty), která jsou z velké části

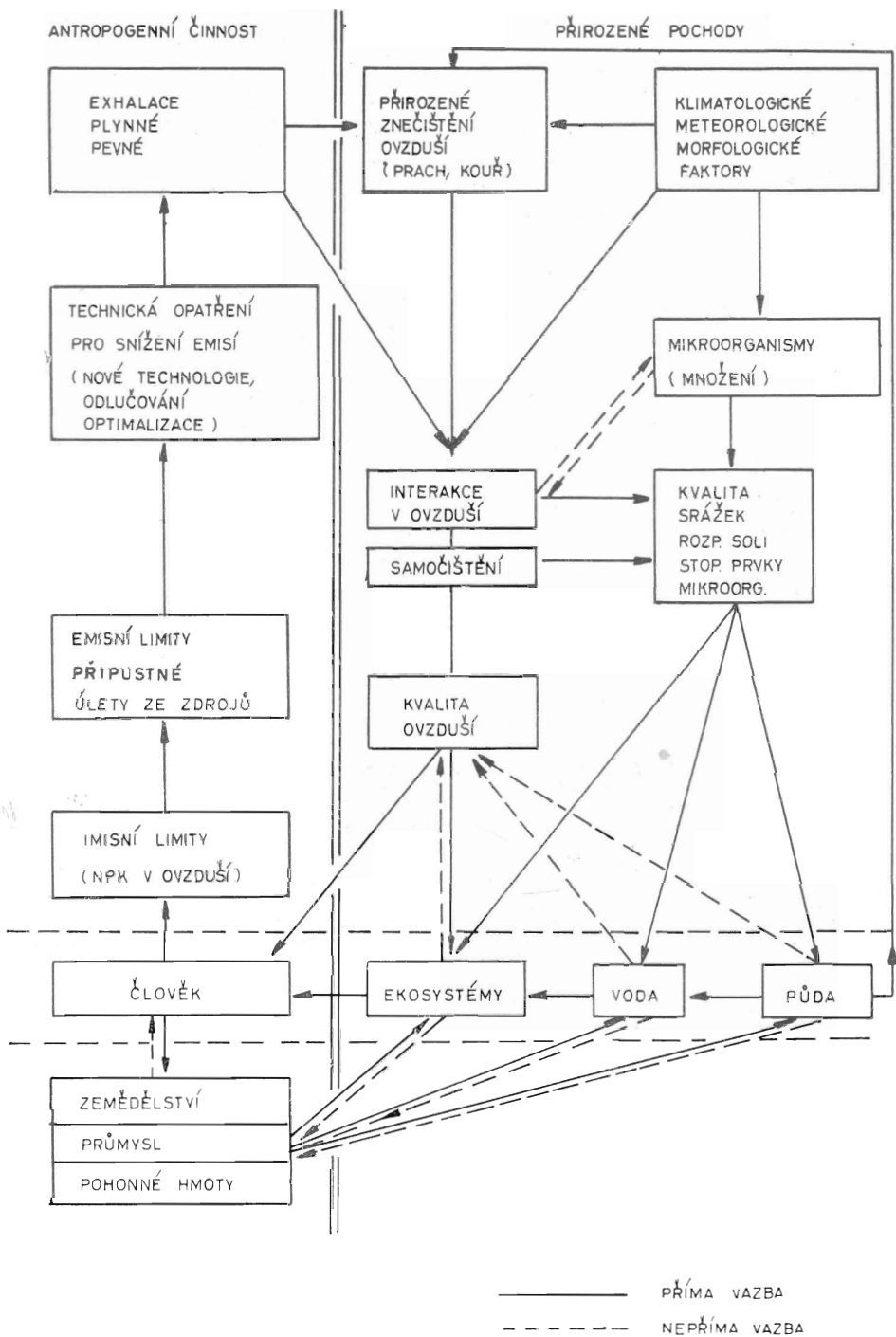


Schéma vlivu antropogenní činnosti na životní prostředí a kvalitu vody

bez úžitku odnášena vodou ve srážkových obdobích do povrchových toků, dostávají se do nádrží i do podzemní vody a negativně ovlivňují její kvalitu. Upravárenské postupy pro jejich odstranění jsou neúměrně nákladné. Dalším nebezpečím pro zásoby podzemní vody jsou v poslední době stále častěji se vyskytující nežádoucí úniky ropných uhlovodíků.

Ze schématu je sice patrné, že teoreticky lidská společnost může tyto nežádoucí vlivy regulovat technickými opatřeními pro snížení emisí a odpadů, ve skutečnosti však vidíme, že přes všechny snahy o nápravu potíže živelně narůstají a účinná opatření jsou, alespoň u nás, velmi dlouhodobého charakteru.

Nemůžeme v dostatečně krátké době změnit palivovou základnu, s níž je spojena produkce emisí ovlivňujících kvalitu vody, ani výrazně změnit situaci v zemědělství. Úniky ropných uhlovodíků budou spíše narůstat s rozvojem výstavby ropovodů a sítě dálnic.

To, co v současné době dělat můžeme a musíme, je sledovat trend vývoje znečištění jak životního prostředí, tak i kvalitu vody, abychom s odpovídající přesností dovedli předvídat důsledky ohrožení a včas na ně reagovali. Jen tak lze získat podklady pro řešení nejnaléhavějších případů. Protože jde o problematiku divergentního charakteru, uplatňující se v kontinentálním měřítku, je nutno spolupracovat na řešení těchto problémů s okolními státy, aby získané podklady měly co možná nejširší platnost. Tato problematika je společná celé řadě disciplín a týká se jak hydrogeologie a hydrochemie, tak i problémů vodohospodářských, zdravotnických, agronomických, biologických a ekonomických a do značné míry limituje další rozvoj společnosti.

Již řadu let tuto problematiku přímo i nepřímo studujeme. Do současné doby jsme měli možnost sledovat jak složení pevných a plyných emisí na území ČSR, tak i složení srážkové vody. Chemismus spádových prachů jsme sledovali v souvislosti se studiem distribuce stopových prvků při spalování hnědých uhlí v elektrárnách Tisová, Opatovice a Hodonín. Popílek hnědých uhlí spalovaných v ČSR je charakterizován řadou stopových prvků (As, Cr, Ni, Pb, V, Cu, Zn, Ti, B, Cd, Ge, Ga, Be, U a dalších). To platí i o aerosolech přítomných v ovzduší. Většinou jde o jemné prachy v nichž frakce o velikosti částic od 2—10 μ představovala 60—80 váh. %.

Z kyselých plynů, které přicházejí do atmosféry jako produkt spalování, hraje nejvýznamnější roli SO_2 , který vlivem oxidačních pochodů, katalyzovaných kyslíčnky dusíku NO_x a výšemocnými prvky, přechází na H_2SO_4 . Rozptyl SO_2 jsme sledovali v podkrušnohorské oblasti (V. JIŘELE 1972). Kyslíčnky dusíku vznikají převážně při spalovacích procesech, pokud nejsou produkovány chemickými závody přímo. Jejich obsah ve spalinách představuje setiny obj. %, při obrovské produkci spalin představuje to v běžných typech tepelných elektráren tuny NO_x za hodinu. Na produkci těchto látek má podíl i hutní a chemický průmysl. Hutě exhalují často i F, chemické závody pak Cl, chlórované uhlovodíky a řadu dalších organických sloučenin, včetně ropných produktů. Ty jsou ostatně produkovány i motorovými vozidly. Obsah uhlovodíků vymytých z atmosféry při samočištění můžeme sledovat i ve srážkových vodách, kde dosahuje koncentrace od 0,1—1,7 mg/l. To jsou už množství záražející. Zbytky uhlovodíků v atmosféře mohou přecházet na oxosloučeniny, které jsou typické pro smog.

Srážkové vody, které jsme v průběhu let 1971—1973 sledovali na území ČSR (kumulativní vzorky), byly převážně síranového typu. Z kationtů obvykle převládal hořčík nad vápníkem, často však i iont amonný. Zvýšená mineralizace srážkových vod byla nalezena v okolí větších průmyslových center, někdy však i v horských oblastech Šumavy, kde jde zřejmě o mineralizaci vznikající z exhalátů přinášených z oblasti NSR. Průměrná hodnota mineralizace srážek se v Čechách pohybovala kolem 0,1 g/l, poněkud nižší, ale srovnatelné byly mineralizace srážkové vody z oblasti Moravy. Při průměrných ročních srážkách 500—880 mm je možno odhadovat přínos mineralizace na území ČSR od 50—80 t/km²/rok. Ojedinele

i hodnoty vyšší. Tyto skutečnosti musíme mít na zřeteli při odhadu možné kontaminace zdrojů podzemní vody i vody povrchových nádrží, do nichž jsou splavené látky snášeny (viz příklad Želivky).

Je rovněž nutno novelizovat předpisy o ochraně využitelných zásob vody, které v současné době již neumožňují účinně chránit zásoby vody před chemickou a mikrobiální kontaminací nesenou ve srážkových vodách.

Pozorování, které jsme prováděli přesto, že mají vzhledem k poměrně krátké pozorovací době pouze orientační charakter, ukazují závažnost problému. Chtěli bychom proto tímto referátem upozornit na složitost hydrochemické problematiky a vazby, které jsou s tím spojeny. Pro dokonalejší interpretaci výsledků bude nutno analyzovat shromážděná data v širší souvislosti. V rámci předpokládané práce jsme byli omezení určitými limity. Věříme, že další práce na tomto úkolu pomohou objasnit další návazné souvislosti.

Doručené 18. 3. 1974

Odpověděl S. Gazda

Literatura

- BYSTRICKÝ, K. 1972: O rozvoji zdrojů a spotřeb tuhých paliv po roce 1980. Informace SEI, 1, s. 3—21.
- JIRĚLE, V. 1972: Vliv kontaminovaných srážkových vod na kvalitu podzemní vody. Dílčí zpráva SG-Praha. s. 82.
- MAŘAN, B. 1963: Sběrka dokumentů III. celostátní konference o bioklimatologii. NČSAO, Praha. s. 230.
- ŠŮLA, S. 1970: Liběchovka. Zpráva SG-Praha. s. 96.
- ŠŮLA, S. 1973: Děčínský Sněžník. Zpráva SG-Praha. s. 121.
- VAVŘINOVÁ, D. 1970: Královédvorská synklinála. Zpráva SG-Praha. s. 238.
- VAVŘINOVÁ, D. 1973: Kyšperská synklinála. Dílčí zpráva SG-Praha. s. 246.
- Sine 1971: Prognóza ochrany ovzduší ČSSR do r. 1985. Materiály MLVH (ČSSR).

Die hydrochemische Problematik des Umweltschutzes

VRATISLAV JIRĚLE

Während der letzten Jahren befassten wir uns mit dem Studium der steigenden Verschmutzung der ausnützaren Wasservorräte. Es wurde nachgewiesen, dass die Staub- und Gasexhalationen eine direkte Quelle und Ursache der Mineralisation der Niederschlagswässer und demzufolge auch eine Quelle der Grundwasserkontamination und Verschmutzung des Wassers in Wasserspeichern darstellen. Die bisherige Vorschrift zum Schutz der Wasservorräte ermöglichen nicht einen wirk-samen Schutz der Grundwasservorräte, sowie der anwendbaren Vorräte in den Stauseen zu sichern. Die wirtschaftliche Wirkung und Bedeutung der Wasserverschmutzung ist recht vielseitig, weil sie praktisch alle Aufbauzweige betrifft und in der Zukunft wahrscheinlich die Verteilung der Investitionsmittel bedeutend beeinflussen kann.

Alle Stoffe, die den Luftraum verunreinigen, reagieren miteinander bei den Kontakt der gasförmigen und festen Phase der Exhalationen und der natürlichen Stäube. Die atmosphärische Feuchtigkeit und das Niederschlagswasser eluieren die löslichen Salze, die bei der Reaktion der sauren Gase mit alkalischen Stäuben und Flugaschen entstehen. Auf diese Weise bildet sich die primäre Mineralisation der Niederschlagswässer. Schwach mineralisierte Lösungen enthalten vielartige anorganische Stoffe und Mikroorganismen, welche sich gut vermehren können, falls die Lösungen sauerstoffhaltigen Molekülen z. B. SO_4 , PO_4 , NO_3 und dgl. enthalten.

Die Niederschlagswässer gehören am Gebiet von CSR meistens zu dem Magnesium- bis Kalzium-sulfattyp mit erhöhtem Gehalt an Nitraten. Die Niederschlagswässer von Bikarbonattyp kommen

wesentlich weniger oft vor, enthalten auch einige Spurenelemente, die für die Flugaschen charakteristisch sind. (z. B. As, V, Cr, Pb, Mo, Cu, Zn, B, Ba, Be, U). In einigen Industriegebieten wurden die Niederschlagwässer vom Amoniumsulphat- bis Amoniumbikarbonattyp registriert.

Für die Beurteilung haben wir die kumulativen Proben der Niederschlagwässer zur Verfügung. Die für die Kompletanalyse benötigte Menge des Wassers wurde innerhalb eines Monats gesammelt. Die Proben wurden in 120 Niederschlagsmesstationen in Böhmen und an 70 Stationen in Mähren abgenommen. Sie stellen ungefähr die durchschnittliche Zusammensetzung des Niederschlagwassers in beobachteten Zeitperioden. Die durchschnittliche Mineralisation der Niederschlagwässer beträgt ungefähr 0,1 g/l. Nehmen wir an, dass die Summe der Niederschläge in CSR sich zwischen 500—800 mm bewegt, so bedeutet dieses 50—80 t/km² jährlich.

Dazu müssen wir noch den Einfluss der Stickstoffverbindungen der Kunstdüngemitteln, der Erdölprodukten und Kohlenwasserstoffen, welche von Behältern entweichen zurechnen. Alle diese Stoffe werden gleichfalls durch die Niederschlagwässer in die Zirkulation der Grund- und Oberflächenwässer eingeführt.

Für einfachere Vorstellung haben wir die negative Wirkung der anthropogene Tätigkeit in direkte und indirekten Zusammenhängigkeiten und Regulationsmöglichkeiten schematisiert.

Problematika ochrany podzemnej vody Žitného ostrova z hľadiska súčasných hydrogeologických a hydrogeochemických poznatkov

(1 obr. a 1 tab. v texte)

STANISLAV GAZDA* — PAVEL POSPÍŠIL**

La protection des eaux souterraines dans la région de Žitný ostrov au point de vue des connaissances hydrogéologiques et hydrogéochimiques contemporaines

La région de Žitný ostrov — le réservoir unique d'eaux souterraines — est récemment de plus en plus menacée par les phénomènes négatifs de l'activité humaine. Les produits anthropogènes polluent les cours d'eau de surface lesquels rechargent les réserves d'eaux souterraines. Ces produits s'infiltrant directement dans les eaux souterraines, éventuellement sous forme des effluents dans le voisinage des usines ou sous forme des eaux de précipitation. Les auteurs présentent leur plan de la protection rationnelle des eaux de Žitný ostrov lequel est basé sur l'évaluation complexe des conditions hydrogéologiques et hydrochimiques de cette région. Ils recommandent de protéger les eaux souterraines surtout dans les lieux de la formation des réserves dynamiques. De cette manière la partie prédominante de la région resterait réservée pour l'agriculture.

Проблематика охраны подземных вод Житного острова с точки зрения современных достижений в гидрогеологии и гидрогеохимии

Житный остров, единичная база ресурсов подземных вод, в последнее время все больше подвергаются опасности отрицательных влияний человеческой деятельности. Антропогенные продукты с одной стороны загрязняют воды поверхностных течений, являющихся главным источником пополнения ресурсов его подземных вод и с другой стороны проникают в подземные воды в виде жидких отходов в ареалах промышленных и сельскохозяйственных заводов или посредством атмосферных вод. Исходя из комплексной оценки гидрогеологических и гидрохимических условий Житного острова, авторы дают предложение рациональной охраны его подземных вод. Они рекомендуют охранять подземные воды в первую очередь в области производства их динамических ресурсов. Таким образом преимущественная часть Житного острова сохранилась бы для сельскохозяйственного производства.

Žitný ostrov ako súčasť dôležitej hydrogeologickej štruktúry — Podunajskej nížiny predstavuje v našich podmienkach jedinečnú zásobáreň podzemnej vody, z ktorej podľa posledných prác (A. PORUBSKÝ — S. GAZDA — M. KNĚŽEK — T. REPKA 1971) možno odobrať 14—18 m³/s vody.

Podľa úvah vodohospodárov sa má voda z tejto zásobárne dopravovať skupinovými vodovodmi do oblasti Nitry, Nových Zámkov, Šiah, Poiplia a perspektívne až do oblasti

* Ing. Stanislav Gazda, ČSc., Geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 809 40 Bratislava.

** RNDr. Ing. Pavel Pospíšil, IGHP, n. p., 812 23 Bratislava.

Lučenca. V celom území sa majú vybudovať zdroje s kapacitou až niekoľko m³/s vody. Časť z týchto zdrojov už vodu dodáva (Kalinkovo 850 l/s, Šamorín 600 l/s), časť je v štádiu podrobnejšieho prieskumu (Šamorín — zvýšenie až na 3,0 m³/s, Gabčíkovo 2—3 m³/s).

Nedomyslené zásahy človeka tento z vodohospodárskeho hľadiska taký významný hydrogeologický celok značne ohrozovali a aj v súčasnosti ešte ohrozujú. Dôsledkom sú vážne straty ekonomického charakteru, nehovoriac už o tom, že sa strácajú zdroje, ktorých kapacita sa z hľadiska celkovej bilancie zásob podzemnej vody nedá nahradiť (II. vodný zdroj v Podunajských Biskupiciach).

Doterajšie ochranné opatrenia sa zamerali prevažne na západnú časť územia, ktorá je bezprostredne ohrozená najmä ropnými produktmi. Ak sa má objektívne a komplexne riešiť ochrana podzemnej vody Žitného ostrova ako celku, treba vychádzať z poznania:

a) základných hydrogeologických a hydrogeochemických zákonitostí formovania zdrojov podzemnej vody,

b) kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov pôsobiacich zdrojov sekundárneho znečisťovania a mechanizmov transportu ich produktov vo vodnom prostredí.

Náčrt hydrogeologických pomerov

Územie Žitného ostrova je súčasťou Podunajskej nížiny — jej okrajovej časti, ktorá je charakteristická veľkými akumuláciami klastických súvrství, sčasti kvartérnych, sčasti mladoneogénnych. Hranica medzi kvartérom a neogénom sa zatiaľ jednoznačne nezistila a nepotvrdila paleontologickými alebo inými dôkazmi.

Z hľadiska formovania hydrogeologických pomerov zohrala podstatnú úlohu mladá tektonika a činnosť Dunaja. Tektonická aktivita mala poklesový charakter — diferencovala naše územie na čiastkové kryhy, ktorý majú centrum poklesávania v oblasti Gabčíkova (J. JANÁČEK 1967, L. JAKUBEC — A. PORUBSKÝ 1962). Celý klastický komplex bol prevŕtaný do hĺbky 400 m a podľa výsledkov geofyziky (J. MÁJOVSKÝ 1969) dosahuje jeho hrúbka až 600 m. Aj keď poklesávanie je do určitej miery postupné, predsa v pozdĺžnom smere vidieť markatný nárast hrúbky komplexu štrku a piesku v oblasti Hamuliakova až Šamorína, kde hrúbka dosahuje 100—130 m. V území medzi Hamuliakovom a Šamorínom nie je prechod do podložia jednoznačný, prvé vložky ílu sa vyskytujú v hĺbke okolo 130 m a ďalej nasleduje súvrstvie striedajúceho sa ílu a drobného štrku. Podľa súčasných znalostí sleduje pozdĺžna os celej depresie približne spojnicu Šamorín — Rohovce — Šuľany — Topoľovec. V území v. od Gabčíkova dochádza k redukcii celého komplexu gabčíkovskými zlomami (J. JANÁČEK 1967) o 230—280 m na vzdialenosť asi 5 km. Zlomy majú smer SV—JZ a sú veľmi dôležitým prvkom aj z hydrogeologického hľadiska. Ďalej sa súvrstvie postupne redukuje až do oblasti Klížskej Nemej (vysoká kryha pri Klížskej Nemej), kde hrúbka štrkopiesku klesá až na asi 20 m, a ďalej do oblasti Komárna (až na 5 m).

Naše poznatky o priečnom profile už nie sú také úplné. Je nesporné, že celá panvová štruktúra zasahuje aj územie po pravej strane Dunaja, kde v území medzi Rusovcami a Dunajom narastá hrúbka štrku a piesku z 30 na 62 m. Severné ohraničenie možno rovnako klásť za Malý Dunaj, kde sa v oblasti sv. od Jelky zistila značná redukcia náplavov. V centre Žitného ostrova sú zatiaľ pomery málo známe. Nie je jasné, či v priečnom smere ide o jednotnú depresiu, alebo či sú tam aj čiastkové elevácie.

Z hľadiska zrnitosti možno pozorovať postupné zjemňovanie od štrku až balvanitého charakteru pod Bratislavou cez hrubozrnný štrk (Šamorín) k drobnozrnnému štrku silne piesčitému (Gabčíkovo — Palkovičovo). Zmeny zrnitosti však nie sú jednotné a jednoznačné.

né. Veľké zmeny sú aj na krátke vzdialenosti, v čom sa odrážajú charakteristické vlastnosti Dunaja, ako je častá a rýchla zmena vodnosti, a teda aj unášacej sily. Tieto prejavy výstižne opisujú viaceré práce zo Žitného ostrova (L. JAKUBEC — A. PORUBSKÝ 1962). V ostatnom období bola táto vlastnosť náplavov charakterizovaná aj kvantitatívne v oblasti Šamorína, kde podľa údajov T. REPKA a I. MUCHU (1974) dosahuje anizotropia spôsobená vrstvou heterogenitou hodnotu až vyše 50.

Z morfológického hľadiska vytvára Dunaj po vstupe do Podunajskej nížiny náplavový kužeľ a približne jeho vrcholom dnes tečie. V minulosti sa jeho koryto pohybovalo po celom dnešnom území Žitného ostrova.

Osobitné postavenie má Dunaj aj z hydrologického hľadiska. Zásobuje vodou územie, ktorým preteká — najmä v úseku Bratislava až Palkovičovo — prakticky pri každom vodnom stave, a to vďaka tomu, že jeho koryto je uložené na spádnici naplavovaného kužeľa. V obdobiach po rýchlom poklese povodňového stavu na krátky čas nastáva drénovanie okolitého územia. Taký stav trvá vždy len krátke obdobie, ale opakuje sa viackrát do roka. Čiastočky vody tak predlžujú svoju dráhu v pôrovitom prostredí a nepohybujú sa tak jednoznačne smerom, ktorý ukazujú hydroizohypsy.

Podľa najnovších poznatkov sa zdá, že infiltrácia z Dunaja nie je rovnako intenzívna na obe strany. Dôležitú úlohu hrá asymetrická poloha koryta voči celej depresii, ktorá spôsobuje, že podzemná voda infiltrujúca do náplavov prúdi v smere menšieho odporu, t. j. do územia Žitného ostrova, kde sa jej prietochný profil relatívne viac zväčšuje ako po pravej strane koryta. Je pravdepodobné, že tu nastáva až isté nasávanie podzemnej vody, ktorá takto prúdi v prevažnej miere do ľavostranných náplavov. Tento jav by mohol byť dôkazom, že zásoby podzemnej vody Žitného ostrova sú produktom infiltrácie z prevažnej časti koryta Dunaja, teda nielen z brehovej čiary, resp. ľavostrannej polovice koryta. Pohyb vody potom tiež nie je horizontálny, ale zostupný.

Potvrdzujú to aj výsledky tríciových analýz. V oblasti Rusoviec, pri objekte vzdialenom od Dunaja asi 800 m, došlo k určitej zmene veku vody už v hĺbke 25—30 m, zatiaľ čo v oblasti Šamorína, pri objekte vzdialenom od Dunaja asi 2,5 km, možno markantnú zmenu veku vody pozorovať až v hĺbke okolo 135 m (P. POSPÍŠIL — Š. ŠÁRO 1974, P. POSPÍŠIL 1974).

Podzemná voda prúdi územím Žitného ostrova v smere približne paralelnom s jeho obmedzením, pričom pod vplyvom narastania hrúbky štrku sa rýchlosť prúdenia postupne znižuje, až v území od Dunajskej Stredy a Gabčíkova zásluhou gabčíkovských zlomov nastáva vzdúvanie podzemnej vody. Podľa existujúcej siete odvodňovacích kanálov a ich prietokov aj v období nízkych stavov na Dunaji možno usúdiť, že účinok vzdúvania podzemnej vody (prispieva k nemu aj zjemňovanie sedimentov) sa prejavuje aj západnejšie. Napr. v oblasti Šulian a Bodík boli v minulosti veľké mokriny (pramene Čiližského potoka), ktoré sú už odvodnené.

Zaujímavé postavenie v tomto smere majú aj kanály Šarrétu v území medzi Lehnicami a Dunajským Klátovom. V suchom období jesene r. 1972 odvádzali až 1700 l/s vody. (P. POSPÍŠIL 1972). Príčina výveru vody do týchto kanálov nie je zatiaľ známa. Nie je vylúčené, že ide o vplyv vzdúvania podzemnej vody zásluhou s. obmedzenia nádrže. Je prekvapujúce, že sa takýto kvantitatívne významný odber podzemnej vody na relatívne malom území neprejavil na nijakej doterajšej mape hydroizohýps.

V doterajších prácach o Žitnom ostrove sa Malý Dunaj pokladá za hraničnú podmienku v tom zmysle, že drénuje podzemnú vodu prúdiacu do jeho povodia od Dunaja. Po mnohých vodohospodárskych úpravách — vybudovanie vtokového objektu, hate v Novej Dedinke atď. — táto jeho úloha ako dôležitej okrajovej podmienky nie je už dnes taká jednoznačná. Podľa niektorých údajov (Pelikán, ústna informácia) v úseku pod Bratislavou je hladina podzemnej vody pod Malým Dunajom prakticky oddelená od povrchovej vody. Vzhľa-

dom na to, že kvalitatívne údaje poukazujú na vplyv Malého Dunaja na podzemnú vodu, zdá sa pravdepodobné, že koryto rieky je tu „zavesené“, teda infiltrované množstvo vzhľadom na vysokú priepustnosť štrku v jeho trvale zvodnenej časti nestačí na vytvorenie spojitého prepojenia povrchovej a podzemnej vody. V úseku pod haťou Nová Dedinka plní Malý Dunaj pravdepodobne úlohu drénu aj dnes.

Vychádzajúc z týchto poznatkov možno celé územie Žitného ostrova z hydrogeologického hľadiska rozdeliť na tri zóny:

1. zóna tvorby podstatného množstva podzemnej vody, ku ktorej patrí územie tesne priliehajúce k Dunaju;

2. zóna transportu a hlavného znečisťovania podzemnej vody, ktorú tvorí prevažná časť západnej polovice Žitného ostrova;

3. zóna odvodňovania, pod ktorou rozumieme tú časť územia, v ktorej podzemnú vodu odvádza Malý Dunaj, kanály a tiež aj Dunaj. Táto oblasť sa na S začína už pri Lehniciach, kde veľké množstvo vody odvádza Starý a Nový hlavný kanál. Ďalej pokračuje do oblasti, v ktorej je kanál S-VII s prítokmi, t. j. približne v. od spojnice Bodíky — Dunajská Streda — Dunajský Klátov, a podľa doterajších poznatkov pokračuje až po Komárno.

Treba podčiarknuť, že toto členenie platí za súčasného stavu neovplyvnených prírodných podmienok. Po výstavbe vodných diel nastanú značné zmeny, a preto bude treba urobiť určité korekcie, najmä pokiaľ ide o územie, v ktorom sa tvoria zásoby podzemnej vody, a pravdepodobne aj v ohraničení územia s intenzívnym odvodňovaním. Podstatne sa však ani potom charakter hydrogeologických procesov nezmení.

Náčrt hydrogeochemických pomerov

Mimoriadne zložité hydrogeochemické pomery Žitného ostrova sú výsledkom vzájomného pôsobenia komplexu faktorov, ktoré z hľadiska ich funkcie v procese tvorby chemického zloženia podzemnej vody možno rozdeliť na primárne a sekundárne.

Z primárnych genetických faktorov, ktoré úzko súvisia s prírodnými geologickými, hydrogeologickými a geochemickými pomermi Žitného ostrova, má určujúci význam mineralogicko-petrografický charakter kvartérneho štrkopiesku a jeho bezprostredného podložia (prevažne klastické sedimenty pontu), resp. nadložia (pôdny pokryv), chemické zloženie zdrojovej vody (povrchová voda Dunaja, v menšej miere aj zrážková voda) a celkové (hydrodynamické, termodynamické a oxiredukčné) podmienky ich obehu.

Primárne genetické faktory pôsobia v smere formovania výrazného kalcium-magnézium-bikarbonátového chemizmu podzemnej vody. Povrchová voda Dunaja (podľa R. JACKA 1968 rozptyl mesačných priemerov mineralizácie, resp. hodnôt A_2 za obdobie 1961—1967 je 0,28—0,38 g/l, resp. 67—75 mval ‰), ktorá je hlavným zdrojom dopĺňania podzemnej vody, sa pri prestupe štrkopieskom ďalej mineralizuje hlavne hydrolytickým rozkladom silikátov (najmä živcov a slúd, ktoré vo forme samostatných zŕn v piesčitej zložke, resp. ako súčasť rozličných silikátových hornín obliakovej zložky majú po kremeni najväčšie zastúpenie) a rozpúšťaním karbonátov (v sz. časti Žitného ostrova sa ich podiel v oblakovej zložke štrkopiesku do hĺbky asi 70 m pohybuje v rozmedzí 5—8 ‰; D. MINAŘIKOVÁ 1960). Oba tieto procesy v termodynamických a oxiredukčných podmienkach plytkopodpovrchového obehu uvoľňujú do prestupujúcej vody hlavne hlavne ióny Ca^{2+} , Mg^{2+} a HCO_3^{1-} s intenzitou závislou od radu faktorov (rýchlosť prúdenia, granulometrické zloženie, distribúcia karbonátov atď.), čo v konečnom dôsledku vedie k formovaniu výrazného primárneho kalcium-magnézium-bikarbonátového chemizmu podzemnej vody štrkopiesku. Existencia zóny výrazne kalcium-magnézium-bikarbonátovej vody v území Žitného ostrova priľahlom k Dunaju (obr. 1) takýto výhľad plne potvrdzuje.

Tab. 1

Zóna	priemerné hodnoty (mediány) ⁺¹ základných hydrochemických parametrov								% výskyt koncent. pod limitné hodnoty ⁺² ČSN 830 611		% zastúpenie vody nevyhovujúcej svojím zložením ostatným hydrochemickým kritériám ČSN 830611
	M mg/l	A ₂ mval %	S ₂ (SO ₄) mval %	Mg/Ca	Na/K	SO/M	Cl/M	org. látky mgO ₂ /l	Fe	Mn	
A n = 24	447,0	74,4	17,1	0,46	5,2	0,09	0,03	1,3	37,5	62,5	16,6
B n = 37(26) ⁺³	645,0 (594,0) ⁺³ (718,0) ⁺⁴	62,6	23,6	0,51	5,8 (4,4) ⁺³ (17,9) ⁺⁴	0,13	0,04	2,0 (1,4) ⁺³ (3,6) ⁺⁴	64,0 ⁺³ (0,0) ⁺⁴	84,0 ⁺³ (0,0) ⁺⁴	48,6 (38,5) ⁺³
C n = 10	823,0	45,4	35,9	0,50	8,1	0,18	0,06	1,6	20,0	60,0	70,0
	1155,0	51,0	29,4	0,89	22,4	0,15	0,06	3,6	8,7	30,4	80,0 ⁺⁵

Poznámky: ⁺¹ — stredná hodnota súborov usporiadaných podľa veľkosti

⁺² — hromadné zásobovanie

⁺³ — horná časť Žitného ostrova (v tabuľke sú priemery iba tých hydrochemických parametrov, ktoré sa výrazne odlišujú od priemeru pre celú zónu)

⁺⁴ — dolná časť Žitného ostrova (ako pri poznámke ⁺³)

⁺⁵ — bez lokalít výrazne ovplyvnených tektonickým rozptylom vôd podložného pontu

Ak si odmyslíme sekundárny vplyv poľnohospodárskej výroby, oba mineralizačné procesy primárne pôsobia aj pri prestupe zrážkovej vody cez pôdny pokryv. Všetky typy pôdy Žitného ostrova sú totiž silne vápnité a pomerne piesčité. Podľa J. TANISTRÁKA (1964) a J. HRAŠKA (1968) sa pohybuje obsah CaCO_3 v pôde prevažne v rozmedzí 10—30 %, pričom popri prevládajúcom kalcite bol identifikovaný aj dolomit a plagioklasy sú po kremeni druhým najvýznamnejším minerálom ľahkej frakcie ich piesčitej zložky.

Trochu odlišný mechanizmus tvorby chemizmu podzemnej vody pôsobí v hlbších častiach štrkopieskového komplexu v strednej časti Žitného ostrova. Bezprostredne súvisí s výrazným poklesom obsahu karbonátov v obliakovej zložke štrkopiesku, resp. so zmenami termodynamických, oxiredukčných a hydrodynamických podmienok s hĺbkou (A. PORUBSKÝ — S. GAZDA — M. KNĚŽEK — T. REPKA 1971) a vedie k vzniku charakteristickej vertikálnej zonálnosti chemizmu podzemnej vody tejto časti Žitného ostrova (pokles mineralizácie a postupný mierny posun celkového chemizmu smerom k nátrium-bikarbonátovému typu).

Sekundárne genetické faktory úzko súvisia s činnosťou človeka, ktorý výstavbou rozsiahleho priemyslu a chemizáciou poľnohospodárskej výroby vytvoril v študovanom území trvale pôsobiace intenzívne zdroje organického i anorganického znečisťovania podzemnej vody.

Jedným z najvýznamnejších zdrojov sekundárneho znečisťovania podzemnej vody Žitného ostrova je priemyselná odpadová voda z areálu Bratislavy, hlavne odpadová voda chemického priemyslu, ktorá sa spolu s časťou splaškovej vody z mesta odvádza do Dunaja. Celkové množstvo rozličných anorganických i organických látok, ktoré táto voda prináša do Dunaja, reprezentuje ročne asi 100 000 t (stav z r. 1970), z čoho hlavný podiel pripadá na sírany (podľa technického odboru CHZJD priemerný obsah síranov v odpadovej vode bol v r. 1970 1,98 g/l), nerozpustné látky, sodík, chloridy a rozličné organické látky, vrátane olejov a fenolov.

Po zaústení do Dunaja (asi 4—5 m od brehu) sa odpadová voda nezmieša hneď dokonale s celou masou vody Dunaja, ale sa len postupne čiastočne mieša s povrchovou vrstvou vody Dunaja tečúcou pozdĺž jeho ľavého brehu. Pretože odpadová voda zaúštuje v úseku Dunaja, v ktorom počas celého roku dochádza k intenzívnej infiltrácii jeho vody do štrkopieskového komplexu, značná časť látok prinášaných odpadovou vodou prestupuje do obehu podzemnej vody. Pravdivosť tohto záveru potvrdzuje skutočnosť, že pozdĺž celého asi 30 km úseku ľavého brehu Dunaja pod vyústením odpadovej vody Slovnaftu boli spozorované charakteristické zmeny zoobentosu (celkový pokles množstva a vyhynutie celých skupín organizmov) žijúceho na skalných brehoch (M. ANTONIČ — J. ROTHSCHEIN 1966).

V minulosti (do r. 1959) za nízkeho vodného stavu na Dunaji tvorila prietok M. Dunaja v hornom úseku jeho toku iba odpadová voda zo splaškovej kanalizácie, resp. odpadová voda CHZJD, ktorá doň vyúsťovala otvoreným kanálom. Z tohto kanálu v priebehu celého roku a z M. Dunaja v značnej časti roku dochádzalo k infiltrácii týchto vysokomineralizovaných a vysokoagresívnych (prítomnosť voľnej H_2SO_4) vôd natrium-kalcium-sulfátového typu do priľahlých častí štrkopieskového komplexu. Infiltráciu v počiatočnej fáze sprevádzali rozličné fyzikálno-chemické reakcie s horninovým materiálom štrkopieskov (pôd) a s nimi spätým vznikom sekundárnej mineralizácie — zasolenia, reprezentovaného rozličnými vyzrážanými minerálmi, resp. koagulovanými látkami, sorpciou iónov SO_4 na kladne nabitých koloidoch (napr. $\text{Fe}(\text{OH})_3$), obsadením výmenných centier ílových minerálov iónmi Na^+ a SO_4^{2-} (vymieňajú sa celé skupiny OH^-) atď. V priebehu dlhoročného pôsobenia sa zóna tohto zasolenia postupne stále viac rozširovala. Prúd podzemnej vody vychádzajúci pod Bratislavou z Dunaja, ktorý má počiatočný smer prúdenia Z—V, spôsobil, že toto zasolenie nepreniklo významnejšie v smere osi Žitného ostrova do jeho centra, ale sa obmedzilo

iba na obojstrannú pririečnu zónu M. Dunaja a významne ju ovplyvnilo prakticky až po sútok s Váhom. V súčasnom období toto zasolenie postupne vyplavuje prúdiaca podzemná voda, pričom sa v rozličnom stupni mení jej celkový chemizmus.

V súčasnom období vyúsťuje do M. Dunaja časť mestskej splaškovej vody Bratislavy a dvoma kanálmi (otvoreným a zatvoreným) chladiaca voda Slovnaftu, ktorá je významným zdrojom znečisťovania vody M. Dunaja ropnými uhľovodíkmi a fenolmi.

Ak vezmeme do úvahy iba otvorený odpadový kanál, ktorým z areálu Slovnaftu odteka 2—3 m³/s chladiacej vody s priemerným obsahom ropných uhľovodíkov 4 mg/l (priemer za r. 1967 a 1968 — JACKO 1970), dostáva sa do M. Dunaja iba z tohto zdroja v ročnom priemere 250—380 t ropných uhľovodíkov. Pritom okrem dispergovaných, resp. rozpustných ľahších frakcií ropných uhľovodíkov zahrnutých v uvedenej neúplnej bilancii (zatvorený kanál obsahoval v uvedenom období v priemere 10,3 mg/l olejovitých látok a 0,14 mg/l fenolov), je chladiaca voda Slovnaftu nositeľom aj ich ťažších frakcií, ktoré sa transportujú ako fáza na povrchu ich hladiny. Že je takto kontaminovaná povrchová voda M. Dunaja v hydrochemickom vzťahu so zvodneným štrkopieskovým komplexom, dokumentuje prítomnosť naftových produktov v podzemnej vode po oboch stranách toku M. Dunaja (PELIKÁN — ústna informácia).

Pri intenzívnom využívaní povrchovej vody M. Dunaja na zavlažovanie (v súčasnosti sa zavlažuje plocha 29 000 ha) sa kontaminujúce naftové uhľovodíky transportujú i do vzdialenejších častí Žitného ostrova. Závlahové kanály odoberajú vodu z M. Dunaja pod Malincom, kde je stupeň jej znečistenia maximálny.

Ešte významnejším zdrojom ropného znečisťovania podzemnej vody Žitného ostrova ako chladiaca voda je samotný areál závodu Slovnaft, kde v dôsledku radu príčin (nedostatočné ochranné opatrenia, netesnosť kanalizačnej siete a produktovodov, nedodržovanie technologickej disciplíny na stáčacích rampách a v skladovacích objektoch, poruchy a havárie atď.) nekontrolovateľne uniká značné množstvo ropy, surovej odpadovej vody a rozličných produktov. Ako výsledok dlhodobého úniku sa vytvorila pod areálom závodu na hladine podzemnej vody súvislá vrstva ropy a produktov jej petrochemického spracovania, ktorej hrúbka dosahuje miestami až 2 m (J. PROCHÁZKA et al. 1973). Závod Slovnaft je pritom situovaný práve v miestach, kde sa od Dunaja odvetvuje hlavný prúd infiltrujúcich povrchových vôd, pokračujúci najprv v. a potom jv. smerom do centra Žitného ostrova. Znečistenie podzemnej vody týmto zdrojom už zasahuje až do okolia Nových Košarísk, Miloslavova a Tomášova (R. JACKO 1970) a reálne ohrozuje, a to aj napriek rozsiahlym a nákladným ochranným, resp. sanačným opatreniam, ktoré sa v súčasnosti pripravujú a sčasti už aj realizujú, aj ďalšie časti Žitného ostrova.

Ďalším význačným zdrojom sekundárneho znečisťovania podzemnej vody Žitného ostrova je poľnohospodárska výroba. Celková výmera intenzívne poľnohospodársky obrábanej ornej pôdy na Žitnom ostrove je asi 150 000 ha, pričom súčasná ročná spotreba minerálnych hnojív v prepočte na čisté živiny sa pohybuje na úrovni 260 kg/ha, čo značne prevyšuje celoslovenský priemer, ktorý je iba 150 kg/ha (stav z r. 1971). Toto množstvo minerálnych hnojív po prepočte na km² reprezentuje asi 26 t spravidla veľmi dobre rozpustných solí (dusičnaný, sírany a fosforečnany alkálií a alkalických zemín), z ktorých značnú časť zrážková voda transportuje do podzemnej vody. Vyplavovať soľ z pôdy pomáha aj intenzívne zavlažovanie (v priemere sa na 1 ha spotrebuje asi 2000 m³ vody), ktorého plošný rozsah neustále vzrastá. V súčasnosti sú na Žitnom ostrove závlahy vybudované na 31 000 ha, do r. 1980 sa počíta s rozšírením zavlažovanej plochy na 50 000 ha a po r. 1980 až na 62 000 ha.

Podzemnú vodu stále viac znečisťujú aj pesticídy, ktorých sa v súčasnosti (stav z r. 1971) spotrebuje asi 1420 t, z čoho 640 t pripadá na ťažko nahraditeľné chlórované uhľovodíky.

Po prepočte na 1 ha pôdy predstavuje znečistenie chlórovanými uhľovodíkmi 4,5 kg/ha/rok. Pôdu Žitného ostrova ročne znečisťuje aj asi 3000 t odpadu z olejov a mazadiel. Tento údaj však pravdepodobne nie je úplný. V súvislosti s koncentráciou živočišnej výroby (veľko-farmy a veľkovýkrmne) vznikajú problémy s uskladňovaním, zužitkúvaním a likvidáciou pevných a kvapalných fekálií. O aké množstvo ide, ilustruje údaj, že každý kus ustajneného hovädzieho dobytku produkuje denne priemerne 20 l trusu a 15 l moču (R. JACKO 1972). Pri chove prasiat je produkcia trusu a moču o niečo nižšia. Celkové súčasné organické znečistenie z poľnohospodárskej výroby, ktoré ohrozuje kvalitu povrchovej a podzemnej vody Žitného ostrova, sa odhaduje na 2,4 milióna populačných ekvivalentov. Závažnosť tohto druhu znečistenia podčiarkujú výhľadové úvahy poľnohospodárov, podľa ktorých sa budú pri koncentrácii chovu stavať aj zariadenia, v ktorých bude počet kusov dosahovať až niekoľko desiatok tisíc (Hroboňovo, Mliečany, Blahová).

Významným a zatiaľ ešte plne nedoceneným zdrojom znečisťovania podzemnej vody Žitného ostrova sú aj plynné, resp. pevné priemyselné exhaláty. Celkovú súčasnú produkciu plyných a pevných exhalátov v areáli Bratislavy možno odhadnúť asi na 80 000 t, z čoho približne 50 000 t pripadá na SO_2 a zvyšok tvorí pevný úlet, popolček, CS_2 , H_2S , SO_3 , F_2 , Cl_2 , HCl atď. Ak uvážime, že v značnej časti roka prevládajú v okolí Bratislavy sz. a z. vetry, exhaláty sa prevažne transportujú nad územie Žitného ostrova, kde časť z nich prostredníctvom zrážok znečisťuje podzemnú vodu. Navyše na samotnom území Žitného ostrova pôsobí celý rad menších i väčších producentov exhalátov, hlavne SO_2 a popolčeka. Tak napr. iba cukrovar v Dunajskej Strede počas kampane vypustí do ovzdušia asi 10 000 t SO_2 . Prašný spád na území Žitného ostrova je 100 až 150 t/km²/rok, smerom na Bratislavu sa postupne zvyšuje až na hodnotu 300 t/km²/rok.

Výrazné zastúpenie zlúčenín síry v exhalátoch má závažné hydrogeochemické dôsledky. Ak predpokladáme, že z uvedenej, zrejme neúplnej bilancie množstiev SO_2 sa ročne iba asi 10 000 t oxiduje a rozpustí v zrážkovej vode, spadne na územie Žitného ostrova asi 15 000 t kyseliny sírovej, ktorá výrazne ovplyvní hlavne interakciu zrážkovej vody s pôdnym pokryvom.

Pôsobením sekundárnych genetických faktorov sa primárny chemizmus podzemnej vody Žitného ostrova výrazne metamorfuje. Stupeň tejto metamorfózy sa mení v čase i priestore. V priestore závisí od pozície územia vo vzťahu k pôsobiacim zdrojom sekundárneho znečisťovania, v čase od premenlivej intenzity pôsobenia týchto zdrojov vo vzťahu k pôsobeniu primárnych genetických faktorov, podmienenej zmenami ich kvalitatívnych a kvantitatívnych parametrov. Organický podiel sekundárneho znečistenia sa spravidla z obehu podzemnej vody eliminuje pomerne rýchlo. Výnimkou sú iba ropné uhľovodíky (vrátane produktov ich petrochemického spracovania) a iné, fyzikálno-chemicky, resp. biochemicky ťažko nahraditeľné organické látky (napr. pesticídy). Anorganický podiel sekundárneho znečistenia je vo vodnom prostredí spravidla stabilný a ľahko transportovateľný, a preto môže ovplyvňovať chemické zloženie podzemnej vody aj v značnej vzdialenosti od zdroja znečistenia. Prejavuje sa najmä nerovnako výrazným vzrastom jednotlivých zložiek prvej a druhej salinity (chloridy, sírany a dusičnany alkálií a alkalickej zemin) a s ním spojeným charakteristickým posunom celkového chemizmu podzemnej vody smerom k nevýraznému kalcium-magnézium-bikarbonátovému typu, resp. až k zmiešanému typu, a zodpovedajúcim vzrastom mineralizácie. Možnosti primárneho vzniku uvedených zložiek v plytkopodpovrchových podmienkach obehu podzemnej vody v kvartérnych štrkopieskoch sú všeobecne minimálne (malé množstvá chloridov a alkálií sa uvoľňujú pri hydrolytickom rozklade amfibolov, slúd a živcov, malé množstvo síranov a fosforečnanov pri oxidácii, resp. rozpúšťaní akcesoricky prítomného pyritu, resp. apatitu) a v množstvách

pozorovaných v týchto vodách (napr. obsah chloridov až 200 mg/l, obsah síranov až 800 mg/l, atď.) absolútne vylúčené.

Doterajšie poznatky ukazujú, že sa uvedená metamorfóza v maximálnej miere prejavuje v povrchovej vrstve podzemnej vody štrkopieskového komplexu do hĺbky asi 30 m. Stále rastúci stupeň anorganického a organického znečistenia prírodného geologického prostredia Žitného ostrova spolu s jeho limitovanou prirodzenou eliminačnou schopnosťou a dokázanými možnosťami vertikálneho zostupného prúdenia podzemnej vody v štrkopieskovom komplexe (drénujúci účinok hlbšie uložených priepustnejších polôh) vyvoláva však vážne obavy, že sa postupne bude stále viac kontaminovať i podzemná voda hlbších vrstiev, ktorá má zatiaľ najmä v strednej časti Žitného ostrova veľmi priaznivé chemické zloženie.

Spomenuli sme už, že primárne a sekundárne genetické faktory nepôsobia na celom území Žitného ostrova rovnakou intenzitou. V závislosti od toho, ktoré z faktorov sa pri tvorbe chemizmu podzemnej vody uplatňujú ako určujúce, možno na území Žitného ostrova vymedziť štyri hydrochemické zóny (obr. 1).

Zóna A prilieha k Dunaju, je ohraničená izochémou A_2 70—90 mval % a obmedzuje sa iba na hornú a strednú časť Žitného ostrova. Genézu vody tejto zóny, ktorá má najvýraznejší kalcium-magnézium-bikarbonátový chemizmus a najnižšiu mineralizáciu (prevažne pod 0,5 g/l), podmieňujú primárne faktory. Vplyv sekundárnych faktorov je malý. Pôsobí len anorganické, resp. organické znečistenie transportované infiltrujúcou vodou Dunaja (významnejšie sa uplatňuje iba v území pod vyústením odpadovej vody Slovaftu a CHZJD), resp. lokálne zdroje fekálneho znečistenia. Z hydrochemického hľadiska je voda tejto zóny najvhodnejšia na vodohospodárske využívanie.

Zóna B prebieha približne stredom Žitného ostrova v smere jeho pozdĺžnej osi a je charakterizovaná vodou menej výrazného kalcium-magnézium-bikarbonátového chemizmu ($A_2 = 50—70$ mval %) a mineralizácie 0,5—0,7 g/l. Vplyv primárnych genetických faktorov celkovo ešte prevažuje, podstatne však vzrastá pôsobenie sekundárnych faktorov, najmä minerálnych hnojív vyplavovaných zrážkovou vodou z pomerne dobre priepustného pôdneho pokryvu s malou mocnosťou (v hornej a strednej časti Žitného ostrova ho prevažne tvoria ľahké piesčité pôdy s mocnosťou väčšinou do 2 m).

Určitým a v čase premenlivým podielom zrejme spolupôsobí aj znečistenie zrážkovej vody z atmosféry. V sz. časti zóny (okolie Podunajských Biskupíc a Rovinky) sa významne uplatňuje znečistenie ropnými uhľovodíkmi a v menšej miere aj sekundárne zasolenie štrkopiesku z obdobia, keď do Dunaja vyúsťovala odpadová voda CHZJD.

Smerom a JV sa chemizmus vody tejto zóny čiastočne mení. Vzrastá najmä mineralizácia, resp. obsah organických látok, a hodnoty koeficientu Na/K sa výrazne posúvajú v prospech sodíka (tab. 1). Predpokladáme, že tieto zmeny súvisia jednak s meniacimi sa hydrodynamickými podmienkami obehu podzemnej vody v tomto smere (postupné spomaľovanie prúdenia a tomu zodpovedajúci dlhodobjší kontakt prestupujúcej vody s horninovým prostredím), resp. s rastúcim stupňom najmä jej organického znečistenia (kumulovaný účinok živočíšnej veľkovýroby, splaškovej vody a odpadovej vody potravinárskeho priemyslu), jednak sa pôsobením faktorov špecifických pre dolnú časť Žitného ostrova.

Na vodohospodárske využitie prichádza do úvahy najmä podzemná voda hlbších vrstiev štrkopieskového komplexu v centrálnej časti zóny.

Zóna C sa obmedzuje iba na úzky pás pozdĺž M. Dunaja. Určujúci vplyv na tvorbu chemizmu majú sekundárne genetické faktory, najmä už spomenuté zasolenie štrkopiesku, ktoré postupne vyplavuje podzemná voda. Vody tejto zóny sú zmiešaného, ojedinele až nevýrazného kalcium-sulfátového typu, mineralizácia sa pohybuje v rozmedzí 0,7—1,0 g/l. Sz. časť zóny (okolie Mosta na Ostrove, Malinova atď.) výrazne ovplyvňujú ropné uhľovodíky.

V menšej miere sa ropné znečistenie prejavuje aj pozdĺž ďalšieho toku M. Dunaja a dokumentuje tak svoje isté hydrochemické vzťahy s podzemnou vodou.

Zóna D vyplňa prakticky celú dolnú časť Žitného ostrova a je charakteristická vysoko-mineralizovanými vodami (mineralizácia nad 1 g/l, ojedinále i nad 2 g/l), nevýrazného kalcium-magnézium-bikarbonátového až zmiešaného chemizmu. Sz. hranica zóny sleduje približne systém odvodňovacích kanálov (Hlavný kanál, kanál Báč, Pastuchovský kanál atď.), ktorými sa odvádza podzemná voda prúdiaca zo strednej časti Žitného ostrova a vzdúvaná na vyzdvihnutých neogénnych gabčíkovských kryhách a pri Klížskej Nemej.

Genéza vody tejto zóny je zložitá. Popri prevažujúcom pôsobení sekundárnych faktorov, najmä minerálnych hnojív a fekálneho znečistenia (časté podmáčanie pôdneho pokryvu v dôsledku vysokej hladiny podzemnej vody), sa výrazne uplatňujú aj niektoré špecifické, pre toto územie primárne faktory, z nich najmä častý výskyt zasolenej pôdy s prevažujúcou Na—CO₃ mineralizáciou (J. HRAŠKO 1968), resp. tektonický rozptyl nátrium-bikarbonátovej vody podloženého pontu. Významnejšie prejavy takého rozptylu boli spozorované napr. v okolí V. Kosíh, Okolíčnej na Ostrove, Zlatnej na Ostrove a Čalovca. Oba faktory podmieňujú zvýšené hodnoty koeficientu Na/K, pozorované v značnej časti podzemnej vody tejto zóny. Časté zvýšené hodnoty koeficientu Mg/Ca (až 2,8) sú zrejme dôsledkom výraznejšej lokálnej prítomnosti dolomitu v pôdnom pokryve dolnej časti Žitného ostrova (J. HRAŠKO 1968). S výnimkou úzkeho pásu pozdĺž Dunaja, kde mineralizácia klesá pod 1,0 g/l, nie je podzemná voda tejto zóny vhodná na vodohopodárske využitie.

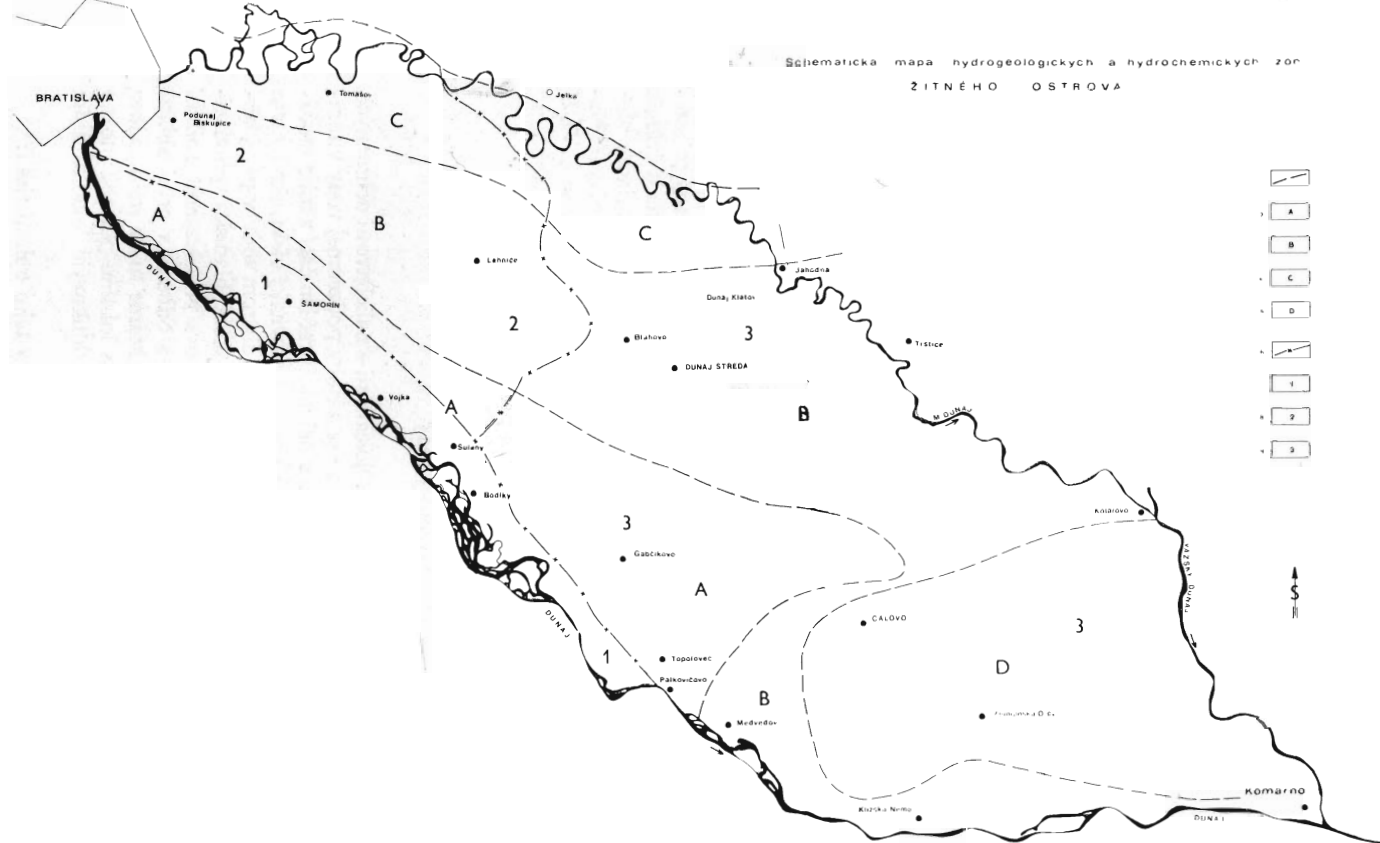
Vymedzené hydrochemické zóny nemožno chápať absolútne, teda tak, že sa v ich laterálnom i vertikálnom profile vyskytuje iba voda s uvedenými hydrochemickými parametrami. Takéto chápanie by veľmi zjednodušovalo zložitost' hydrogeochemických pomerov Žitného ostrova. Zóny v našom ponímaní reprezentujú preto iba územia s prevažujúcim výskytom vody daného chemizmu v hĺbke asi do 30 m. Pravdepodobnosť výskytu vody odlišného chemizmu je však relatívne malá, v rámci všetkých vymedzených zón neprekračuje 20 %. Istou výnimkou môže byť len bezprostredné okolie dedín, resp. hospodárskych objektov JRD a štátnych majetkov, kde v dôsledku nerovnako intenzívne pôsobiacich bodových zdrojov, najmä fekálneho znečistenia, môže byť priestorová variabilita chemizmu podzemnej vody väčšia.

Uvedená hydrochemická zonálnosť reprezentuje stav z februára—marca 1971, teda prevažne z obdobia nízkeho vodného stavu na Dunaji a minimálnych hladín podzemnej vody. Z literatúry je známe, že chemizmus podzemnej vody Žitného ostrova sa v čase výrazne mení. Tak napr. R. JACKO (1962) uvádza, že rozdiel mineralizácie podzemných vôd Žitného ostrova (sledovaný na 15 objektoch situovaných v priečných profiloch Hamuliakovo — Tomášov, Gabčíkovo — Topoľníky a Klížska Nemá — Kolárovo), vyjadrený pomocou maximálnej a minimálnej hodnoty sa v období 1956—1958 (prvý profil), resp. 1958—1959, pohyboval v rozmedzí 1,08—3,16. Z toho vychodí, že sa v rozličných ročných obdobiach priestorová distribúcia mineralizácie (i jednotlivých jej zložiek) podzemnej vody Žitného ostrova a nadväzne aj zonálnosť jej celkového chemizmu výrazne mení.

Poznámky o ochrane podzemnej vody

Pri návrhu ochrany podzemnej vody v našej oblasti je nevyhnutné vychádzať z doterajších znalostí o prírodných pomeroch (hlavne hydrogeologických a hydrogeochemických) územia. Pretože ide o územie z národohospodárskeho hľadiska dôležité, treba zvážiť aj všetky ďalšie súvislosti. V našom prípade pôjde najmä o zváženie dosahu ochrany podzemnej vody na poľnohospodársku výrobu a najmä o to, aby sa pri maximálnom využití poznatkov získaných štúdiom prírodných pomerov dosiahol maximálny efekt.

5.1 Schematická mapa hydrogeologických a hydrochemických zón
ŽITNÉHO OSTROVA



1. Ohraničenie hydrochemických zón, 2. Najvyraznejší kalcium — magnézium — bikarbonátový chemizmus s najnižšou mineralizáciou (Pod 0,5 g/l), 3. Výrazný kalcium magnézium — bikarbonátový chemizmus, mineralizácia 0,5—0,7 g/l, 4. Zmiešaný chemizmus, mineralizácia 0,7—1,0 g/l, 5. Nevýrazný kalcium magnézium — bikarbonátový chemizmus, mineralizácia 1 g/l ojedinele aj 2 mg/l, 6. Ohraničenie hydrogeologických zón, 7. Zóna tvorby zásob, 8. Zóna transportu, 9. Zóna odvodňovania

1. Delimitation of hydrochemical zones, 2. Most distinct calcium — magnesium — bicarbonate chemical composition with lowest mineralisation (less than 0,5 g/l), 3. Distinct calcium — magnesium — bicarbonate chemical composition, mineralization 0,5—0,7 g/l, 4. Mixed chemical composition, mineralization 0,7—1,0 g/l, 5. Indistinct calcium — magnesium — bicarbonate chemical composition, mineralization more than 1 g/l, rarely also more than 2 g/l, 6. Delimitation of hydrogeological zones, 7. Zone of storage formation, 8. Transportation zone, 9. Drainage zone

Z rozdelenia územia na oblasť tvorby podzemnej vody, transportu, odvádzania je zrejmé, že najcennejšou oblasťou, v ktorej musia platiť najprísnejšie ochranné opatrenia, je oblasť tvorby podzemnej vody.

Ochrana v oblasti tvorby prevažnej časti zásob podzemnej vody

Je to územie priliehajúce k Dunaju, v ktorom do súvrstvia štrkov infiltruje z rieky podstatná časť zásob podzemnej vody. Zaberá aj územie rozšírenia ramien, z ktorých aj dnes, aspoň za určitých podmienok a v niektorých úsekoch, môže infiltrovať povrchová voda.

V tomto území, ale platí to aj všeobecne, je limitujúcim činiteľom kvality podzemnej vody zachovanie aspoň súčasnej kvality vody v Dunaji. Toto konštatovanie má závažné dôsledky, pretože kvalita vody Dunaja ako medzinárodnej rieky sa ovplyvňuje aj mimo územia nášho štátu, najmä v Rakúsku.

Z vnútroštátneho hľadiska je v záujme ochrany podzemnej vody nášho územia nevyhnutné zlepšiť kvalitu vody v rieke Morave a vyriešiť odvádzanie odpadovej vody Bratislavy, CHZJD, ako aj Slovnafu do Dunaja. Okrem predĺženia potrubia do prúdnice Dunaja pôjde najmä o zlepšenie kvality odvádzanej odpadovej vody. Situácia bude vážna najmä po vybudovaní Hrušovskej zdrže, pretože podľa doterajších úvah má odpadová voda vyúsťovať na doterajšom mieste, teda v hornej časti zdrže.

Ďalej treba z tejto oblasti vylúčiť intenzívnu poľnohospodársku výrobu (rastlinnú aj živočíšnu) a zamedziť ťažbu nerastných surovín, najmä štrkopiesku. Po výstavbe vodných diel vzniknú vhodné podmienky na ochranu najmä medzi derivačným kanálom gabčíkovej hydrocentrály a dnešným korytom Dunaja.

V súčasnosti je situácia zložitá najmä v území pod Bratislavou. Tu vybudovaný priemysel, najmä petrochemický, znamená priame a trvalé nebezpečenstvo pre značnú časť územia Žitného ostrova. Problematika ochrany podzemnej vody tejto oblasti je mimoriadne zložitá a je predmetom osobitných prác a projektov, ktorými sa tu nebudeme zaoberať. Navrhovateľom a budovateľom ochranných opatrení v tejto oblasti je Geotest Brno a VÚH Bratislava. Osud značnej časti zásob podzemnej vody je perspektívne závislý od toho, do akej miery sa podarí realizovať návrhy projektu a ako ich preverí prax.

Oblasť transportu podzemnej vody

Oblasť transportu podzemnej vody dávame v poradí dôležitosti a naliehavosti ochranných opatrení na druhé miesto. Treba si pritom uvedomiť, že sa zásoby podzemnej vody v tomto období už podstatnejšie neroz množujú, teda možno v nej odoberať len časť z toho množstva podzemnej vody, ktoré infiltrovalo v prvej oblasti. To znamená, že rovnaký efekt, ako by sme dosiahli odberom vody v tejto oblasti, by sme mohli dosiahnuť odberom vody v prvej oblasti. Ekonomickými prepočtami treba zistiť, či je z celospoločenského hľadiska výhodnejšie využiť lacný transport vody do okrajových častí Žitného ostrova pri súčasnom znížení intenzity poľnohospodárskej výroby, alebo všetku vodu zachytiť a odberať v prvej oblasti a transportovať ju technickými prostriedkami cez druhú oblasť. Máme tu na mysli odber vody pre nadradené vodovodné systémy, pretože odber vody na lokálnu potrebu možno vďaka veľkej hrúbke vzvodného komplexu uskutočniť správnym hĺbkovým lokalizovaním filtra studní aj bez veľkých ochranných opatrení.

V záujme ochrany životného prostredia ako celku bude treba v tejto oblasti riešiť:

- a) optimálne dávkovanie umelých hnojív,

b) vylúčenie chlórovaných uhľovodíkov z používania v poľnohospodárstve a ich nahradenie ľahko rozložiteľnými látkami,

c) problém odpadovej vody z poľnohospodárstva a sídlisk.

Množstvo odpadovej vody vzrastie najmä v súvislosti s rozšírením vodovodov a so zvyšovaním životnej úrovne.

V prípade, že by sa rozhodlo neodoberať z tohto územia vodu, mala by sa ochrana zamerať preventívnym smerom, teda nemala by pripustiť, aby sa súčasný stav zhoršil (obmedziť rozširovanie štrkovísk, skládok odpadu ap.). V každom prípade však možno v tomto území rátať s odberom úžitkovej vody pre niektoré druhy priemyselnej činnosti (chladiaca voda), prípadne na zavlažovanie, ktoré má pre poľnohospodárstvo v tomto území veľký význam.

Oblasť odvodňovania

Z hľadiska ochrany oblasti odvodňovania je dôležitá len tá jej časť, v ktorej sa podzemná voda vzdúva na vyzdvihnutých neogénnych gabčíkovských kryhách a pri Klízskej Nemej. Ide o územie približne po spojnicu Dunajský Klátov — Pastúchy — Palkovičovo. V ostatnom území smerom na Komárno je podzemná voda prevažne už silne znečistená (v celom profile kvartéru) a nevhodná na vodohospodárske využitie.

Podľa nášho názoru si takto chápaná oblasť odvodňovania vyžaduje z hľadiska ochrany relatívne najmenšiu pozornosť. Treba si uvedomiť, že ide o oblasť, v ktorej je voda vytlačaná, teda jej pohyb je vzostupný. Možno predpokladať, že nebezpečenstvo znečistenia podzemnej vody je tu relatívne menšie, pretože vzostupný pohyb vody nedovoľuje vniknúť znečisteniu do hĺbky. V tomto území pôjde teda skôr o zamedzenie hĺbkového znečistenia, ktoré by sa mohlo dostať do filtračného prostredia, napr. nesprávne uskutočnenými a obsluhovanými vrtmi ap.

Záver

Podľa súčasných poznatkov je dôležité rozdeliť územie Žitného ostrova na časti. V týchto častiach treba podľa prebiehajúcich hydrogeologických procesov stanoviť optimálne zásady ochrany. Predíde sa tým zbytočným finančným aj morálnym stratám v tejto citlivej oblasti nášho životného prostredia.

Je predpoklad, že práve prebiehajúci prieskum dosiahne výsledky, ktoré budú spoľahlivým podkladom na stanovenie správnych zásad ochrany tak podzemnej vody, ako aj životného prostredia ako celku.

Doručené 18. 3. 1974

Odporúčil A. Porubský

LITERATÚRA

- ANTONIČ, M. — ROTHSCHNEIN, J. 1966: Prognóza zmien vody Dunaja vplyvom výstavby sústavy vodných diel. Manuskript — archív VÚVH, Bratislava, 196 s.
- HRAŠKO, J. 1968: Some characteristic features of the soil cover in the Žitný ostrov. Geogr. čas. (Bratislava), 20, s.
- JACKO, R. 1962: Hydrochémia podzemných vôd Podunajskej nížiny. Práce a štúdie VÚV (Bratislava), 17, s.
- JACKO, R. 1968: Výskum znečistenia a podkladov pre ochranné opatrenia II. vodného zdroja v Bratislave. Manuskript—archív VÚVH, Bratislava, 126 s.

- JACKO, R. 1970: Posúdenie vplyvu znečistenia podzemných vôd v oblasti Podunajských Biskupíc ropnými uhľovodíkmi. Manuskript—archív VÚVH, Bratislava, 42 s.
- JACKO, R. 1972: Vplyv minerálnych hnojív na zmenu kvality podzemných vôd. Manuskript—archív VÚVH, Bratislava, 56 s.
- JAKUBEC, L. — PORUBSKÝ, A. 1962: Dunaj — čs. úsek. Manuskript — Geofond, Bratislava, 117 s.
- JANÁČEK, J. 1967: Tektonický výskum v oblasti vodného diela. Manuskript—archív GÚDŠ, Bratislava, 136 s.
- LEHKÝ, M. — GYALOKAY, M. 1964: Režim podzemných vôd Žitného ostrova. Manuskript—archív VÚVH, Bratislava, 25 s.
- LOKVENC, J. et al. 1967: Sústava vodných diel na Dunaji. Manuskript—archív Hydroprojektu, 178 s.
- MÁJOVSKÝ, J. 1969: Veľký Žitný ostrov — geofyzikálny prieskum. Manuskript—archív Geofyziky, Bratislava, 29 s.
- MINAŘIKOVÁ, D. 1960: Sedimentárne-petrografický výskum písčitých šterkú Žitného ostrova v oblasti vodného diela Dunaj. Manuskript—archív GÚDŠ, Bratislava, 44 s.
- Návrh opatrení na ochranu vodných zdrojov na Žitnom ostrove pred znečistením a režim výstavby technických zariadení a iných investičných akcií na zamedzenie znečisťovania týchto vodných zdrojov. Manuskript—archív MVLH, Bratislava, 20 s.
- PORUBSKÝ, A. 1964: Podzemné vody neogénnych a kvartérnych usadenín Slovenska. Geol. práce Spr. 32 (Bratislava), 29 s.
- PORUBSKÝ, A. 1970: Hydrogeologický region Žitného ostrova a potreba zákonnej ochrany jeho zásob podzemných vôd. Geogr. čas. (Bratislava), č. 2, 15 s.
- PORUBSKÝ, A. — GAZDA, S. — KNĚŽEK, M. — REPKA, T. 1971: Veľký Žitný ostrov — regionálny hydrogeologický prieskum. Manuskript — archív IGHP, Bratislava, 201 s.
- POSPÍŠIL, P. 1972: Žitný ostrov — posúdenie hydrogeologických pomerov s návrhom vodárenských lokalít. Manuskript—archív Vodných zdrojov, Bratislava, 52 s.
- POSPÍŠIL, P. — ŠARO, Š. 1974: K možnosti využitia tríciových analýz k riešeniu niektorých hydrogeologických problémov. Geol. práce, Spr. (v tlači).
- POSPÍŠIL, P. et al. 1973: Šamorín — Bratislava, hydrogeologický prieskum. Manuskript—archív IGHP, Bratislava, 15 s.
- PROCHÁZKA, J. — BARTOLČIČ, M. — BRACHTL, I. — JACKO, R. — LEHOCKÝ, J. — ROTHSCHNEIN, J. 1973: Vodné zdroje na Žitnom ostrove a ich ochrana pred znečistením. Manuskript—archív VÚVH, Bratislava, 86 s.
- TANISTRÁK, J. 1964: Pôdotvorné substráty strednej časti Žitného ostrova. Manuskript—Geofond, Bratislava, 78 s.

Problem s of groundwater protection of the Žitný ostrov from the standpoint of present — day hydrogeological and hydrogeochemical knowledge

STANISLAV GAZDA — PAVEL POSPÍŠIL

The interstream island Žitný ostrov as a part of an important hydrogeological structure — the Danube lowland, represents under our conditions a unique store of groundwaters, from which 14—18 m³/sec water can be taken.

Due to thoughtless interventions of man, this hydrogeological unit, so important from the standpoint of water economy, was (and still is at present) considerably threatened. The result of it are serious losses of economic character, not speaking about that we are loosing sources, the capacity of which, from the standpoint of the total balance of groundwater storages, cannot be substituted.

The region of Žitný ostrov is a part the Danube lowland — of its marginal section — which is characterized by big accumulations of clastic complexes, partly Quaternary, partly Late Neogene in age.

During the formation of the present hydrogeological conditions, young tectonics and Danube river activity played an essential part. The tectonic activity was of subsiding character — it differentiated our territory into blocks with the subsiding centre in the Gabčíkovo area. The whole clastic complex was drilled to the depth of 400 m and according to the geophysical results its thickness attains 600 m.

In the area E of Gabčíkovo, the whole complex is getting reduced by 230—280 m by the Gabčíkovo faults at a distance of about 5 km. The faults are striking NE—SW and are a very important also from the hydrogeological standpoint. The gradual reduction of the complex proceeds then as far as the area of Klížská Nemál, where the thickness of the gravelous sands is reduced to about 20 m, and farther in the area of Komárno to 5 m.

In transverse direction it is not clear, whether a uniform depression or also some partial elevations are present there. The basin structure obviously reaches also the area on the right side of the Danube, where between Rusovce and the Danube river the thickness of gravels and sands distinctly increases. The northern delimitation is placed behind the Small Danube, where in the area NE of Jelka, a considerable reduction of the alluvia has been observed.

In the longitudinal profile through the Žitný ostrov we observe a gradually finer material, from gravels or even boulders — below Bratislava — through coarse grained gravels (Šamorín), to fine grained sandy gravels (Gabčíkovo — Palkovičovo). The changes in grain size, however, are not uniform nor spatially unambiguous. There are great changes also at short distances as a consequence of frequent and rapid changes of the volume and carrying power of the Danube.

The Danube supplies to the area from Bratislava to Palkovičovo practically with every water level, owing to the fact that its stream bed is lying on the gradient curve of the alluvial cone. According to latest data it appears that infiltration from the Danube is not equally intensive on both sides. In this the asymmetric position of the stream bed regarding to the whole depression, plays an important role which conditions that the groundwaters infiltrating into the alluvia flow in the direction of least resistance, i. e. toward the Žitný ostrov region.

The storages of groundwaters of the Žitný ostrov are probably a product of infiltration from the predominating part of the Danube stream bed and not only from the bank-line and/or the left-side river-bed. The water movement is thus not horizontal but descending. This is also testified by the results of tritium analyses.

The groundwater flows through the Žitný ostrov region in the direction approximately parallel to its delimitation — with velocity which gradually diminishes, with the increasing thickness of the gravels and in the area of Dunajská Streda and Gabčíkovo under the influence of the Gabčíkovo faults swelling up of groundwater occurs.

Setting out from the above summarized information, all the region of the Žitný ostrov interstream island can be divided into three zones:

1. Zone of the forming of essential amounts of groundwaters — the area closely adjacent to the Danube.
2. Zone of transportation and main contamination of groundwaters — the prevailing part of Western half the Žitný ostrov.
3. Drainage zone, under which we understand that part of the area, in which groundwaters are drained by the Small Danube, channels, and by also the Danube.

The extraordinarily complicated hydrogeochemical conditions of the Žitný ostrov are the result of mutual interaction of a number of factors, which from the standpoint of their function in the process of developing the chemical composition of the groundwaters can be divided into primary and secondary ones.

From the primary genetic factors, which are closely connected with natural geological, hydrogeological and geochemical circumstances of the Žitný ostrov, are of decisive importance: the mineralogical-petrological character of Quaternary gravelous sands and of their direct bed (predominantly Pontian clastic sediments) or of the overburden (soil cover), chemical composition of the source waters (surface waters of the Danube, to a lesser extent also precipitation waters) and general (hydrodynamic, thermodynamic and oxidation-reductional) conditions of their circulation.

The Danube surface waters, when passing through gravelous sands, are further mineralized, mainly by hydrolytical dissolution of silicates, chiefly feldspars and micas, and by the dissolution of carbonates. With both these processes in thermodynamic and oxidation-reductional conditions of shallow-subsurface circulation, mainly the ions of Ca^{2+} , Mg^{2+} and HCO_3^{1-} are released into the penetrating waters with an intensity depending on stream velocity, granulometric composition, carbonate distribution etc. and at least resulting in the formation of a distinct primary calcium-magnesium-bicarbonate composition of the groundwaters from gravelous sands.

Somewhat different mechanisms of the development of chemical composition of groundwaters act in the deeper parts of the gravelous sandy complex of the central part of the Žitný ostrov. They are in immediate connection with the marked decrease in the content of carbonates in the pebble component of gravelous sands and/or with changes in thermodynamic oxidation-reductional and hydrodynamic conditions with depth, and lead to the formation of characteristic vertical zonation of the mineral composition of groundwaters of this part of the Žitný ostrov (decrease in mineralization and gradual shift of total chemical composition towards the sodium-bicarbonate type).

The secondary genetic factors are closely connected with human activity, which with the construction of extensive industry and with the chemization of the agricultural production has formed permanently acting intensive sources of organic and inorganic groundwater contamination.

Due to the action of secondary genetic factors, the primary chemical composition of the Žitný

ostrov groundwaters is getting distinctly metamorphosed. The degree of this metamorphosis changes with time and space. In space it depends on the position of the area in relation to the acting sources of secondary contamination in time on the variable intensity of acting of these sources in relation to the action of primary genetic factors, conditioned by the changes of their qualitative and quantitative parameters. The organic part of secondary contamination is mostly relatively rapidly eliminated from the groundwater circulation. An exception are the crude oil hydrocarbons (including the products of their petrochemical processing) and other organic substances (e. g. pesticides), difficult to degrade in a physical, chemical and/or biochemical way. The inorganic part of the secondary contamination is mostly stable and easy to carry in water environment and therefore can influence the chemical composition of groundwaters also at considerable distances from its sources. It is mainly shown in variously distinct growth of the individual components of the first and second salinity (chlorides, sulphates, and nitrates of alkali and alkaline earths) and by the characteristic shift of the total chemical composition of groundwaters towards the indistinct calcium-magnesium-bicarbonate type and/or to the mixed type and to a corresponding increase in mineralization, connected with it.

The mentioned metamorphosis is shown to a maximum extent in the surficial stratum of groundwaters of the gravelous sandy complex to the depth of about 30 m. The continuously increasing degree of inorganic and organic contamination of the natural geological environment of the Žitný ostrov, together with its limited natural elimination ability and proved possibilities of vertical descending groundwater flow in the gravelous sandy complex (draining effect of deeper lying more permeable layers), however, evokes serious apprehensions that also groundwaters of deeper layers will be increasingly contaminated, though, so far, mainly in the central part of the Žitný ostrov, they display a very favourable chemical composition.

Primary and secondary genetic factors are not acting in the whole Žitný ostrov region with equal intensity. Depending on which one of these factors show themselves as most important in formation of the chemical composition of the groundwaters, four hydrochemical zones can be found in the Žitný ostrov area (Fig. 1)

Zone A is adjacent to the Danube, bordered the by isochem A_2 70—90 mval % and restricted only to the upper and central part of the Žitný ostrov. The genesis of the waters of this zone, displaying most distinct calcium-magnesium-bicarbonate composition and the lowest mineralization (prevailing less than 0,5 g/l), is decisively conditioned by primary factors; the influence of secondary factors is small.

Zone B approximately to the centre of the Žitný ostrov, in the direction of its longitudinal axis, and is characterized by waters of less distinct calcium-magnesium-bicarbonate composition: $A_2 = 50—70$ mval % (and mineralization 0,5—0,7 g/l). The influence of primary genetic factors still predominates, on the whole, however, the action of secondary factors increases, mainly of mineral manures, washed out by rainwater from the relatively well permeable and thin soil cover.

Zone C is restricted only to a narrow strip along the Small Danube. A determining influence on the development of the chemical composition display the secondary genetic factors. Waters of this zones are of mixed, in individual cases of indistinct calcium-sulphate type, mineralization varies within the range of 0,7—1,0 g/l.

Zone D occupies practically the whole lower part of the Žitný ostrov and is characterized by highly mineralized waters (mineralization more than 1 g/l, rarely also more than 2g/l) of indistinct calcium-magnesium-bicarbonate to mixed chemical composition.

The genesis of waters of this zone is very complicated. Except for the predominating action of secondary factors, mainly mineral manures and fecal contamination (frequent underwetting of the soil cover due to high groundwater tables), are evident together with some primary factors, specific of them for this area, is the occurrence of salt soils and/or the tectonic dispersion of the sodium-bicarbonate waters of the underlying Pontian.

The delimited zones represent areas with prevailing occurrence of waters of given chemical composition at depths to about 30 m. The probability of occurrence of waters of a different chemical composition is, however, relatively small, not exceeding 20 % within all the quoted zones.

When considering the data, according to which we have divided the Žitný ostrov region into the above mentioned areas, we may specify the fundamental principles of its waters protection thus

1. Protection in the area of the formation of the prevailing part of groundwater stores.

The limiting factor of the quality of groundwaters is the preservation of at least the present-day water quality of the Danube. This statement is of significant consequence because the water of the Danube—an international river—is influenced also outside the territory of our country, mainly in Austria.

In our country it is unavoidable to improve the quality of the water of the Morava river and further

to solve the problem cleaning the waste waters from Bratislava, CHZJD (Chemical Works of Juraj Dimitrov) and Slovnaft (oil refinery).

Further, from the standpoint of groundwater protection, the intensive agricultural production — floral as well as animal should be excluded from this area — and the exploitation of mineral raw material, mainly of gravelous sands prevented.

2. *Area of groundwater transportation*

In this area the groundwater storages do not increase more significantly, so we can take from it only a part of the groundwaters, which infiltrated in the first area. It will depend mainly on economic calculations, what is more suitable from a universal standpoint: Whether to utilize cheap transportation of water into the marginal parts of the Žitný ostrov with economic results, mainly caused by the lowered intensity of agricultural production, or to intercept all the water and to take it in the first area transporting it by technical means through the second area.

For the purpose of environmental protection it will be necessary to solve in this area the problem of:

- a) optimalization of artificial manure dosing,
- b) elimination of chlorinated hydrocarbons from agriculture and their substitution by easily decomposable substances.
- c) waste waters — agriculture as well as of the population.

3. *Drainage area*

As to the protection, we do not take into consideration the whole area but only the part, in which the groundwaters are swollen up on the uplifted neogene blocks of Gabčíkovo and near Klížská Nemá. It is the area approximately up to the line Dunajský Klátov- Pastúchy—Palkovičovo. In the remaining area towards Komárno the groundwaters are mostly already highly contaminated (in the whole Quaternary profile) and not suitable for water-economic utilization.

This drainage area requires relatively little attention from the point of view of protection. It is an area, in which waters are pressed out; their movement is ascending. It may be supposed that the danger of contamination of groundwaters is relatively less serious here, because the ascending movement of water prevents the penetration of contamination to depths.

Principy metodiky map pro ochranu podzemních vod na území Čech a Moravy v měřítku 1 : 200 000

MIROSLAV OLMER* — BOHUMIL ŘEZÁČ**

Les principes méthodiques des cartes de la protection des eaux souterraines en Bohême et en Moravie à l'échelle du 1 : 200 000

On effectue les cartes de la protection des eaux souterraines de la Tchécoslovaquie au cours des années 1973—74. Le but en est de présenter les possibilités de pollution par rapport aux conditions hydrogéologiques. L'édition de ces cartes veut diviser le territoire en régions de protection exigée et poser les conditions pour l'activité économique sur ces terrains en reliant la vue de vulnérabilité avec le degré de protection exigée. Les régions désignées répondent aux zones de protection plus vastes et aux intérêts de la protection préventive des réserves d'eau souterraine.

Принципы методики карт для охраны подземных вод на территории Чехии и Моравии в масштабе 1:200 000

Издание карт для охраны подземных вод разрабатывается для территории ЧССР за годы 1973—74. Их целью является изображение возможностей проникания и распространения загрязнения в зависимости от гидрогеологических условий. Значение издания состоит в разграничении по плоскости территории, требующей охраны и в различении условий хозяйственной деятельности на ней, именно соединением точек зрения возможностей опасности для источников подземных вод и необходимой степени охраны. В этом смысле ограниченные площади отвечают с региональной точки зрения более широким защитным полосам и интересам предварительной охраны водных источников.

Základní otázky regionální ochrany vodních zdrojů v ČSR

Zdroje podzemních vod jsou vyhrazeny podle zásad československého zákona o vodním hospodářství přednostně pro zásobení pitnou vodou. Přírodní podmínky určují jejich celkovou využitelnou vydatnost i územní rozložení.

Území Čech a Moravy, o rozloze cca 80 tis. km², náleží převážně Českému masívu. Výskyt prostých podzemních vod je vzhledem ke geologické a tektonické stavbě území kvalitativně i kvantitativně různorodý. Významné využitelné zdroje jsou vázány výhradně

* Ing. Miroslav Olmer RNDr., Vodohospodářský rozvoj a výstavba, 186 00 Praha 8, Rohanský ostrov.

** Bohumil Řezáč, CSc., Vodní zdroje, 116 49 Praha 1, Národní 13.

na platformní pokryvné sedimenty — českou křídovou pánev a kvartérní uloženiny. Řádově menší význam mají podzemní vody sedimentů mladšího paleozoika a terciéru.

Česká křídová pánev zaujímá plochu cca 12 500 km² a je hydrogeologicky nejvýznamnějším celkem v Českém masívu. Vlivem nejednotného faciálního vývoje sedimentů (zachovaných od cenomanu do spodního santonu) a tektoniky (radiální poruchy a germanotypní zvrásnění) je rozdělena na řadu rajónů a struktur s odlišným hydrogeologickým významem. Příznivé faciální oblasti jsou: lužická, jizerská, hejšovinská, orlicko-žďárská a kolínská. Převažuje v nich písčité vývoj vrstev, který je příznivý pro infiltraci a za vhodných strukturálně geologických podmínek i pro akumulaci podzemní vody. Při vytváření křídových struktur se výrazně uplatňuje tektonika, především směry sudetský (SZ—JV), krušnohorský (ZJZ—VSV) a jizerský (S—J). Hydrogeologicky nejvýznamnější je směr sudetský, který podmiňuje, zejména ve východních a severovýchodních Čechách, vznik plochých vrás, flexur a zlomů.

Na fluvialní uloženiny jsou vázány vody s mělkým oběhem v prostředí s výhradně průlinovou propustností. Největší plošný rozsah mají terasové uloženiny ve středních a dolních úsecích toků, kde jsou náplavy tříděné — mají dobrý filtrační účinek a relativně největší mocnost. Hlavní zvodnění je v údolních terasách, zčásti i ve spodních terasách, jejichž báze leží pod úrovní dnešní hladiny vody v povrchovém toku. Vydátne zdroje kvartérní podzemní vody jsou ve střední části toku Labe a střední a dolní části toku Moravy. Z ostatních kvartérních uloženin mají větší význam jen glaci-fluvialní a glacialakustrinní uloženiny na Ostravsku.

Využití zdrojů podzemní vody dosahuje v současné době hodnotou odběru 17 m³/s přibližně 60 % celkové ekonomicky využitelné kapacity. Na odběru se podílí veřejné zásobení množstvím 13 m³/s, zbývající 4 m³/s odebrává průmysl a zemědělství. Z dostupných údajů je patrný i vývoj odběru v minulosti:

1928 okolo	6 m ³ /s
1940	8
1950	10
1960	13
1965	14,5
1970	16,5 m ³ /s

Během uplynulých 45 let se zvýšil celkový odběr podzemní vody téměř trojnásobně. Pro výhled v rozmezí 10—15 let se předpokládá zvýšení odběru o dalších 5—7 m³/s. Tímto zvýšením dosáhne odběr hodnoty 80—85 % celkové ekonomicky využitelné kapacity zdrojů podzemní vody, tedy podílu, který je nutno ze současných hledisek považovat za horní mez.

Růst využívání zdrojů podzemní vody je přirozeným důsledkem rozvoje společnosti a zvyšování životní úrovně obyvatelstva. Společně s ním vzrůstá i průmyslová výroba a hospodářské využití území a objevují se nová průmyslová odvětví, jejichž odpady se svou povahou vymykají čistícím schopnostem přírodního prostředí. Tyto skutečnosti vytvářejí v souhrnu podmínky pro vznik situací, za nichž lze reálně mluvit o možném střetu zájmů nebo o potenciálním ohrožení vodních zdrojů.

Krytí zvýšených nároků přináší s sebou kvalitativní změnu ve využívání zdrojů podzemní vody. Po prostém zachytávání přirozených vývěrů a individuálním jímání snadno dostupných podzemních vod nastupuje využívání přírodních podmínek v celém rozsahu. V tomto pojetí proto považujeme za zdroj zvodnělé přírodní prostředí — strukturu nebo rajón, zahrnující oblast infiltrace, oběhu a akumulace.

Změněné podmínky využívání podzemní vod a důsledky ekonomického rozvoje společ-

nosti přinášející s sebou i změnu v názorech na potřebnou ochranu zdrojů. Technicky zvládnutelná asanace místních zdrojů znečištění ustupuje do fáze výstavby jímacích zařízení a zájem o ochranu v širším pojetí se soustřeďuje na prevenci před ohrožením, které představují vlivy asanací velmi těžko odstranitelné nebo vůbec neodstranitelné. Jde především o ohrožení tvorby podzemní vody zásahy do jejího přirozeného oběhu (zemní práce, těžba nerostných surovin) a její jakosti látkami s trvalým nebo velmi dlouhodobým negativním působením.

Nové směry v ochraně podzemní vody v ČSR se přibližují velmi úzce tendencím uplatňovaným v jiných evropských státech a využívají zkušeností spolku DVGW. Vydání mapy pro ochranu je motivováno zájmem vymezit plošně území, která zasahují určitý stupeň ochrany v závislosti na možnostech ohrožení zdrojů podzemní vody, daných přírodními podmínkami. Vymezená území odpovídají především zájmu preventivní ochrany zdrojů a v plošném zobrazení je lze přibližně ztotožnit s rozsahem širších ochranných pásem nebo s pojmem „Schongebiet“, jak ho definuje rakouský vodní zákon.

Předpoklady pro sestavení mapy

Regionální hodnocení a ochrana zdrojů podzemní vody se začaly uplatňovat v československé hydrogeologii postupně. První práce O. HYNIE jsou z období okolo roku 1950. S přibývajícím úrovní poznatků a konkrétnější představou o trendu využívání zdrojů se během uplynulých 15 let vytvářejí předpoklady pro racionální hospodaření se zdroji a s tím úzce související jejich ochranu.

Systematickým zpracováním hydrogeologických poměrů[†] ČSSR jsou mapa v měřítku 1 : 1 000 000 a mapa 1 : 500 000 s rajóny podzemních vod, obě z období 1965—1966. Na druhou z těchto map, která byla předložena při zasedání AIH v roce 1968 v Praze, navázala mapa pro ochranu prostých podzemních vod v Čechách a na Moravě v měřítku 1 : 500 000. Tuto mapu, již přecházely práce na novelizaci čs. směrnice pro ochranu zdrojů, můžeme označit za první pokus o vyjádření dříve uvedených hledisek ochrany v mapě přehledného měřítka a v rozsahu státního území. Legenda mapy bere za základ čtyři skupiny možností znečištění podzemních vod podle přírodních vlastností zvodnělého prostředí (včetně oblastí, kde možnost znečištění nelze posoudit). Myšlenku navrženého způsobu ochrany podzemní vody, vztáženou na celkovou a preventivní ochranu, jsme v principu převzali pro nové mapy pro ochranu podzemních vod v měřítku 1 : 200 000.

V období 1969—1972 byly sestaveny hydrogeologické mapy pro území ČSR v měřítku 1 : 200 000, na jejichž podkladě bylo možno přistoupit ke zpracování navazujících map pro ochranu v témže měřítku.

Podle současného názoru autorů umožňuje měřítko mapy 1 : 200 000 postačující podrobnost zákresu pro vyjádření základních nároků územní ochrany zdrojů a je zároveň maximální dosažitelnou podrobností pro mapu v rozsahu státního území. Doba životnosti takové mapy je 5, maximálně 10 let — s touto skutečností je nutno počítat při používání a přípravě novelizace mapy.

Charakteristika obecných podmínek ochrany a metodiky mapy

Možností znečištění podzemních vod rozumíme stupeň vystavení nebezpečí znečištění daný přírodními podmínkami, tedy potenciální kvalitu nezávislou na existenci současných znečišťujících zdrojů. Přitom je třeba rozlišovat příchod znečišťujících látek a jejich setrvávání

a účinky. Znečišťování je veškerá činnost a dobrovolné nebo havarijní přivádění látek, které mění chemickou nebo fyzikální přírodní jakost podzemních vod.

Zvodnělé obzory s volnou hladinou jsou exponovanější ke znečištění než obzory napjaté, izolované více nebo méně nepropustnými polohami od povrchu. Přitom přirozená ochrana napjatých obzorů pod stropem, nad nímž je další obzor s volnou hladinou, je nedostatečná.

U obzorů s volnou hladinou je při společných ostatních podmínkách možnost znečištění nepřímo úměrná hloubce statické hladiny podzemní vody. V průchozí zóně nad hladinou závisí možnost znečištění v podstatě na vertikální propustnosti, v obzoru přímo pak na hydraulickém spádu a rychlosti proudu podzemní vody.

Mapa vyjádří barvami charakteristiku prostředí a možnosti znečištění podzemní vody z hlediska zvodnělého prostředí, tedy prvky, které je možno odvozovat — s určitým upřesněním daným účelem mapy — ze zmíněné edice účelových hydrogeologických map ČSR v měřítku 1 : 200 000. Šrafam budou pak vyjádřeny stupně požadované regionální ochrany podzemních vod, kterou je třeba aplikovat v daném místě bez ohledu na druhy a vzájemnou nesouvislost zvodnělých obzorů i na hloubku jejich uložení a charakter (volné, napjaté).

Legenda pro sestavení mapy pro ochranu podzemních vod ČSR v měřítku 1 : 200 000

A. Charakteristika prostředí a možnosti znečištění podzemních vod z hlediska zvodnělého prostředí (litologických a strukturních, popř. strukturně tektonických charakteristik)

1. Prostředí průlinově propustné, které rychle přijímá a šíří znečištění všech druhů; možnost znečištění podzemní vody je bezprostřední a velká a v přírodním procesu je ovlivňována často znečištěnými vodními toky, zónami porfírových vod, drénováním jiných zvodnělých obzorů nebo snížením hladiny podzemní vody její exploatací: především písky a štěrkopísky říčních teras, hlavně přehloubené terasy údolního dna (aluvium).

2. Prostředí s krasovou propustností, které bezprostředně reaguje na znečišťování a velmi rychle je rozšiřuje; následkem komunikace systémem trhlin a kavern dochází k ovlivňování nádrží krasových vod přímo a velmi rychle a tento typ zvodnění je pro znečištění nejcitlivější.

3. Prostředí s dobrou průlinovou a současně dobrou puklinovou propustností, schopné přijímat a šířit znečištění poměrně rychle a v dosti značném hloubkovém i plošném rozsahu; možnost znečištění je proto značná, prostředí často drénuje okolní méně propustné celky; podíl průlinové propustnosti na komunikaci podzemní vody roste směrem do hloubky: např. kvádrové pískovce v křídě, a to zejména v tektonicky postižených strukturách.

4. Prostředí: a) se sníženou nebo omezenou průlinovou propustností následkem litologických vlastností hornin nebo faciálních změn nebo

b) s výraznou výhradně puklinovou propustností, v povrchových partiích často písčité větřající — má schopnost přijímat a šířit znečištění pomaleji; možnosti znečištění mohou být lokálně proměnlivé:

např. ad a) vývoj hornin svrchní křídly ve facii slinitých nebo kaolinických pískovců, permokarbonské pískovce, arkózy a droby, třetihorní sedimenty v písčitém vývoji; ad b) granity nebo terciérní neovulkanity a pyroklastika.

5. Prostředí se značně sníženou, a to naprosto převážně puklinovou propustností, které jen velmi pomalu šíří znečištění; možnosti ohrožení znečištěním jsou tam úměrně redukovány a závislé zcela na lokálních podmínkách, též tektonických:

např. v křídě jílovce, slínovce, spongility, slíny, v paleozoiku kvarcity, větší část krystalinických celků.

6. Prostředí téměř nebo zcela nepropustné, které rozšiřování znečištění prakticky zabraňuje; následkem převážně pelitického vývoje nebo flyšového vývoje hornin je nebezpečí ohrožení podzemních vod znečištěním minimální: jde např. o komplexy parasérií v krystalniku, břidlice algonkické až staršího paleozoika, flyš.

7. Málo propustné až nepropustné, s ochrannou funkcí vůči postupu znečištění od povrchu ke zvodnělému obzoru.

B. Charakteristika stupně požadované regionální ochrany podzemních vod

1. Požadavek ochrany podzemní vody v plném rozsahu — územní s intenzivním využitím zdrojů (věcně lze rozsah porovnat s vymezením širšího ochranného pásma II. B; z hlediska časového jde o zdroje využívané v současnosti nebo období 15—20 let).

2. Požadavek na doporučenou ochranu podzemní vody v plném rozsahu — pro území, která pro svůj hydrogeologický význam budou v budoucnosti předmětem vodohospodářských zájmů.

3. Požadavek na částečnou ochranu podzemní vody — t. j. ochrana jednotlivých zdrojů nebo skupin zdrojů ve smyslu směrnice pro ochranu podzemních vod; v regionálním smyslu jsou většinou možnosti znečištění na takovém stupni, že ochrana podzemních vod v plném rozsahu není nutná nebo její nutnost je lokálně proměnlivá.

4. Požadavek na individuální ochranu podzemní vody — t. j. ochrana jednotlivých zdrojů; týká se především území s nízkým využitelným množstvím a malým zvodněním.

5. Ochrana infiltračních území podzemní vody (vyznačí se na linii omezující infiltrační území).

Jako další prvky zobrazení lze uvést: bodové zobrazení pro hlavní směry proudění podzemní vody (aplikace — směr šíření znečištění), rozvodnice podzemních vod, hranice hydrogeologických rajónů, hydrogeologické funkce zlomů, současné a perspektivní jímání podzemní vody, odtoky ze zdrojů podzemních vod, ochrana povrchových toků (nepřímá ochrana na úseky s břehovou infiltrací), vcezy z povrchových toků, oblasti ovlivněné těžbou nerostných surovin, ochranná pásma minerálních vod, hranice omezení infiltračních jednotek a struktur.

Doručené 13. 3. 1974

Odporučil V. Böhm

Methodical Principles of the Construction of Maps for the Protection of Ground Water in Bohemia and Moravia (Scale 1 : 200 000)

MIROSLAV OLMER — BOHUMIL ŘEZÁČ

The aim of the se maps is to demonstrate the possibilities of penetration and spreading of the pollution depending on hydrogeological conditions. The aim of the work is to set up regions where the protection is required and to differentiate conditions for economic activities in these regions by means of combining the views of vulnerability and degree of required protection. Such regions correspond with the outer sanitary zones and fulfill the requirement of preventive protection of water resources.

The edition of the maps for protection of ground waters for Bohemia and Moravia is scheduled for the years of 1973—74 (total area of about 80,000 sq. kilometres).

By the term „vulnerability of ground water“, the degree of endangering determined by natural conditions and independent of the present sources of pollution is to be understood. Differentiation is being made in acces, duration and effects of pollutants. The term „pollution“ means every actitivity and voluntary or crash-accidnt bringing off substances into environment, leading to changes of the chemical or physical sation quality of the water.

The cartographic presentation uses colours for the characterisation of the environment and the vulnerability of its aquifers. Hatching is employed for the required degrees of regional protection of the resources, which isbeing applied in proper areas regardless the type and incoherence of the aquifers and their depth and character (free or confined).

A. Groups of characteristics of the environment and the vulnerability of ground waters based on geological (lithological, structural or structural-tectonical) factors:

- environment with pore permeability, which quickly accepts and spreads pollution of every kind. Vulnerability is great and immediate and may be influenced by polluted surface courses, riverine waters, drainage of other aquifers or lowering of water table by draw-off.
- environment with karst permeability, which reacts immediately to every pollution and spreads it quickly. Communicating through fractures and caverns, karst water can be influenced directly and very quickly; therefore this type of ground water is the most vulnerable.
- environment with combined good pore and good fissure permeability, which is able to accept and spread pollution relatively quickly to large vertical and horizontal extents Vulnerability is great, especially when draining a less permeable unit. The ratio of pore permeability is increasing with depth.
- environment (1) with pore permeability lowered or restricted by the lithological character of rock or facies changes, (2) with exclusive outstanding fissure permeability, in surface zone weathering to sand. It is less able to accept and spread pollution; Vulnerability can change locally.
- environment with largely lowered, expressively overwhelming fissure permeability, which spreads pollution very only slowly. Vulnerability is reduced and fully dependent on local conditions, inclusive tectonics.
- environment almost or entirely impermeable, which practically prevents any spreading of pollution. Vulnerability is minimalized by the overwhelmingty pelitic of flysch development of rocks.
- environment covered by little permeable or impermeable sheets preventing spreading of pollution from surface to aquifer.

B. Characteristics of the required degrees of regional protection of ground-water resources:

- protection in full extent required. Areas with intensive exploitation of resources, which are or will, be exploited within 15—20 years.
- protection in full extent recommended. Areas of hydrogeological significance, which may be exploited in future.
- partial protection required. In regional sense the overwhelming degree of vulnerability is variable and does not require protection in full extent, though individual groups of resources will be protected fully according to the law.
- protection of individual resources. Areas with a low exploitable yield and very limited aquifers.
- protection of areas of infiltration (marked along the boundary of the area of infiltration).

Metodika stanovení využitelného množství podzemních vod na příkladě zhodnocení povodí Ploučnice, Kamenice a Křinice v severočeské křídě

JARMILA JETELOVÁ* — PAVEL URBÁNEK**

Méthode de détermination de la quantité exploitable d'eaux souterraines par l'évaluation du bassin versant de Ploučnice, Kamenice et Křinice situé dans le Crétacé de la Bohême du Nord

Sur la base des résultats de la prospection hydrogéologiques régionale exécutée dans le bassin versant d'âge crétacé de Ploučnice, Kamenice et Křinice, on a évalué la quantité exploitable d'eaux souterraines en catégories C₂, B—C₁ par la méthode hydrologique, hydraulique (à l'aide de l'analyse structurale des modèles) et hydrodynamique en tenant compte de technique contemporaine de prise d'eau.

Метод становления используемого количества подземных вод на основании оценки долин рек Плуучницы, Каменицы и Кржиницы в северочешском меле

На основании результатов региональной гидрогеологической разведки в долинах рек Плуучницы, Каменицы и Кржиницы в Чешском меле для оценки используемого количества подземных вод категории C. B—C были применены гидравлические и гидродинамические методы с учетом современных технических возможностей задерживания.

Nejvydatnější zdroje podzemních vod v Čechách jsou vázány na českou křídovou pánev, a to především na lužickou faciální oblast, jejíž příznivý litologický vývoj umožňuje vytváření zvodní o značném rozsahu a mocnosti. Nejrozsáhlejší částí této oblasti je území náležící povodí řek Ploučnice, Kamenice a Křinice, které jsou pravostrannými přítoky Labe. Celková plocha území činí 1461,10 km². V letech 1967—1972 zde proběhl základní hydrogeologický průzkum, v jehož rámci byly provedeny hydrogeologické vrty s přítokovými zkouškami, hydrogeologická měření, režimní sledování hladiny podzemní vody a hydrochemický průzkum, podle jejichž výsledků bylo stanoveno využitelné množství podzemních vod.

Přehled hydrogeologických poměrů

Vrstevní sled svrchnokřídových hornin a jejich podloží se podle hydrogeologické funkce člení na hydrogeologické kolektory, které umožňují pohyb vody horninou a hydrogeologické izolátory, které jsou ve srovnání se sousedícími kolektory řádově méně propustné. Podloží křídý tvořené

* Prom. geol. Jarmila Jetelová, CSc, Stavební geologie, n. p., Praha

** Ing. Pavel Urbánek, Stavební geologie, n. p., Praha

krystalinikem nebo permokarbonskými horninami má převážně funkci izolátoru. Na ně nasedají cenomanské pískovce, které představují kolektorský komplex. Spodnoturonské pelitické sedimenty mají funkci izolátorů, oddělujících cenomanské kolektory od kolektorů středního, popřípadě spodního a středního turonu. Pelity svrchního turonu jsou izolatory. Horniny coniacu až santonu se projevují jako komplex s přechodnou hydrogeologickou funkcí. Dvě hlavní zvodně zájmového území se vytvořily v kolektorech cenomanu a středního turonu. Cenomanská zvodně má v celém území hladinu napjatou, její mocnost se pohybuje od 40 do 100 m; turonská zvodně má v pokleslých tektonických krácích (se stratigrafickým sledem hornin od cenomanu do coniacu, popřípadě santonu) hladinu napjatou a její mocnost zde dosahuje až 450 m. V území, kde je zachován stratigrafický sled svrchnokřídových sedimentů od cenomanu po střední turon, má turonská zvodně hladinu volnou. Její celková mocnost činí několik desítek až sto metrů. V coniacu se vytváří několik menších zvodní lokálnějišího rozsahu, zatímco turonská a cenomanská zvodně jsou rozšířeny po celé ploše území.

V centrální části území jsou coniacke zvodně prostřednictvím netěsného artéského stropu v hydraulické spojitosti s turonskou zvodní.

Přehled průměrných regionálních hodnot hydraulických parametrů je uveden v tabulce 1.

Koeficienty filtrace byly vypočteny metodami vycházejícími z ustáleného a neustáleného proudění k vrtu. Účinná pórovitost byla stanovená na základě hodnocení laboratorních měření distribuce pórů. Z hodnot účinné pórovitosti byly odvozeny pravděpodobné hodnoty koeficientu hladinových změn a koeficient tlakové vodivosti (J. JETELOVÁ 1972).

Směry proudění v turonské zvodni jsou v přímé souvislosti s říční sítí. Podzemní voda sestupuje od lužické poruchy směrem do pánve, kde se směry proudění stáčeji podél vodních toků, takže vytváří soustředěný proud podzemní vody v údolích hlavních vodotečí. Směry proudění v cenomanské zvodni nejsou již bezprostředně ovlivňovány sítí povrchových toků, i když hlavní směry proudění, t. j. spád od lužické poruchy generelně k Labi, zůstávají zachovány.

Vody v kolektorských horninách turonu jsou převážně typu kalcium-bikarbonátového a náleží typu C_{11}Ca v klasifikaci O. A. ALEKINA (1948), charakteristickém pro zóny s oživeným oběhem podzemních vod. Celková mineralizace nepřesahuje obvykle 300 mg/l rozpuštěných látek. Svými vlastnostmi vyhovují vody kritériím ČSN pro pitné vody. Vody cenomanu jsou stejného typu, avšak v některých oblastech mají zvýšenou radioaktivitu v rozmezí 10—30 p Ci/l.

Stanovení využitelného množství podzemních vod

Využitelná množství podzemních vod pro centrální velké odběry jsou vázána především na turonskou zvodně, popřípadě na zvodně coniaccko-turonskou. Cenomanská zvodně je pokládána vzhledem k zvýšené radioaktivitě za nebilanční. Při hodnocení využitelného množství byla nejprve stanoveny hydraulickou metodou velikosti přírodních zdrojů. Poté byla v jednotlivých povodích stanovena využitelná množství podzemních vod s ohledem na ekonomické možnosti jímání, vyplývající z přírodních hydrogeologických poměrů zvodní.

Přírodní zdroje jsou dány napájením obzoru, jsou v čase proměnné; před povrchovým odvodněním (nebo odběrem) tvoří trvalý průtok horninou.

Stanovení přírodních zdrojů bylo provedeno vzhledem k rozsáhlosti zkoumaného území a charakteru zvodnění hydrologickou metodou, doplněnou při hodnocení dílčích, hydrogeologicky neuza-
vřených povodích, výpočtem průtoku podzemní vody Darcyho rovnice $Q = F \cdot k \cdot I$. Byly sestaveny zkrácené bilanční rovnice ve tvaru:

$$s = (O_1 + O_2) + O_3 - P_{12} - P_3 + S_p + ET$$

kde s srážkový úhrn

$(O_1 + O_2)$ povrchový odtok (včetně podzemní vody, která se povrchově odvodňuje do vodoteče)

O_2 podzemní odtok povrchově se odvodňující do vodoteče,

O_3 průtok podzemní vody,

P_{12} povrchový přítok (včetně podzemní vody povrchově se odvodňující do vodoteče),

P_3 přítok podzemní vody (průtok podzemní vody)

s_p spotřeba podzemní vody

ET celkový výpar

Tabulka 1

hydraulické parametry	turon			cenoman		
koeficient filtrace (m/s)	celé území $2,5 \cdot 10^{-5}$			povodí Ploučnice a horní Kamenice $9,3 \cdot 10^{-6}$	povodí dolní Kamenice $2,2 \cdot 10^{-5}$	povodí Křinice $4,1 \cdot 10^{-6}$
účinná pórovitost %	celé území 0,17			celé území 0,21		
koeficient storativity S	povodí Ploučnice a horní Kamenice $1 \cdot 10^{-3}$			celé území $1,8 \cdot 10^{-4}$		
koeficient pružné kapacity β^*) (m ² /kp)	povodí Ploučnice a horní Kamenice $2,9 \cdot 10^{-9}$			celé území $3 \cdot 10^{-9}$		
koeficient hladinových změn (m ² /s) a	povodí Ploučnice $1,5 \cdot 10^{-3}$ $9,56 \cdot 10^{-1}$	povodí dol. Kamenice $2,5 \cdot 10^{-2}$	povodí Křinice $1,5 \cdot 10^{-2}$			
koeficient tlakové vodivosti α (m ² /s)	povodí Ploučnice a horní Kamenice 10			povodí Ploučnice a horní Kamenice 0,5	povodí dolní Kamenice 1,2	povodí Křinice 0,2

*) Koeficient filtrace spodnoturonských izolátorů se pohybuje v hodnotách řádu 10^{-8} m/s.

Plošné rozložení srážek (s) v zájmovém území bylo vyšetřeno stanovením ročních úhrnů srážek za jednotlivé hydrologické roky období 1961—1971 a průměrného ročního srážkového úhrnu za třicetiletí 1931—1960 polygonovou metodou a výsledky byly korigovány $0 + 4 \%$ s ohledem na vliv větru.

Určení podzemního odtoku (O_2) + odtoku celkového ($O_1 + O_2$) bylo provedeno separací hydrogramu v profilech vodoměrných stanic základní pozorovací sítě HMÚ, doplněné účelovými vodoměrnými stanicemi provozovanými v rámci řešení tohoto úkolu. Separace hydrogramu vycházela z průměrných denních průtoků za období 1961—1971 v povodí Ploučnice a za období 1963—1971 v povodí Kamenice.

Průtok podzemní vody (O_3 , P_3) a povrchový přítok (P_{12}) byl stanovován jen pro bilancování hydrologicky neuzavřených povodí.

Údaje o spotřebě podzemní vody (S_p) v jednotlivých povodích a mezipovodích byly sestaveny na základě soupisu odběrů podzemní vody.

Celkový výpar (ET) byl pro kontrolu počítán podle vzorce Turcova.

Na základě sestavených zkrácených bilančních rovnic byly zjištěny hodnoty infiltrace (infiltračního součinitele), představující množství srážkové vody, která se po zasáknutí zúčastňuje oběhu podzemní vody. Získané hodnoty uvádíme v tabulce 2.

Tab. 2

místo, povodí	k_{inf}	období použité pro výpočet
Stráž pod Rálskem-Ploučnice	0,28	1961—1971
Benešov n. Pl. — Ploučnice	0,20	1961—1971
Hřensko—Kamenice	0,33	1963—1971

Stanovených hodnot k_{inf} bylo použito pro odvození dlouhodobých průměrných hodnot přírodních zdrojů podzemních vod. Vycházeli jsme přitom z předpokladu, že koeficient infiltrace atmosférických srážek je v použitých obdobích stejný (1961—1971, 1963—1971, 1931—1960). Výsledky jsou uvedeny v tabulce 3, spolu s dalšími potřebnými údaji.

Hodnoty z výše uvedené tabulky byly pak výchozími údaji pro stanovení využitelného množství podzemních vod. Přírodní zdroje v celém území činí 7500 l/s. Využitelné množství podzemních vod

Dlouhodobé průměrné hodnoty přírodních zdrojů podzemní vody (období 1931—1960)

Tab. 3

oblast, povodí	plocha	k_{inf}	srážkový úhrn 1931—1960		odvezené hodnoty přírodních zdrojů podzemní vody
	km ²		1,00	1,04	
			mm		m ³ /s
Ploučnice	1155,93	0,20	687	714	5,156
horní Kamenice coniak	120,96	0,33	857	891	1,127
dolní Kamenice turon	96,23	0,33	757	787	0,793
Kamenice (celá)	217,19	0,33	813	846	1,920
Křínice-turon	48,61	0,33	796	828	0,421

je podstatně nižší, neboť morfologické, geologické a hydrogeologické poměry neumožňují větší využití. V oblastech, kde je křídový útvar zastoupen od cenomanu po střední turon, je při okrajích pánve malá vzvodnělá mocnost a nižší koeficienty filtrace, takže k získání větších množství podzemní vody jsou vhodnější střední části pánve, kde je vyšší propustnost a mocný proud podzemní vody. Pro větší centrální odběry z turonské vzvodně jsou prozatím vyloučeny oblasti, kde střední turon je kryt 200—300 m mocnými mladšími křídovými sedimenty. V těchto oblastech by bylo nutno jímát vodu vrty hlubokými až 300 m; navíc má voda v turonských kolektorech těchto oblastí teplotu zvýšenou nad 12 °C, takže není vhodná k pitným účelům. Dále jsou z jímání vyloučeny oblasti, kde je hladina podzemní vody zakleslá hluboko (80—100 m) pod terén, jako např. v povodí Kamenice. Při výběru jímacích oblastí byla tedy soustředěna pozornost na údolí vodních toků a terénní deprese, kde hladina turonské vzvodně dosahuje terénu nebo je pod ním mělce zakleslá. Vzhledem k ekonomičnosti odběru byla jako jímací oblasti brána v úvahu pouze ta místa, kde je možno situovat řady vrtů, kde jedním vrtem lze odebírat aspoň 20 l/s při maximálním snížení do 40 m pod terén. Tak bylo v zájmovém území vyčleněno celkem 14 jímacích oblastí s celkovým návrhem na odběr 2150 l/s, z toho v kategorii B—C₁ 355 l/s, v kategorii C₁—C₂ 1175 l/s a v kategorii C₂ 620 l/s.

Do kategorie B—C₁ je zahrnuto využitelné množství, které bylo ověřeno modelovou zkouškou (J. MUCHA et al. 1972) (jímací oblasti v povodí Křinice a dolní Kamenice). Do kategorie C₁—C₂ bylo zařazeno množství vody, vypočtené v jednotlivých jímacích oblastech v povodí Ploučnice podle počtu vrtů a odběrovým množstvím z nich zabezpečené dostačujícími přírodními zdroji, vypočtenými hydrologickou metodou pro každou jímací oblast. Do kategorie C₂ jsou pro větší faciální rozmanitost svrchní křídý a tím nižší stupeň znalosti geologických poměrů zahrnuty odběry z jímacích oblastí z povodí horní Kamenice. Dále do kategorie C₂ náleží přírodní zásoby vypočtené na základě hodnot účinné pórovitosti pro objem horniny depresního kužele, vypočteného při modelové zkoušce v povodí Křinice a dolní Kamenice. Vztah navrhovaného využitelného množství k velikosti vypočtených přírodních zdrojů dokumentuje tabulka 4.

Tab. 4

	povodí Ploučnice	povodí horního toku Kamenice	povodí dolní Kamenice a Křinice
vypočtené přírodní zdroje	5 16 l/s	1 130 l/s	1 210 l/s
využitelné množství přírodních zdrojů včetně stávajících odběrů	1 470 l/s	350 l/s	546 l/s
percento využití přírodních zdrojů	28 %	31 %	45 %

Při výpočtech do vyšších kategorií se zvýší využitelné množství o přírodní (statické) zásoby v každé konkrétní jímací oblasti.

Režimní změny hladin, projevující se v jejich kolísání v rozpětí 1 m, nemají při 100—300 m mocnostech turonské vzvodně na uvedené výpočty využitelného množství žádný vliv.

Závěr

Stanovení velikosti přírodních zdrojů a využitelného množství pozemních vod jsou dva samostatné problémy. Určení procenta využitelnosti přírodních zdrojů bez podrobnějších úvah o technických a přírodních podmínkách odběru, jak se někdy dříve objevovalo v závěrečných hodnoceních, není postačující. V zájmové oblasti byla proto věnována pozornost územím s mělce zakleslými hladinami podzemní vody v prostředí s dobrou propustností, které umožní, aby jedním vrtem bylo odebíráno aspoň 20 l/s. Celkový odběr vody z jednotlivých jímacích oblastí pak musí být v souladu s přírodními zdroji, které jsou v jímací oblasti k dispozici.

Doručené 18. 3. 1974
Odpověděl V. Hanzel

- ALEKIN, O. A. 1948: Obščaja gidrochimija. Leningrad, Gidrometeoizdat. 120 s.
- JETELOVÁ, J. 1972: Závěrečná zpráva o regionálním hydrogeologickém průzkumu v povodí Ploučnice, Kamenice a Křinice. Praha, 200 s.
- MUCHA, J. — KŘIŠTOFČ, E. — PAVELEK, R. 1972: Modelovanie v oblasti Kamenice. Manuskript — Geologický ústav PF UK Bratislava, 32 s.

Methods for the determination of exploitable groundwater resources in the basins of rivers Ploučnice, Kamenice and Křinice in the Cretaceous of North Bohemia

The most abundant groundwater resources in Bohemia occur in the Bohemian Cretaceous Basin, especially in the Lusatian region where groundwater bodies of considerable extent and thickness are developed owing to favourable lithology.

In the basins of the rivers Ploučnice, Kamenice and Křinice (total area: 1,461 km²) in North Bohemia, basic hydrogeologic exploration with boreholes, pumping tests, hydrologic measurements and periodical observations of water levels and water chemism has been carried out. The Upper Cretaceous pelitic-psammitic complex, underlain by the crystalline basement or by the Permocarbo-niferous, is dissected to many tectonic blocks of different throw. Main groundwater bodies forms Cenomanian and Middle Turonian aquifers. The Cenomanian groundwater body of a thick-ness of 40—100 m is confined (artesian). In the sunken blocks, the Turonian groundwater body is also confined and its thickness reaches up to 450 m. In other blocks, the Turonian water body is unconfined. The mean hydraulic conductivity is 2.5×10^{-5} m/s in the Turonian sandstones and 1.2×10^{-5} m/s in the Cenomanian sandstones. The hydraulic conductivity of the Lower Turonian aquitards is approximately of the order of magnitude of 10^{-8} m/s.

The groundwater in the Cenomanian and Turonian aquifer is of calcium-bicarbonate type, with increased radioactivity (10—30 pCi/l), in the Cenomanian.

The groundwater resources exploitable by large centralized withdrawal systems are linked with the Turonian and Coniacian-Turonian groundwater bodies. The exploitable resource evaluation started by the determination of the natural resources (natural groundwater runoff). The exploitable resources in individual basins have then been determined with regard to the economic conditions of exploitation resulting from hydrogeologic conditions. In view of the extent and the hydrogeology of the studied region, a hydrologic method for the determination of the natural resources has been used. The evaluation in hydrogeologically unclosed areas was complemented by groundwater flow determination using the Darcy's equation

$$Q = k \times I \times F$$

(Q = groundwater flow, k = hydraulic conductivity, I = hydraulic gradient, F = cross — section).

Areal distribution of precipitations, groundwater runoff separated from streamflow hydrograph, groundwater flow rate, groundwater consumption and total evapotranspiration have been examined to express the groundwater budget by simplified equations. Based on these equations, the values of infiltration coefficient k_{inf} (the proportion of precipitation contributing to the groundwater runoff) have been established. These values were used to estimate the long-term mean values of groundwater natural resources (assuming that the infiltration coefficient is constant during the studied periods: in the basin of Ploučnice $k_{inf} = 0.20$, in the basin of Kamenice $k_{inf} = 0.33$). The long-termed mean of groundwater resources in the whole region amounts to 7,500 l/s.

The waters in the Cenomanian aquifer as well as the waters in such parts of the Turonian aquifer where the thickness of impermeable cover exceeds 200—300 m are to be excluded from resource evaluation owing to their increased radioactivity.

During the location of production — well systems, our attention has been focused to the surface depressions where the water level of the Turonian groundwater body attains the land surface. With respect to the economy, only such areas have been selected where linear systems of wells producing at least 20 l/s per well, at maximum drawdown 40 m below land surface could be located. According to these criteria, 14 areas with total potential productivity of 2,150 l/s have been delimited.

As to the evaluation reliability, the amount of 355 l/s verified by an analog model was classified as resource of category B—C₁. The amount of 1,175 l/s calculated in individual exploitation areas according to the possible number of wells and their productivity and secured by natural resources in each area has been classified to category C₁—C₂. The resource category C₂ includes 620 l/s from the areas where the geologic data are less detailed and, in addition, the natural reserves that have been calculated from the effective porosities taking into account the results of the analog modelling.

Hydrogeologické pomery južnej časti Slanského pohoria

(1 tab. v texte)

LADISLAV ŠKVARKA *

La partie Sud de la montagne de Slanské pohorie est constituée par les roches volcaniques: andésite-rhyolite-basalte et par leurs pyroclastiques. Elles reposent sur les sédiments du Néogène et sont inclinées vers le Bassin de Košice où se dirigent les cours d'eau souterraine. Les eaux souterraines étaient captées sur le contact tectonique de la montagne avec le bassin, sur la ligne de faille bien perméable.

Гидрогеологические условия южной части Сланских гор

Южную часть Сланских гор составляют вулканические горные породы ряда андезит — риолит-базальт и их пирокластические виды. Эти лежат на осадках неогена и они наклонены в направлении к Кошицкой котловине, куда направлено и течение подземных вод. Подземные воды были задержаны на тектоническом контакте горной цепи и котловины на хорошо проницаемой сбросовой линии.

Južná časť Slanského pohoria je geologicky najpodrobnejšie preskúmaná. Výsledky výskumu sú v práci J. FORGÁČA (1965). Pohorie budujú vulkanické horniny ležiace na sedimentoch neogénu. V oblasti južne od Slanského sedla na východnej strane pohoria je mocnosť vulkanických hornín malá. Sedimenty neogénu vychádzajú miestami na povrch, ako to možno pozorovať napr. v oblasti jazera Izra, pri Slanskej Hute a i. Horniny sedimentárneho neogénu zachytil aj hydrogeologický vrt BH-1 Byšta (M. HALUŠKA 1968) a overil litológiu neogénu do hĺbky 145,8 m. Vrt nedosiahol priepustnejšie horizonty, v ktorých by bola akumulovaná podzemná voda.

Všeobecne možno pozorovať úklon vulkanických hornín smerom do Košickej kotliny. Na východnej strane pohoria sú zosuvné procesy. Odtrhnuté bloky vulkanických hornín sa zosúvajú po plastickom sedimentárnom neogéne do Východoslovenskej nížiny. Gravitačné procesy spôsobujú intenzívne rozpukanie andezitov a vznik otvorených, voľu dobre prepúšťajúcich puklín, čo vytvára dobré možnosti na infiltráciu zrážkovej vody. Na východnej strane pohoria vystupujú na styku so sedimentmi prevažne puklinovo-vrstvové pramene. Ich výdatnosť ovplyvňuje rozloha andezitového prúdu, jeho mocnosť, štruktúrno-tektonická pozícia, porušenosť hornín, charakter puklín a ich výplne, morfológický tvar, klimatické pomery a i.

Vzhľadom na plytkú podpovrchovú cirkuláciu majú vrstvené pramene veľké rozdiely vo výdatnosti. Napríklad prameň Dolinky pri Slanskej Hute má výdatnosť od 0,4 l/s do 8,0 l/s. V suchom období výdatnosť prameňov výrazne klesá. Veľmi nízka je najmä v zimnom období. Minimálna výdatnosť však spravidla neklesá pod 0,5 l/s.

Vulkanické horniny sa ponárajú pod sedimenty Košickej kotliny. Napr. vrt F-11 Skároš zachytil vulkanické horniny do hĺbky 125,5 m (J. FORGÁČ 1964). Zrážková voda infiltrovaná v pohorí v prevažnej miere prúdi v smere ich úklonu.

* RNDr. Ladislav Škvarka, CSc., Geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 809 40 Bratislava.

Na západnom úpätí Slanského pohoria pri Nižnej Myšli vyviera z tejto štruktúry prameň Koscelek s výdatnosťou 7—10 l/s a teplotou vody 18 °C, pri Bohdanovciach prameň s výdatnosťou 2,0 l/s a teplotou 11 °C, v Maďarsku asi 1 km južne od hraníc v obci Kéked prameň s výdatnosťou 9 l/s a teplotou vody 17—20 °C. Na styku vulkanitov so sedimentmi vystupuje podzemná voda v obci Füzerkomlos (teplota vody 17,5 °C), v obci Abaujvár (15 °C), v obci Gönc (19,5 °C) a v obci Korlát voda s teplotou 15,5 °C (V. BÖHM 1966).

Vyššia teplota vody dokazuje, že sa voda zúčastňuje na hlbšom obehu vo vulkanickom masíve a otepľuje sa pod vplyvom zemského tepla. Intenzívnejšia tektonická porušenosť skalného masívu vytvára priaznivé podmienky, a preto sa voda pri rýchlom výstupe na povrch neochladzuje, ale má aj v zimnom období vyššiu teplotu, ako je priemerná ročná teplota vzduchu.

Vulkanický komplex tu hraničí so sedimentmi Košickej kotliny. Neogén tvoria takmer pelitické sedimenty, prevažne íly a sliene. Naftový prieskum zistil mocnejšie detritické polohy v spodnom sarmate a v pliocéne (R. RUDINEC 1966, 1967). Štrkopieskové obzory s mocnosťou 4—10 m sú v oblasti Čaňa — Šebastovce — N. Hutka v hĺbke 100—200 m. Prietok artézskej vody bolo možno pozorovať hlavne pri vrtoch Ča-1 až Ča-8. Priepustné horizonty zachytil vrt Čaňa I, pri ktorom bol prietok podzemnej vody z hĺbky 71—82,0 m a 120—135 m s výdatnosťou 60 l/min. Priepustné horizonty dosiahol aj vrt VIII (R. RUDINEC 1967). Časť podzemnej vody z vulkanického komplexu vystupuje na tektonickom styku vulkanitov so sedimentmi v prameňoch a časť napája priepustné zvodnené horizonty Košickej kotliny. Tento predpoklad potvrdili 2 hydrogeologické vrty (vrt HŠ-19 Bohdanovce a vrt HŠ-20 Vyšná Myšľa).

Výsledky hydrogeologických vrtných prác

Na overenie niektorých našich téz o štruktúrnohydrogeologickej stavbe oblasti sa od mája do decembra 1972 urobili 2 hydrogeologické vrty: vrt HŠ-19, medzi obcou Bohdanovce a V. Myšľa, a vrt HŠ-20, medzi obcou Vyšná Myšľa a Nižná Myšľa.

Vrt HŠ-19, hlboký 115 m, zachytil do hĺbky 17,0 m íl s polohou jemnozrnného piesku, od 7—12,0 m a od 12,0—14,5 m zahlienený hrubobalvanitý štrk, od 17,0—38,0 m svetlosivé tufty pelitického charakteru a od 38,0—42,0 m íly a pod nimi zvodnené pemzové tuфы s prietokom vody s výdatnosťou 5 l/s, ktoré sa striedali s ílmi do hĺbky 73,0 m. Hlavný zvodnený horizont tvoria andezity a andezitové brekcie od hĺbky 73,0 do 115,0 m, ktoré konečnou metrážou neboli prevítané. Sú tektonicky porušené a silne zvodnené. Prvý prietok vody bol v hĺbke 22,3 m z tuftov, ktoré boli tektonicky porušené a prepojené puklinami s mocným prúdom andezitu v ich podloží.

Počas víťania sa robili informatívne čerpacie skúšky. V hĺbke 72,0 m bola z vrtu overená výdatnosť 42,0 l/s pri znížení hladiny vody 2,10 m pod terén a po ukončení vrtu v hĺbke 115,0 m výdatnosť 41,6 l/s pri znížení hladiny vody 207 cm pod terén.

Na vrte sa uskutočnila 21-dňová čerpacia skúška. Vzhľadom na zložitosť hydrogeologickej štruktúry poskytla 21-dňová čerpacia skúška o dopĺňaní podzemnej vody do štruktúry len orientačné hodnoty.

Pred začatím čerpacej skúšky mal artézsky prietok podzemnej vody z vrtu výdatnosť 5 l/s.

Čerpacia skúška dokumentovala intenzívne rozpukanie prúdu andezitov a jeho prekvapujúco vysoké zvodnenie. Počas skúšky sa zistilo pomalé klesanie výdatnosti vrtu alebo pokles hladiny vo vrte, čo svedčí o tom, že sa z vrtu odčerpalo viac vody, ako bol dynamický prítok. Napr. pri odčerpávaní 50,0 l/s vody za 62 hodín poklesla postupne hladina z 280 na 299 cm pod terén; pri čerpaní 100 l/s počas 18 hod. z 520 na 582 cm pod terén a pri odčerpávaní 136 l/s počas 20 h postupne klesla hladina zo 621 na 632 cm pod terén. Pretože išlo o krátkodobú čerpaciu skúšku, hladina sa neustálila.

Vrt HŠ-20 bol situovaný tak, aby sledoval ďalšie pokračovanie zvodnenej štruktúry. Do hĺbky 42,0 m zachytil nepriepustné sedimenty neogénu tvorené ílmi.

Od hĺbky 42,0 do 75,8 m bol zachytený tektonicky porušený prúd andezitov. Po ich navŕtaní začala z vrtu pretekať tlaková artézska voda s výdatnosťou 5,0 l/s, ktorá postupne klesala a ustálila sa na výdatnosti 1,3 l/s. Od hĺbky 75,8 m prebiehal vrt v sedimentoch neogénu.

Na vrte bola urobená 21-dňová čerpacia skúška. Od 7. do 13. marca sa z vrtu odčerpávalo konštantne 7,14 l/s a bol zaznamenaný postupný pokles hladiny vody vo vrte z 2,40 na 8,9 m. Po 24-ho-

Názov vrtu prameňa	Dátum odberu	Teplota vody, vzduchu v °C	pH	Celková minerali- zácia v mg/l	Iónové zloženie mg/l mval/1 mval%									
					Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	Fe ⁺²	Mn ⁺²	Cl ⁻	SO ⁻²	HCO ⁻
HŠ—19 Vyšná Myšľa	4.12.72	13,0 12,8	6,8	466,9	0,003 0,004 0,04	9,50 0,41 4,48	1,90 0,04 0,53	54,31 2,71 29,41	17,02 1,40 15,20	0,13 0,005 0,06	0,11 0,004 0,04	8,5 0,24 2,57	14,40 0,30 3,22	251,40 4,12 44,20
Vrt HŠ—20 Vyšná Myšľa	15.3.73	13,0 8,0	7,7	367,3	0,03 0,004 0,06	9,5 0,41 6,31	3,60 0,09 1,41	35,87 1,79 27,36	10,94 0,90 13,76	0,06 0,00 0,03	3,55 0,002 0,03	19,35 0,10 1,52	19,35 0,40 6,12	170,20 2,79 42,33
prameň Dolinky Sl. Huta	4.7.72	8,0 12,71	6,6	122,42	0,01 0,00 0,04	4,90 0,21 8,45	0,80 0,02 0,79	15,03 0,75 29,77	3,04 0,25 9,92	0,73 0,02 1,03	neg.	2,84 0,08 3,04	18,93 0,39 14,97	47,60 0,78 29,64
Byšta kúpele	5.7.72	19,5	6,5	1178,0	0,72 0,10 0,32	268,00 11,65 35,99	19,50 0,49 1,59	50,30 2,51 7,76	17,02 1,40 4,32	0,23 0,008 0,02	neg.	270,84 7,64 23,25	36,62 0,76 2,32	475,35 7,79 23,71
Slivník minerálna voda	5.7.72	11,8 21,8	6,6	5310,3	0,52 0,07 0,05	1335,0 58,06 42,14	19,00 0,48 0,35	142,68 7,12 5,17	36,60 3,01 2,18	1,86 0,13 0,10	0,28 0,01 0,01	585,18 16,51 12,06	5,76 0,12 0,09	4160,13 51,79 37,82

dinovom prerušení (z technických príčin) vystúpila hladina podzemnej vody na úroveň terénu. V ďalšom priebehu skúšky sa od 15. marca čerpalo 15,6 l/s, pričom sa hladina znížila na 16,2 m. Do 27. marca, keď sa čerpacia skúška skončila, hladina nadzemnej vody postupne poklesla na 20,96 m a výdatnosť na 15,15 l/s. Bol zaznamenaný pokles prítoku podzemnej vody do vrta, pričom sa čerpacou skúškou pomery neustálili.

Podzemná voda je kalcium-bikarbonátového charakteru. Pri vrte HŠ-19 dosahuje celková mineralizácia 400 mg/l. Zo škodlivých prímiesí bol v niektorých vzorkách zvýšený obsah Fe a Mn. Zistené hodnoty majú rozptýl a ich obsah bude možno vyjadriť jednoznačne až po dlhodobej čerpacej skúške, pri ktorej treba hodnoty starostlivo sledovať.

Štruktúra, ktorú overil vrt HŠ-19 a HŠ-20, predstavuje zložitú nádrž podzemnej vody, akumulovalú predovšetkým v rozpukaných a poróznych vulkanických horninách uklonených smerom do Košickej kotliny. Vrt HŠ-19 a HŠ-20 zachytili zaklesnutý prúd andezitu, tektonicky silne porušený predovšetkým na styku s kotlinou, s výbornými filtračnými vlastnosťami. V nadloží vrta HŠ-19 sú priepustné pórovité pyroklastické horniny. Časť podzemnej vody zo štruktúry vystupuje v prameňoch na styku s pohorím v oblasti Bohdanoviec a V. Myšle a časť skryte prechádza do priepustných sedimentov Košickej kotliny.

Výskumné práce indikovali priaznivú silne zvodenú hydrogeologickú štruktúru. Novými priekumnými prácami treba overiť jej ďalší priebeh a zásoby podzemnej vody.

Na východnej strane pohoria vystupujú z podložia vulkanického komplexu na povrch sarmatské a badenské sedimenty, z ktorých vyvierá minerálna voda v Byšte, Kuzmiciach a v Slivníku. Výdatnosť prameňov je malá. Voda je nátrium-bikarbonátového charakteru s výraznou chloridovou zložkou a s obsahom metánu v plynnej zložke (M. MICHALÍČEK 1965). Voda vyvierajúca v Slivníku má celkovú mineralizáciu 5310 mg/l a obsahuje 614 mg/l voľného CO₂, v Byšte dosahuje celková mineralizácia 1100—1500 mg/l.

Časť zrážkovej vody, ktorá infiltruje v pohorí, preniká až do priepustných sedimentov neogénu, kde vylúhovaním zo sedimentov získava svoju mineralizáciu a pravdepodobne sa mieša i s vodou, ktorá je vytláčaná zo sedimentov váhou nadložných vrstiev. Po tektonicky predisponovaných zónach vystupujú plyny (metán a CO₂) a obohacujú vodu o plynú zložku.

LITERATÚRA

- BADGASARJAN, G. P. — SLÁVIK, J. — VASS, D. 1971: Chronostratigrafický a biostratigrafický vek niektorých významných neovulkanitov východného Slovenska. Geol. práce, Správy 55 (Bratislava), s. 87—96.
- BÖHM, V. 1966: Hydrogeologické pomery v J. časti Slanského pohoria. Manuskript — archív GÚDŠ, Bratislava, s. 16.
- BÖHM, V. 1966: Problémy zvodenia neovulkanitov Slovenska. Manuskript — archív PF UK, Bratislava, s. 120.
- CIBULKA, L. — PRÍHODA, J. 1969: Možnosti využitia podzemných vôd v oblasti sútoku Hornádu a Torysy a priláhlého územia od Hornádu až po Šacu. [Hydrogeol. štúdia.] Manuskript — archív VZ, Prešov, s. 30.
- CVERČKO, V. 1966: Správa o výsledku štruktúrneho prieskumu v Košickej kotline s návrhom na hlboký prieskum elevácie Ďurkov. Manuskript-Čsl. naft. doly, Michalovce, s. 20.
- FORGÁČ, J. 1965: Stratigrafické postavenie a tektonika neovulkanitov v južnej časti Prešovsko-tokajského pohoria. Geol. práce, Správy 37 (Bratislava), s. 27—44.
- MICHALÍČEK, M. 1965: Príspevok k hydrogeochemii východoslovenského neogénu. Geol. práce, Správy 34 (Bratislava), s. 115—141.
- PORUBSKÝ, A. 1958: Hydrogeologické vyhodnotenie vrta H-1 v Slanci. Manuskript-Geofond, Bratislava, s. 35.
- RUDINEC, R. 1967: Artézske vody v Košickej kotline. Geol. průzkum (Praha), s. 125—126.
- SLÁVIK, J. — CVERČKO, J. — RUDINEC, R. 1968: Geology of neogene volcanism in East Slovakia. Geol. práce, Správy 44—45, (Bratislava), s. 215—238.

- TÖZSÉR, J. 1972: Hydrotermálna mineralizácia Prešovského pohoria. [Rigorózna práca.] Manuskript — archív PF UK, Bratislava, s. 120.
- ŠKVARKA, L. 1965: Hydrogeológia neovulkanitov Slovenska a ich podložia Správy o geol. výskumoch, 2, Bratislava, 157 s.
- ŠKVARKA L. 1967: Výskum vôd stredoslovenských neovulkanitov a ich podložia. Geol. práce, Správy 43 (Bratislava), s. 157—169.
- ŠKVARKA, L. 1967: Problems of Water in Neovolcanites of Slovakia. Reports Engineering Geology and Hydrogeology of VIII. Congress CBGA, Belgrade, s. 65—70.
- ŠKVARKA, L. 1968: Poruchové zóny — najnádejnejší zdroj zvodnenia v oblasti stredoslovenských neovulkanitov. [Rigorózna práca.] Manuskript — archív PF UK, Bratislava, s. 31.
- ŠKVARKA, L. 1969: Thermalwasser im Gebiete der Neovulkanite der Mittelslowakei. In: Zborník prác II. medzinárodného balneotechnického sympózia v Piešťanoch, s. 205—212.
- ŠKVARKA, L. 1970: Das lokalisieren wasserführender Klüfte in vulkanischen Gesteine mit Hilfe von Abfluss — und Temperaturmessungen. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, H. 4, Koblenz, S. 110—111.
- ŠKVARKA, L. 1972: Hydrogeologický výskum neovulkanitov ako potenciálnych zdrojov vody. In: Prieskum a hodnotenie zdrojov vody, Banská Bystrica, s. 1—8.

Resumé

Der zentrale Teil des Gebirges Slanské pohorie ist von vulkanischen Gesteinen gebildet, welche auf Sedimenten des Neogens liegen. Im südlichen Teil des Gebirges ist ein Abfallen der vulkanischen Gesteine in westlicher Richtung, ins Košice-Becken, zu beobachten. Am Ostrand, an der Berührung der Sedimente des Neogens mit Vulkaniten, befinden sich häufige Schichtquellen, deren Ergiebigkeit in der Trockenperiode nur selten 0,5 l/sek. übersteigt.

Die Grundwässer stromen ins Košice-Becken, wo ein Teil von ihnen an der Grenze des Gebirges mit dem Becken in Quellen auftritt. Genetisch sind sie an die Bruchlinie gebunden, welche das Gebirge vom Becken tektonisch abtrennt. Durch hydrogeologische Bohrungen ist festgestellt worden, dass die Bruchzone gut durchlässig ist, intensiv wasserhältig. Die Bohrung HŠ-19, 115 m tief, erfasste in tektonisch gestörten Andesiten und Andesitbrekzien einen ergiebigen Zufluss von Grundwasser. Mittels einer informativen Pumpenprobe wurden von der Bohrung 136,0 l/sek. bei einem gesunkenen Wasserspiegel von 582 cm unter dem Gelände geschöpft. Die Bohrung HŠ-20 erfasste in einer Tiefe von 42,0 bis 75,8 m tektonisch gestörte Andesite, stark wasserhältig. Mittels der Pumpenprobe wurde ein Ergiebigkeit von 29,9 l/sek. bei einem gesunkenen Wasserspiegel von 16,2 m unter dem Gelände festgestellt.

Die an den Bohrungen durchgeführten Pumpenproben waren kurzfristig, und ein allmähliches Absinken der Brunnen-Ergiebigkeit wurde verzeichnet. Durch weitere Erkundungsarbeiten ist es erforderlich den weiteren Verlauf der günstigen hydrogeologischen Struktur und ihre anwendbaren Grundwasser-Vorräte festzustellen.

Übersetzt J. Pevný

Poznatky z hydrogeologického výskumu kvartérnych sedimentov Vysokých Tatier a ich predpolia

(4 obr. a 5 tab. v texte)

VLADIMÍR HANZEL*

Connaissances de la recherche hydrogéologique des sédiments quaternaires de la Haute Tatra et de son avant-pays

L'auteur présente quelques nouveaux résultats de la recherche hydrogéologique des sédiments quaternaires de la Haute Tatra et de son avant-pays. Il mets en valeur le caractère hydrogéologique des sédiments glaciaux et glaciifluviaux dans lesquels quelques forages hydrogéologiques étaient exécutés. Il mentionne des données sommaires sur l'épaisseur des sédiments obtenues par la mesure géophysique.

Некоторые сведения по гидрогеологическому исследованию четвертичных осадков Высоких Татр и их предполья

В работе приводятся некоторые сведения, приобретенные гидрогеологическим исследованием осадков Высоких Татр и их предполья. Центр работы состоит в оценке гидрогеологического характера гляциальных и гляциофлювиальных осадков, в которых было пробурено несколько гидрогеологических скважин. Коротко приведены и сведения о мощностях этих осадков, приобретенные помощью обширного геофизического измерения.

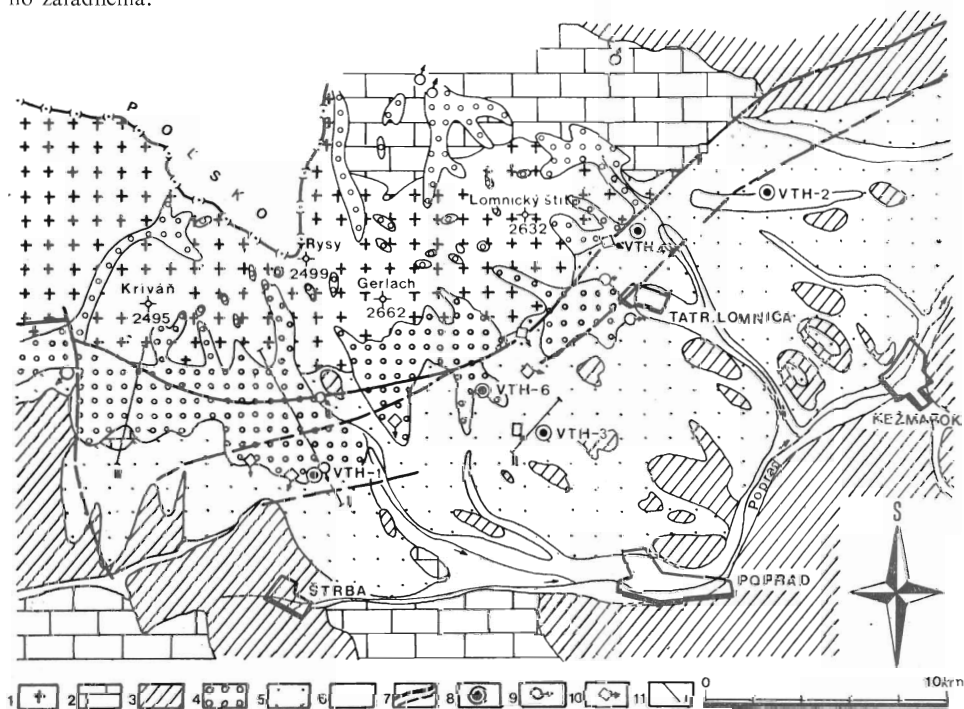
V ostatných rokoch sa dostávajú do pozornosti hydrogeológov aj Vysoké Tatry, a to najmä pre rozsiahle priestorové rozšírenie kvartérnych sedimentov a v súčasnosti aj pre citelný nedostatok vody na vodovodné zásobovanie.

Záujmové územie patrí trom orografickým celkom: Vysokým Tatrám, Liptovskej a Popradskej kotline. Orografickú hranicu Vysokých Tatier s ich predpolím, t. j. Liptovskou a Popradskou kotlinou, tvorí podľa M. LUKNIŠA (1973) podtatranský zlom, ktorý bol aktívny aj v priebehu neogénu a kvartéru. Jadro masívu Vysokých Tatier tvorí kryštalinikum, ktoré je mohutnou postpaleogénou klenbou komplikovanej stavby. Zatiaľ čo granodiorit a kremenný diorit tvoria podstatnú časť kryštallického jadra, kryštallické bridlice sú zastúpené iba sporadicky (A. GOREK 1959). Zo severu je na kryštaliniku uložené mezozoikum (Belianske Tatry), ktoré má zložitú, prevažne príkrovovú stavbu (obr. 1). Z južnej strany vystupuje mezozoikum vo forme ostrovov z paleogénu pri tektonickom styku s kryštalinikom, a to v oblasti Troch studničiek, Hrubého grúňa a kóty Hrádok (obr. 3), pričom je všade obklopené kvartérnymi sedimentmi. Masív kryštalinika Vysokých Tatier sa na juhu stýka prevažne bezprostredne s eocénnymi sedimentmi Liptovskej a Popradskej kotliny, od ktorých ho oddeľuje mohutný pozdĺžny podtatranský zlom (A. GOREK 1959). V podstatnej časti predpolia Vysokých Tatier zastupujú paleogén ilovce rytmicky sa striedajúce s pieskovecami (flyš)

* RNDr. Vladimír Hanzel, CSc., Geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 809 40 Bratislava.

a iba v blízkom okolí mezozoických ostrovov je bazálny paleogén. Paleogén vystupuje na povrch v úzkych pásoch na bokoch nehlbokých dolín, kde ich odkryli potoky po prerezaní kvartérnych štrkových pokrovov (obr. 1).

V pleistocéne boli Vysoké Tatry niekoľkokrát zaľadnené, čoho výsledkom je mocná kvartérna pokrývka najmä ich južného predpolia. M. LUKNIŠ (1968) odlíšiť najstaršie (mindelské), predposledné (risské) a posledné (würmské) zaľadnenie. Toky vytekajúce z ľadovcov vyplavili z morén množstvo kalu, piesku a štrku a uložili ho vo forme glaciofluvialných kužeľov, v ktorých bolo odlišených päť glaciofluvialných štrkových pokrovov. Potoky vyhlbili v holocéne svoje dolinové dna 2,0 až 7,0 m pod úroveň glaciofluvialných štrkových akumulácií, ktoré sa pripínajú k morénam posledného zaľadnenia.



Obr. 1. Schematická geologická mapa Vysokých Tatier a ich predpolia. Zostavil: V. Hanzel 1974 (podľa geologických podkladov M. LUKNIŠA, I. VAŠKOVSKÉHO a geologickej mapy 1 : 200 000, list V. Tatry).

1 — kryštalinikum, 2 — mezozoikum, 3 — paleogén, 4—6 kvartér: 4 — glaciálne sedimenty, 5 — glaciofluvialne sedimenty, 6 — fluvialne sedimenty, 7 — zlomy, 8 — hydrogeologické vrty GÚDŠ, 9 — nezachytené pramene, 10 — zachytené pramene, 11 — profily geofyzikálnych meraní

Fig. 1. Schematic geological map of the High Tatras and their foreland. Compiled by V. Hanzel 1974 (according to geological bases of M. LUKNIŠ, I. VAŠKOVSKÝ and the geological map 1 : 200 000 map sheet High Tatras).

1 — Crystalline, 2 — Mesozoic, 3 — Paleogene, 4—6 Quaternary: 4 — glacial sediments, 5 — glaciofluvial sediments, 6 — fluvial sediments, 7 — faults, 8 — hydrogeological drillings of the Dionýz Štúr Institute of Geology, 9 — unintercepted springs, 10 — intercepted springs, 11 — profiles of geophysical measurements

Hydrogeologické pomery

Hydrogeologický charakter kvartérnych sedimentov v oblasti Tatier je ovplyvňovaný niekoľkými faktormi. Relatívne menej priepustné kryštalinikum svojimi svahmi priklonenými ku kvartérnym

sedimentom odvádza čiastočne po povrchu a čiastočne puklinovým systémom značné množstvo zrážkovej vody do glaciálnych, glaciofluviálnych a sutinových sedimentov, čím zväčšuje ich infiltračné oblasti. Príkladom je Päť prameňov sz. od Smokovcov, kde voda vyviera z pásma mylonitov a podvrvených granodioritov na podtatranskom zlome do kvartérnych sedimentov na styku s nepriepustným flyšovým súvrstvom, ktoré tvorí podzemnej vode bariéru. Obdobný prípad je pramenište Tri studničky, ktoré v období sucha nemá pozorovateľný odtok vody, pretože podzemná voda prúdi cez kvartérne sedimenty do nižších polôh. Ďalším dôležitým faktorom je, že karbonáty mezozoika či už Belianskych Tatier alebo v ostrovoch na južnom predpolí V. Tatier pôsobia buď ako drén kvartérnych sedimentov, alebo môžu naopak miestami dopĺňať vodou kvartérne sedimenty, a to v závislosti od ich priepustnosti a vzájomnej geologickej pozície. Veľmi dôležitým faktorom je morfológický charakter nepriepustného flyšového súvrstvia, ktoré tvorí prevažne podložie kvartérnej pokrývky. Ovplyvňuje jednak smer prúdenia podzemnej vody, ktoré je usmernené do kotliny v smere úklonu nepriepustného podložja, a jednak akumuláciu a výstup podzemnej vody na povrch. V neposlednom rade závisí hydrogeologický charakter kvartérnych sedimentov od stupňa zvetrenia horninového materiálu, ktorý sa zúčastňuje na ich skladbe a ktorého konečným produktom je piesčito-ílovitý materiál.

Glaciálne sedimenty

Podľa M. LUKNIŠA (1968) sa z najstaršieho (mindelského) zaľadnenia zachovali len denudované zvyšky morén v oblasti Hrebienka — Horného Smokovca a asi aj v starých akumuláciách v predpolí Mengusovskej, Važeckej a Kôprovej doliny. Materiál morén je silne zvetraný. Najrozsiahlejšie bolo predposledné (risské) zaľadnenie, ktoré zanechalo množstvo morén a erátik pred Velickou, Mengusovskou, Mlynickou a Kôprovou dolinou. Morénové štrky a balvany sú pod vplyvom zvetrania slabo rozpadavé a podľahli silnej erózii a denudácii. Posledné zaľadnenie (würmské) zanechalo morény, ktoré sa odlišujú od starších morén čerstvosťou materiálu a foriém. Štrk a balvany v morénach sú celkom zdravé. Vypĺňajú dolinu potoka Biela voda, Skalnatého potoka nad Tatranskou Lomnicou, Studeného potoka, Velickú, Batizovskú, Mengusovskú, Mlynickú, Furkotskú, Važecú, Kôprovú a ďalšie doliny. Morény sa vyznačujú nevytriedenosťou materiálu. Najväčší podiel na skladbe morén má štrk s veľkosťou zrn od 2,0 do 30,0 mm a slabo opracované balvany, pričom ich veľkosť s priemerom 1,0—2,0 m nie je zriedkavosťou. Najmä mladé morény (würmské) sú bohaté na balvany. Najtypickejšou vlastnosťou morénových akumulácií je vždy slabšie zastúpenie jemného piesku až prachu. Napríklad na hydrogeologickom vrte VTH-1 je obsah frakcie pod 0,1 mm, vo výplni medzi balvanmi 7,0—13,0 %. Najmohutnejšie sú morény pred Mlynickou dolinou (obr. 2), kde podľa geofyzikálnych meraní majú aj najväčšiu mocnosť, 300,0 až 350,0 m (J. MÁJOVSKÝ — V. HANZEL 1972). Veľkú zásluhu na mohutnosti morén má silné tektonické porušenie granodioritového masívu, ktorý je popretínaný pásmami mylonitov.

Štrkovito-balvanovitý materiál würmských a sčasti aj risských morén je najpriepustnejším materiálom územia. Pramene vyvierajú v čelných častiach morén, a to alebo na styku s nepriepustným flyšovým podložím alebo relatívne menej priepustnými glaciofluviálnymi piesčito-hlinitými sedimentmi, napr. pramene pri Tatranskej Štrbe z čela mlynicko-mengusovského morénového komplexu, sz. a z. od Tatranskej Lomnice atď. Vznik prameňov podmieňujú aj morfológické podmienky, narezanie morény eróziou potoka a vplyv reliéfu nehlboko ležiaceho nepriepustného paleogénneho podložja, ktoré vytláča prúdiacu podzemnú vodu na povrch. Preto vznikajú rozsiahle plošné a líniové prameništia sz. od Tatranskej Štrby (pramene Pod Šulkovou), pri V. Hágoch, v údolí rieky Poprad jz. od V. Hágov, v Mengusovskej doline, v Tatranskej Polianke, v Studenom potoku, v Novom

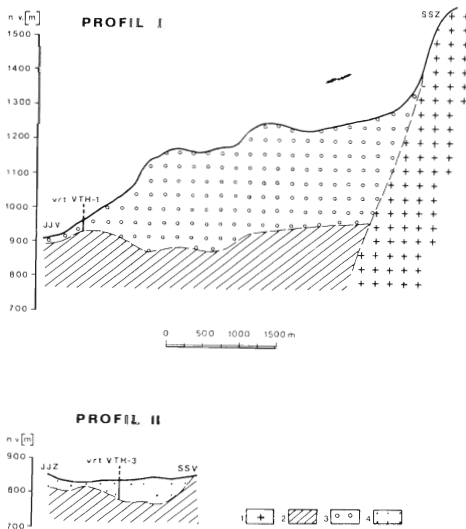
Tab. 1

Prameň	T. Štrba			Vyšné Hágy						Tatranská Lomnica					6	7
	1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	1	3	4	5		
Q min. l/s	0,3	0,2	0,1	0,7	0	0	0	0	0	0	0	3,0	0,5	0,6	6,9	1,6
Q max.	6,8	3,7	7,5	15	15	15	15	15	15	4,8	2,4	12	1,5	3,0	14,3	2,1

Smokovci a i. (obr. 1). Pramene z glaciálnych sedimentov dosahujú najväčšiu výdatnosť (často i niekoľko desiatok l/s). Výdatnosť niektorých z nich, ktoré v rokoch 1968—1972 sústavne pozorovali VVAK v Poprade, uvádza tab. 1.

Hydrogeologický charakter glaciálnych sedimentov sa overil iba hydrogeologickým vrtom VTH-1, situovaným sv. od Tatranskej Štrby v čele mlynicko-mengusovského morénového komplexu. Do hĺbky 25,50 m je štrkovito-balvanitý materiál würmskej morény a do konečnej hĺbky vrtu 43,70 sú pieskovce a ílovce paleogénu (obr. 2). Základné hydrogeologické parametre získané z vrtu sú v tab. 2.

V súčasnosti ešte neukončený hydrogeologický vrt VTH-6 nad Tatranskou Poliankou prevrúť do hĺbky 150,0 m štrkovito-balvanitý materiál risskej morény a polygenetických suť. Granodioritové balvany vo veľkosti 10,0—30,0 cm sú zvetrané a rozpadajú sa na ostrohrannú drvinu. V ich podloží sú silne porušené vápence mezozoika. Hladina vody vo vrte sa pohybuje v kvartérnych sedimentoch okolo 4,80 m a vo vápencoch 32,0—35,50 m pod terénom.

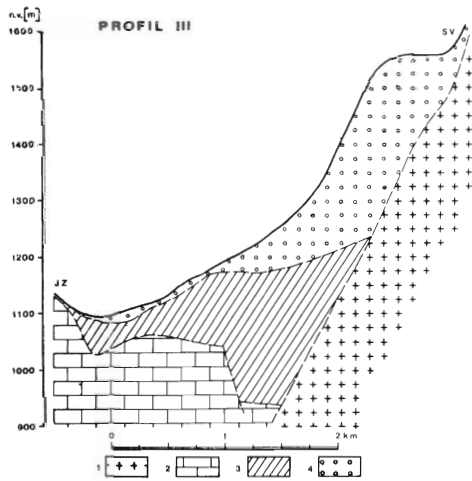


Obr. 2. Schematický geologický profil mlynicko-mengusovským morénovým komplexom (I) a profil depresiou JZ pod Smokovcami (II) vyplnenou glaciofluvialnými sedimentmi. (Zostavené na základe výsledkov vertikálneho elektrického sondovania podľa J. MÁJOVSKÉHO 1972).

1 — kryštalínium, 2 — paleogén (pieskovce, bridlice), 3 — glaciálne sedimenty, 4 — glaciofluvialné sedimenty

Fig. 2. Schematic geological profile of the Mlynica-Mengusovský moraine complex (I) and profile through the depression JZ below Smokovce (II) filled in with glaciofluvial sediments. (Compiled on the basis of results of vertical electric sounding, according to J. MÁJOVSKÝ 1972).

1 — Crystalline, 2 — Paleogene (sandstones, shales), 3 — glacial sediments, 4 — glaciofluvial sediments



Obr. 3. Schematický geologický profil mezozoickým ostrovom Hrádok a morénou Važeckej doliny (zostavené podľa výsledkov geofyziky, J. MÁJOVSKÝ 1972).

1 — kryštalínium, 2 — karbonáty mezozoika, 3 — pieskovce, ílovce (mezozoikum, paleogén), 4 — glaciálne sedimenty

Fig. 3. Schematic geological profile through the Mesozoic „island“ Hrádok and the moraine of the Važecká dolina valley (compiled according to the results of geophysics, J. MÁJOVSKÝ 1972).

1 — Crystalline, 2 — Mesozoic carbonates, 3 — sandstones, claystones (Mesozoic, Paleogene?), 4 — glacial sediments

Glaciofluválne a fluválne sedimenty

Toky vytekajúce z ľadovcov vyplavili z morén množstvo jemnozrnného materiálu, ktorý je na rozdiel od morén už roztriedený podľa veľkosti zŕn. Väčšiu časť pahorkovitého povrchu Liptovskej a Popradskej kotliny pokrývajú glaciofluválne štrkové pokrovy, ktoré zatlačili hlavné rieky k južnému a juhovýchodnému okraju kotliny (M. LUKNIŠ 1973). Tieto sedimenty sa granulometricky od morén veľmi odlišujú. Vo vrcholoch glaciofluválnych kužeľov majú balvany a hrubý štrk vždy prevahu. Priestor medzi hrubým štrkom vyplňa hrubozrnný piesok. V prevažnej miere prevládajúci granodioritový materiál podľahol rozličnému stupňu zvetrania, a preto sú tu nezvetrané obliaky až po piesčité a ílovité vrstvy. Častejšie sú pokrovy, v ktorých je nerovnako zvetraný materiál vzájomne premiešaný, čo je spôsobené premiešaním staršieho a mladšieho štrku. Mocnosť glaciofluválnych sedimentov sa zvyčajne pohybuje do 30,0 m. Počas kvartéru zasahovali do vývoja reliéfu Tatier význačné pohyby. Najmä staršie tektonické línie sú často aktívne aj v kvartérnych sedimentoch a zasahujú hlboko do Liptovskej a Popradskej kotliny (M. LUKNIŠ 1973). Tieto tektonické línie sú sprevádzané tektonickými depresiami. Značná hrúbka a neobyčajná šírka riečneho nánosu medzi hrastami Kolombiarka a Bôrika sv. od Štrby vyplnila asi 2,0 km širokú priekopovú prepadlinu, ktorá sa musela vyvíjať najneskôr v čase akumulácie. M. LUKNIŠ (1959) ju pokladá za staršiu, ako je predposledné zaľadnenie, teda za pochádzajúcu asi z interglaciálu medzi starším a mladším pleistocénom. Vznikla asi rozplavením staropleistocénnych i starších akumulácií. Podľa geofyzikálnych meraní sa mocnosť kvartéru v tejto prepadline pohybuje od 10,0 do 18,0 m. Obdobne jv. pod Tatranskou Poliankou sa geofyzicky i hydrogeologickým vrtom VTH-3 zistila depresia (obr. 2), v ktorej je mocnosť glaciofluválnych sedimentov 50,0 až 80,0 m (J. MÁJOVSKÝ — V. HANZEL 1972).

Glaciofluválne sedimenty majú menej priaznivé podmienky na infiltráciu zrážkovej vody. Ich priepustnosť je v dôsledku zvýšenej prítomnosti prachovito-ílovej frakcie menšia, pretože sa často po veľmi krátkych vzdialenostiach mení štrkovito-piesčitý materiál na hlinitý. Koeficient filtrácie je pri nich zvyčajne rádovo 10^{-4} m/s a mení sa až na 10^{-5} m/s, a to v závislosti od podielu ílovito-prachovitej frakcie. Hydrogeologický vrt VTH-2 (Rakúsy) prevrätal zahlinené piesčito-štrkové sedimenty s mocnosťou 7,0 m a vrt VTH-4 (Tatranské Matliare) prevrätal do hĺbky 18,0 m žulové balvany s veľkosťou do 30,0 cm s rôznorodným pieskom a do hĺbky 35,0 m boli zahlinené kamenité sutiny s úlomkami granodioritov a pieskovcov paleogénu. Základné hydrogeologické parametre z týchto vrtov sú v tab. 2.

Tab. 2

Vrt, lokalita	VTH-1 Mengusovce	VTH-2 Rakúsy	VTH-3 D. Smokovec	VTH-4 T. Matliare
Druh sedimentov	glaciálne	glaciofluválne		
Mocnosť zvodného horizontu (m)	25,5	7,0	46,0	35,0
Hladina vody (m p. t.)	16,3	1,9	2,0	3,4
Zníženie (m)	4,0	5,0	12,0	3,9
Čerpané množstvo (l/s)	12,0	0,4	12,5	1,3
Koeficient prietočnosti T (m ² /s)	$6,8 \cdot 10^{-4}$	—	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$7,65 \cdot 10^{-4}$
Polomer depresie R (m)	nad 600,0	—	34,0	—

Výpočet hodnôt T a R urobil I. Mucha 1973

Glaciofluviálne sedimenty sa najčastejšie odvodňujú na styku s nepriepustným flyšovým podložím alebo s ílovými polohami vnútri štrkových pokrovov, a to vo forme rozsiahlych plošných prameňov, pričom miestami tvoria rozsiahle mokrade a rašeliniská, napr. pri Gerlachove, Pod lesom (jz. pod Smokovcami), v Novej Polianke, pri Starej Lesnej. Najrozsiahlejšie mokrade sú jv. od Kežmarských Žľabov, v širšom okolí Gerlachova a jv. od Tatranskej Lomnice. Výdatnosť niektorých pozorovaných a dnes využívaných prameňov uvádza tab. 3 (podľa meraní VVAK v Poprade v rokoch 1968—1972).

Tab. 3

Pramene	D. Smokovec-Pod lesom			Gerlachov		Nový Smokovec
	1	2	3	1	2	
$Q_{\min}$ l/s	5,7	1,6	0,9	0,4	0,4	7,2
$Q_{\max}$ l/s	18,2	2,2	10,0	2,4	3,0	25,0

Znáčná časť glaciofluviálnych sedimentov pokrýva chrbty medzi údoliami potokov, ktoré svoje korytá zarezali hlboko až do nepriepustného paleogénneho podložía. Podzemná voda z nich je preto drénovaná v podstatnej miere systémom vodných tokov, a to vo forme rozsiahlych líniových prameniští, napr. v údolí Červeného potoka, Skalného potoka sv. od obce Mlynica, N. Slavkova, Starej Lesnej, s. od Mengusoviec, v údolí Rinčového potoka atď.

Väčšia akumulácia podzemnej vody v týchto sedimentoch môže byť len v miestach, v ktorých priepustné piesky a štrky vyplňajú rozličné depresie v podložnom paleogéne. Takáto depresia bola zistená j. od Smokovca, kde boli vrtom VTH-3 do hĺbky 21,0 m prevrtnané stredno- až hrubozrnné piesky s obliakmi od 10,0 do 35,0 cm a do hĺbky 46,0 m rôznorodný piesok. V ich podloží boli ílovce paleogénu (obr. 2). Hydrogeologické parametre vrtu sú v tab. 2.

Vekú výdatnosť dosahujú aj pramene vyvierajúce z rozsiahlych kamenných morí a polygenetických sutinových akumulácií prikrývajúcich bezprostredné úpatie kryštallického jadra, z ktorého sú zásobované vodou, napr. pramene v údolí Rinčového potoka, pramenište Päť prameňov s. od Smokovca a pramenište Tri studničky. Ich výdatnosť je v tab. 4.

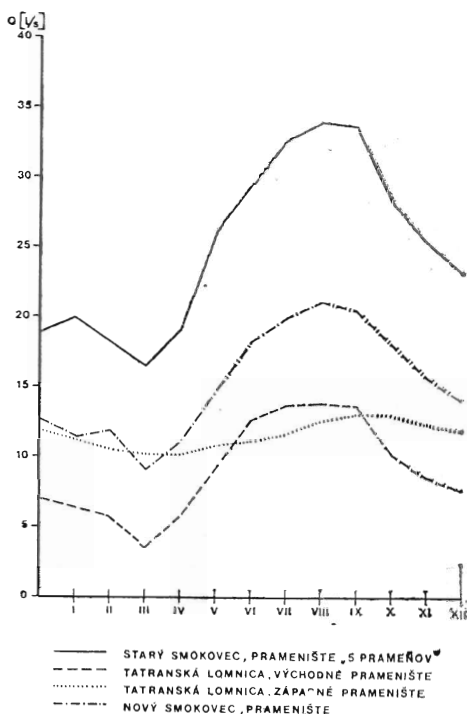
Tab. 4

Prameň	Päť prameňov — Smokovec					Tri studničky
	1	2	3	4	5	
$Q_{\min}$ l/s	1,2	3,3	2,3	1,9	4,1	0,0
$Q_{\max}$ l/s	4,8	11,6	6,1	8,7	17,3	331,6

Hydrogeologicky málo zdvodené sú holocénne fluviálne náplavy potokov, ako to potvrdzuje celý rad vrtov v údolnej nive Popradu od Svitu po Bušovce, kde je maximálna mocnosť náplavov 7,0 m. Výdatnosť jednotlivých vrtov sa pohybovala od 0,04 do 3,0 l/s a koeficient filtrácie od $9,78 \cdot 10^{-4}$ m/s do $6,74 \cdot 10^{-5}$ m/s (M. HALUŠKA 1968). Podobné pomery sú i v údolnej nive Velického potoka pri Poprade (J. FRANKOVIČ 1963).

Režim a chemizmus podzemnej vody

Podzemná voda glaciálnych a glaciofluviálnych sedimentov sa dopĺňa nielen infiltráciou atmosférických zrážok vo vlastnom horninovom prostredí, ale i drénovaním častí podzemnej vody zo susedných starších horninových celkov (kryštalínika a mezozoika). Ako dokumentujú výsledky hydro-metrických prác na povrchových tokoch, ďalšia časť podzemnej vody sa dopĺňa infiltráciou z povrchových tokov do kvartérnych sedimentov, najmä v ich hornej časti. Podobne odvodňovanie



nenastáva len vo forme prameňov, ale i drénovaním sedimentov potokmi, ktoré ich narezávajú, a to najmä v dolných a stredných častiach tokov. V rokoch 1969—1970 bola v pomerne suchom období zistená skrytá infiltrácia podzemnej vody do rieky Poprad, ktorá prerezáva mlynicko-mengusovský morénový komplex. V úseku dlhom asi 5,0 km prechádzalo asi 76,0 l/s vody, do Velického potoka v úseku dlhom približne 3,5 km okolo 185,0 l/s. Ďalšia infiltrácia bola zistená do potokov pod Tatranskými Matliarmi, do potokov v oblasti Starej Lesnej atď. Z hľadiska akumulácie podzemnej vody je nevýhodou pozdĺžne narezanie glaciálnych a glaciofluvialných sedimentov potokmi s možnosťou drénovania na dlhom úseku.

Ako vyplýva z pozorovania prameňov, nevýhodou prameňov vyvierajúcich z kvartérnych sedimentov je ich veľká kolísavosť výdatnosti (tab. 1, 3, 4), pritom celý rad prameňov v období sucha

Obr. 4. Ročné kolísanie výdatnosti prameňov z kvartérnych sedimentov Vysokých Tatier
Fig. 4. Annual oscillation of yield of spring Quaternary sediments of the High Tatras

Tab. 5

Zdroj, lokalita	VTH-1 Mengušovec	Pra- meň V. Há- gy	Pra- meň T. Lomni- ca	VTH-2 Rakú- sy	VTH-3 Smokovec	VTH-4 T. Matli- are	5 pra- meňov Smokovec	Vrt v St. Les- nej
Hornina	glaciál. sedimenty			gaciofluvialné sedi- menty			sute	alúvium
Dátum odberu	28. 5. 1971	8. 9. 1969	24. 10. 1971	23. 2. 1972	11. 2. 1973	19. 1. 1973	21. 11. t 1973	4. 8. 1971
Teplota vody	7,5	5,2	5,2	7,9	7,0	4,5	4,1	5,0
pH	6,6	6,4	6,9	6,5	6,8	6,3	6,4	7,5
Mineralizácia mg/l	92,0	48,0	74,0	282,3	63,3	38,4	61,7	950,0
Na ⁺ mg/l	3,7	2,4	4,0	9,4	4,0	1,8	2,0	22,6
K ⁺ mg/l	0,4	0,7	0,9	0,6	0,5	0,2	0,2	132,8
Mg ²⁺ mg/l	2,9	1,3	2,7	9,2	1,8 ²	0,6	1,2	28,7
Ca ²⁺ mg/l	10,8	6,0	9,6	33,4	5,0	5,0	11,0	93,7
Mn ²⁺ mg/l	ng.	neg.	neg.	2,9	st.	st.	st.	0
Fe ²⁺ mg/l	4,4	neg.	1,1	9,2	st.	0,1	0,1	0,1
Cl ⁻ mg/l	3,5	2,3	2,4	2,4	2,8	2,4	3,1	41,2
SO ₄ ⁻² mg/l	5,3	9,4	13,6	11,1	7,4	4,9	5,9	106,9
HCO ₃ ⁻ mg/l	54,9	18,9	39,6	188,5	20,7	15,2	37,8	384,4
NO ₂ ⁻ mg/l	0,2	0,1	—	0	1,5	0	0,1	110,0

Analýzy urobil S. Gazda, K. Lopašovský

úplne vysychá. Pramene dosahujú minimum v zimných mesiacoch (január — marec), keď sa zrážky akumulujú vo forme snehovej pokrývky. V tomto období je i vodnosť povrchových tokov najnižšia a toky sa zásobujú výlučne podzemnou vodou. Podľa J. PACLA (1968) na toto obdobie pripadá mesačne 1,4—4 % z priemerného ročného prietoku. Maximum výdatnosti je v letných mesiacoch (jún — september), keď sa prejavuje infiltrácia z topiacej sa snehovej pokrývky (obr. 4), pričom vodnosť tokov je mesačne 12—23 % z priemerného ročného prietoku.

Chemizmus podzemnej vody kvartérnych sedimentov je zrejmy z tab. 5. Veľmi nízko mineralizovaná je podzemná voda glaciálnych sedimentov s celkovou mineralizáciou maximálne do 100 mg/l, a to najmä v dolných častiach dolín. V horných častiach dolín je mineralizácia iba do 50,0 až 60,0 mg/l. Pri glaciofluviálnych sedimentoch sa vzhľadom na zmenené filtračné vlastnosti celková mineralizácia miestami zvyšuje na 200,0 aj 300,0 mg/l. Sú to kalcium-bikarbonátové vody a v malej miere sú zastúpené i vody zmiešaného typu. Veľmi často sú agresívne. Podstatne odlišný je chemizmus fluviálnych sedimentov, hlavne rieky Poprad, pri ktorých sa celková mineralizácia pohybuje v širokom intervale, a to od 300,0 do 950,0 mg/l. Podrobne zhodnotiť chemizmus a kvalitu podzemnej vody bude možno až po ukončení hydrogeologického výskumu územia.

Doručené 18. 3. 1974

Odporučil A. Porubský

LITERATÚRA

- FRANKOVIČ, J. 1963: Hydrogeologický prieskum náplavov rieky Poprad a Velického potoka pri Poprade. Manuskript — archív IGHP, Žilina, 30 s.
- GOREK, A. 1959: Prehľad geologických a petrografických pomerov kryštalinika V. Tatier. Geol. sborník, 10 (Bratislava), s. 13—88.
- HALUŠKA, M. 1968: Alúvium Popradu — hydrogeologický prieskum. Manuskript — Geofond, Bratislava, 80. s.
- HANZEL, V. 1970: Hydrogeologický výskum V. Tatier. [Ročná správa.] Manuscript — archív GÚDŠ, Bratislava, 25 s.
- HANZEL, V. 1973: High Tatras — hydrogeological Conditions of Glacial Sediments. Príloha sprievodcu X. kongresu KBGA. Bratislava, 7 p.
- LUKNIŠ, M. 1973: Reliéf Vysokých Tatier a ich predpolia. 1. vyd. Bratislava, Vyd. SAV, 375 s.
- MÁJOVSKÝ, J. 1972: Geofyzikálne merania v oblasti V. Tatier. Manuscript — archív GÚDŠ, Bratislava, 60 s.
- MÁJOVSKÝ, J. — HANZEL, V. 1972: Niektoré poznatky z geofyzikálneho štúdia V. Tatier pre potreby hydrogeologického výskumu. In: O využití geofyziky v inž. geológii a hydrogeológii. 2. díl. Brno, 311 s.
- PACL, J. 1968: Vodná bilancia územia Tatranského národného parku. Manuscript, 72 s.
- PORUBSKÝ, A. 1971: Vhodnosť riečnych nív Popradu, Torysy a Ondavy pre získanie vodných zdrojov. Geogr. čas., 23 (Bratislava), s. 58—70.

Some results of the hydrogeological investigations of Quaternary sediments in the Vysoké Tatry mountains and their foreland

VLADIMÍR HANZEL

Presented are data obtained from hydrogeological research of Quaternary sediments in Vysoké Tatry and their foreland, i. e. the Liptovská and the Popradská depressions.

The greatest attention was paid to the hydrogeological nature of glacial and glaciofluvial sediments. Four hydrogeological boreholes were made. The results are presented in Table 2. Geophysical measurements showed that the thickness of the gravel-bouldery material of Mindellan, Rissian and the latest Würm moraines was up to 300—350 m in the Mlynica—Mengusovce moraine complex (J. MÁJOVSKÝ — V. HANZEL 1972). Finegrained material outwashed from the moraines covers a large part of the foreland of the Vysoké Tatry as glaciofluvial gravel-sandy cones and terraces. Their thickness is about 30 m; in different depressions they, however, reach even 50—80 m in thickness (SW of Smokovec, borehole VTH-3, Fig. 2). The permeability of glacial and glaciofluvial sediments is controlled by the degree of weathering of granodiorite — the main component of the sediments. As regards accumulation of underground water, important is the role of depressions in the subjacent impermeable flysch beds, filled by Quaternary sediments. From the view of water economy, a great disadvantage of glacial and glaciofluvial sediments is the varied yield of springs issuing from the sediments, and the longitudinal cutting of the sediments by brooks with the capacity of drainage of longer segments.

Briefly discussed are also the relationships between the Quaternary and older rock complexes; regime and chemistry of underground waters (Tab. 5).

Поľнохозяйска výroба а охрана подземней воды

(1 tab. v texte)

DUŠAN LAMOŠ*

Problèmes de la pollution agricole des eaux souterraines

La contribution signale l'importance du problème de la pollution agricole des eaux souterraines. Les plus dangereux sont: produits pesticides utilisés pour protéger les plantes, puis engrais industriels et organiques, dépôts de compost, ensilages, ainsi que effluents de production agricole. L'auteur recommande de protéger les eaux souterraines directement sur les lieux de pollution. Seulement de cette manière, on peut maintenir la santé du milieu vital.

Сельскохозяйственное производство и охрана подземных вод

В статье автор отмечает важные проблемы сельскохозяйственного загрязнения в отношении подземных вод. К наибольшим и самым опасным источникам загрязнения относятся средства для охраны растений, промышленные и естественные удобрения, выгрузки компостов и силосов а также сточные воды из сельскохозяйственного производства.

В заключении автор рекомендует производить охрану источников подземных вод прямо в источниках загрязнения. Только таким способом возможно прийти к сохранению здоровой природной и жизненной среды.

Problematika ochrany životného prostredia vystupuje do popredia najmä v ostatnom období. Životným prostredím človeka je prírodné ohraničený povrch zemskej kôry. Ekosystém, v ktorom prebieha výmena látok medzi živou a neživou časťou prírody, vytvárajú ekologické činitele, ktoré možno rozdeliť na abiotické (fyzicko-geografické), biotické (rastlinstvo a živočíšstvo) a antropogénne. Voda ako prírodný zdroj a faktor životného prostredia má pre toto prostredie prvoradý význam. Civilizačný proces však porušuje ekologickú rovnováhu, a to najmä exploataciou prírodných zdrojov a znečisťovaním krajiny, čo môže viesť postupne k situácii, že sa tieto prírodné zdroje stanú limitujúcim faktorom v rozvoji ľudskej spoločnosti.

Napriek tomu, že priemysel vážne znečisťuje vodné zdroje, v ostatnom čase sa dostáva do popredia otázka znečisťovania povrchovej a podzemnej vody poľnohospodárskou výrobou. Zavedením poľnohospodárskej veľkovýroby, používaním nových chemických látok v rastlinnej výrobe, zvyšovaním prísunu živín do pôdy formou priemyselných hnojív, ako aj rýchlym rastom mechanizácie podstatne vzrástlo aj znečisťovanie vodných zdrojov poľnohospodárskou výrobou. Poľnohospodársky pôdny fond tvorí 55,5 % celkovej výmery pôdneho fondu ČSSR. Pôdny fond sa v rokoch 1963 až 1973 znížil o 436 tisíc ha, aj preto sa využíva intenzívnejšie, najmä zvyšovaním dávok priemysel-

* Prom. geol. Dušan Lamoš, Pôdohospodársky projektový ústav, 800 00 Bratislava.

ných hnojív a pesticídnych prostriedkov. Na ilustráciu uvádzame, že ČSSR patrí medzi štáty s najnižšou výmerou poľnohospodárskej pôdy na jedného obyvateľa (0,50 ha a 0,37 ha ornej pôdy).

Medzi najzávažnejšie zdroje znečisťovania vody patrí močovka, silážne výluhy, chemické prostriedky používané na ochranu rastlín, priemyselné hnojivá, olejové znečistenie z mechanizačných dielní ap. Na základe údajov Štátnej vodohospodárskej inšpekcie SSR možno konštatovať, že najčastejším zdrojom znečisťovania je maštalný hnoj a močovka. Používaním priemyselných hnojív v rastlinnej výrobe vzniká prebytok maštalných hnojív. Pri ich neodbornom skladovaní, často len vo voľne naložených skládkach, bez akejkoľvek kanalizácie, bez zábrany odtoku hnojovky, nastáva vlastná infiltrácia hnojív do zvodnených horizontov a ich kontaminácia. Znečistenie podzemnej vody sa potom prejavuje zvýšením vplyv voľných skládok maštalného hnoja na kvalitu podzemnej vody, fosforečnanov a mikrobiologickej flóry, často patogénnej. Podľa údajov zo zahraničnej literatúry (in A. PETRU 1972) sa pri veľkovýkrmne ošípaných pridávajú do krmiva tieto biogénne látky:

meď vo forme síranov	180—250 mg/l
arzén	200—400 mg/l
zinok a železo	do 100 mg/l

Tieto látky prechádzajú biocyklami a sú tiež v ľudskej potrave. Na porovnanie možno uviesť, že znečistenie od 1 ks hovädzieho dobytku vyjadrené populačným ekvivalentom sa rovná produkcii odpadu pripadajúcej na 9—10 obyvateľov a znečistenie od 1 ks ošípaných predstavuje produkciu odpadu od 3—4 obyvateľov. Len v roku 1971 dosiahla v ČSSR ročná produkcia maštalného hnoja 57,0 mil. ton. Veľmi nepriaznivý vplyv voľných skládok maštalného hnoja na kvalitu podzemnej vody sa prejavuje pri dlhotrvajúcich a výdatných zrážkach. Vážnym nebezpečenstvom sú odpadové produkty z izolátorov TBC, ktoré spôsobujú nielen zmenu chemických, ale aj mikrobiologických vlastností vodných zdrojov.

Ďalším vážnym zdrojom znečisťovania povrchovej a podzemnej vody sú priemyselné hnojivá, ktorých účinkov sa prejavuje najmä pri použití nadmerných dávok, pri ktorých vegetácia a pôda nemôžu absorbovať živiny. Pri intenzívnych zrážkach dochádza k vylúhovaniu a vyplavovaniu minerálnej súčasti pôdy, často i mikrobiálnej flóry. Najčastejšie používané hnojivá anorganického pôvodu možno rozdeliť na dusíkaté, fosforečné a draselné. Na ilustráciu uvádzame prehľad o spotrebe priemyselných hnojív (tab. 1) v kg čistých živín na 1 ha poľnohospodárskej pôdy v SSR. Množstvo minerálnych hnojív používaných v ČSSR v prepočte na čisté živiny sa za ostatných 25 rokov zvýšilo takmer 10-násobne. V najproduktnejších oblastiach štátu sa spotreba minerálnych hnojív pohybuje okolo 263 kg/ha čistých živín.

Tab. 1

Rok	Dusíkaté	Fosforečné	Draselné	Vápenaté hmoty
1972	59,3	52,1	76,9	63,4
1971	42,2	38,3	60,2	66,9
1970	43,3	36,4	57,6	49,5
1969	40,7	36,1	51,0	56,1
1968	37,9	39,3	58,8	51,7
1967	29,7	31,3	47,0	41,7

Na zlepšovanie pôdnej štruktúry a zvyšovanie obsahu živín v pôde sa v poľnohospodárstve používa síra, sadra, chlorid sodný alebo hnojivá s obsahom bóru, mangánu a medi. Niektoré superfosfáty vyrábané v USA obsahujú až 23 mg Cd/kg, čo má za následok zvýšený výskyt úmrtí na mozgovú mŕtvicu a hypertenziu. Tieto skutočnosti upozorňujú na závažnosť problému aj z hľadiska škodlivého vplyvu týchto látok na životné prostredie ako celok. Podzemná voda sa znečisťuje minerálnymi hnojivami najčastejšie pri ich vyplavovaní z pôdy. Množstvo vyplavených živín závisí od radu faktorov, najmä od druhu pôdy, od druhu a množstva použitého hnojiva, od intenzity zrážok a výšky hladiny podzemnej vody. Z dusíkatých hnojív býva hlavnou znečisťujúcou zložkou amoniak, ktorého toxicita je vo vode s pH 8,0 asi 10-násobne vyššia ako pri pH 7,0. Amónne soli v koncentrácii 10 mg/l pôsobia toxicky. Vysoko toxické sú dusitany, ktoré pri jednorazovom množstve

1—10 mg môžu spôsobiť otravu dojsť. Z dusíkatých hnojív je veľmi nebezpečný kyanid vápenatý. Fosforečné hnojivá sa v pôdnom komplexe viažu ako pomerne ťažko rozpustné fosforečnany železité alebo hlinité v kyslých pôdach a v alkalických pôdach ako fosforečnany vápenaté. Z toho vyplýva, že znečisťovanie podzemnej vody zlúčeninami fosforu pochádzajúceho z minerálnych hnojív býva minimálne.

Podľa výsledkov výskumu (J. LEHOTSKÝ 1973) straty draslíka vyplavovaním z priemyselných hnojív môžu dosiahnuť až 30 %. Draslík býva čiastočne absorbovaný na pôdny sorpčný komplex, preto sa do podzemnej vody dostáva zvyčajne po vegetačnom období. Vysoká toxicita solí draslíka je spôsobená tým, že pri K^{39} sa v draselných soliach vyskytuje rádioaktívny izotop K^{40} . 1 kg prírodného draslíka obsahuje 119 mg izotopov K^{40} .

Do vodných tokov sa dostáva ročne okolo 20 % použitých minerálnych hnojív, čo len na Slovensku reprezentuje asi 80 tis. t čistých živín.

Medzi najnebezpečnejšie chemické prípravky používané v poľnohospodárstve z hľadiska negatívnych vplyvov na prostredie patria pesticídne prostriedky. Používajú sa hlavne na ničenie rozličných živočíšnych aj rastlinných škodcov. V súčasnosti sa ošetruje pesticídmi ročne vyše 1 mil. ha poľnohospodárskej pôdy, pričom sa niektoré plochy ošetrujú počas roka viackrát. Predpokladá sa, že do roku 1975 sa táto plocha zvýši na 2 mil. ha. Z údajov z rokov 1971—1972 vychádza, že sa na Slovensku na 1 ha ornej pôdy použilo každý rok asi 5—12 kg pesticídov, z čoho bolo 1,5—8,5 kg organochlórovaných pesticídov. Ich toxicita a škodlivosť je závislá od ich chemického zloženia. Základnou látkou sú najčastejšie chlórované uhľovodíky, chlórečnany, zlúčeniny fosforu, arzenu, medi, síry, ortuti, fenol a i. Uvádza sa, že asi 10 % celosvetovej produkcie ortuti sa používa na výrobu pesticídov. Z miesta aplikácie sa pesticídy transportujú rozličným spôsobom, napr. vodou, odčerpávajú ich rastliny z pôdy, presakovaním pôdou ap. Niektoré pesticídy sa rozkladajú v priebehu týždňa, iné ostávajú v účinnej forme niekoľko rokov (aldrin sa rozkladá za 2—4 roky, chlórdan za 4—5 rokov, lindán za 7 rokov a DDT za 11—12) rokov. Naproti tomu organofosfáty sa rozkladajú za niekoľko dní. Rozklad pesticídov v povrchovej a podzemnej vode závisí v prvom rade od chemického zloženia prípravkov, od mikrobiálneho oživenia vody, od pH, teploty, žiarenia ap. Vážnym problémom je používanie chlórovaných pesticídov najmä pre ich vysokú stabilitu a kumulačnú schopnosť. Boli zistené v tokoch riek, v podzemnej vode, vo väčšine živých organizmov, v poľnohospodárskych produktoch a v potravinách. Sú potenciálnym nebezpečenstvom aj pre človeka. Pri dlhodobom účinku týchto látok na ľudský organizmus nastávajú vážne nervové, žalúdočné a kožné ochorenia. Pomerne nebezpečné sú aj fungicídy, ktoré majú nepriaznivý účinok na dedičnosť. Obsah DDT a HCH sa vo väčšine riek na Slovensku pohybuje rádo od stotín až po celý mg/l a v podzemnej vode napr. Žitného ostrova, resp. v krasových vodách Slovenského krasu sa tieto látky našli v koncentráciách od stotín až do niekoľko mg/l. Závažnou okolnosťou je i to, že technológia čistenia a úpravy vody obsahujúcej pesticídy nie je zatiaľ doriešená.

V ostatnom období vystupujú do popredia aj ďalšie možné zdroje znečisťovania podzemnej vody, a to v dôsledku mokrej konzervácie krmovín — silážovania. Na 1 t silážovaného materiálu treba počítať s tvorbou až 400 l silážnej šťavy, ktorá je silne organicky znečistená. Predpokladá sa, že asi 10 % silážnej šťavy sa dostáva do povrchovej a podzemnej vody. Bakteriologický rozbor silážnej šťavy vykazuje vysoký počet psychrofilných (120—900 tis./l), mezofilných (60—820 tis./l) zárodkov a baktérií *Coli* (120 mil/l).

Častým zdrojom znečistenia vody je aj odpadová voda z poľnohospodárskej výroby, ktorá je mikrobiologicky veľmi oživená, a odpadová voda z mechanizačných dielní, ktorá obsahuje olej, decht, detergenty a iné látky. Podľa údajov Benzinolu najmenej 20 % predaného množstva oleja uniká do vody a do pôdy. Len na Slovensku to v rezorte poľnohospodárstva predstavuje ročný odpad 20 tis. t.

V súvislosti so zdrojmi znečistenia podzemnej vody poľnohospodárskou výrobou sa nevyhnutne vynára aj problematika ochranných pásiem vodných zdrojov a miera ich účinku na kvalitu podzemnej vody určenej na zásobovanie pitnou vodou. Pri znečisťovaní vodných zdrojov sú nesmierne národohospodárske straty, ktoré len v roku 1968 predstavovali hodnotu 600—800 mil. Kčs.

Záverom možno povedať, že zdroje podzemnej vody z hľadiska poľnohospodárskej výroby treba chrániť už priamo pri zdrojoch znečistenia, t. j. v poľnohospodárskych objektoch a na poľnohospodárskej pôde, a to vhodným regulovaním vodného režimu, rekultiváciou devastovanej pôdy, agrotechnickými úpravami, voľbou a dávkovaním vhodných hnojív, usmerňovaním hydrologického

režimu podzemnej vody a obmedzením používania toxických pesticídnych látok. Aby boli opatrenia účinné, musia sa vykonať dôsledne a s ohľadom na vážnosť problému veľmi zásadne.

Doručené 18. 3 1974

Odporučila K. Hyánková

LITERATÚRA

- BÍLIKOVÁ, A. 1973: Pesticídy v povrchových vodách Slovenska. Vodní hospodářství (Praha)-řada B, č. 10, s. 261—263.
- BÖHM, V. — HYÁNKOVÁ, K. 1974: Zdroje znečistenia vôd na území SSR. Zborník referátov konferencie o hydrogeologických problémoch ochrany podzemných vôd v Brne (Brno), s. 67—70.
- JACKO, R. 1972: Vplyv minerálnych hnojív na zmenu kvality podzemných vôd. Manuskript—archív VÚVH Bratislava, s. 53.
- KAMINSKÝ, R. 1972: Zemědělské znečištění. Zborník referátov konferencie o ochrane životného prostredia v Prahe (Praha), sekcia B, s. 12—21.
- LAMOŠ, D. 1971: Zdroje znečisťovania podzemných vôd poľnohospodárskou výrobou. Vodohospodársky spravodajca (Bratislava), č. 10, s. 522—527.
- LAMOŠ, D. 1972: Znečisťovanie vodných zdrojov. Vodohospodársky spravodajca (Bratislava), č. 10, 524—527.
- LAMOŠ, D. 1972: Voda—súčasť životného prostredia. Zborník prác absolventov k 20. výročiu výuky inžinierskej geológie a hydrogeológie (Bratislava), s. 174—185.
- LEHOTSKÝ, J. 1973: Problémy poľnohospodárskeho znečisťovania vo vzťahu k ochrane vôd. Zborník referátov konferencie o biologických problémoch vodného hospodárstva v Košiciach (Košice), s. 251—258.
- MATULA, M. — LETKO, V. 1973: Inžinierska geológia vo vzťahu k životnému prostrediu. Zborník referátov konferencie o geologických problémoch životného prostredia a ďalšej výstavby Bratislavy (Bratislava), 22 s.
- PETRU, A. 1972: Kaly se zemědělství. Zbor. referátov z konferencie o ochrane životného prostredia v Prahe. Praha, s. 45—52.

Probleme der landwirtschaftlichen Verunreinigung im Bezug zum Grundwasserschutz

DUŠAN LAMOŠ

Die Problematik des Umweltschutzes tritt besonders in letzter Zeit in den Vordergrund. Der Zivilisationsprozess verursacht eine Verletzung des ökologischen Gleichgewichtes, besonders durch die Exploitation der Naturquellen und die Verunreinigung der Landschaft, was nach und nach zu einer Situation führen kann, in der diese Naturquellen zu einem limitierenden Faktor in der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft werden.

Trotzdem die Industrie den Hauptanteil an der Verunreinigung der Wasserquellen trägt, dringt in letzter Zeit die Frage der Verunreinigung der Oberflächen- und Grundgewässer durch die landwirtschaftliche Grossindustrie in den Vordergrund.

Durch die Einführung der landwirtschaftlichen Grossproduktion, durch Benützung neuer chemischer Stoffe bei der Pflanzenerzeugung, durch einen erhöhten Zufuhr von Nährstoffe in den Boden in Form von Kunstdünger, als auch durch ein rasches Anwachsen der Mechanisation ist auch die Verunreinigung der Wasserquellen wesentlich angestiegen.

Um die Einflüsse der Landwirtschaft auf die Möglichkeiten der Verunreinigung der Grundgewässer zu bewerten, müssen wir bei den Quellen der Verunreinigung beginnen. Zu den schwerwiegendsten Quellen der Verunreinigung gehört die Jauche, Silierungsabläugen chemische Pestizide, Kunstdünger, öltartige Verunreinigungen von Mechanisierungswerkstätten u. a. Die Verunreinigung der Grundgewässer hat dann eine grössere Menge oxydabler Stoffe, Chloride, Natrium, Amoniak, Nitrate, Phosphate und oft pathogener mikrobiologischer Flora zur Folge.

Der Schutz der Grundwasserquellen vom Standpunkt der landwirtschaftlichen Produktion sollte direkt bei dem Ursprung der Verunreinigung, besonders in landwirtschaftlichen Objekten und auf landwirtschaftlichem Boden gelöst werden. Die Sicherung wirkungsvoller Massnahmen ist in aller Konsequenz und mit vollem Ernst durchzuführen. Nur so kann man eine völlige Devastation oder eine weitere Verschlechterung der Umweltbedingungen und somit eine Beeinträchtigung der technischen und wirtschaftlichen Entwicklung der Gesellschaft verhindern.

Sledování úniku loužícího roztoku na ložisku Smolník

(1 obr. a 1 tab. v textu)

JOSEF HANZLÍK* — JAN SKALIČKA** — JAROSLAV VYDRA***

Recherche des fuites de la solution lessivée dans le gîte de Smolník

L'application de la méthode moderne d'exploitation — celle de lessivage des métaux — dépend des conditions hydrogéologiques du gisement. L'auteur recherche le roulement de la solution lessivée et son influence sur le milieu de l'eau superficielle et souterraine. Dans le gîte de Smolník, on observait les fuites de la solution lessivée à l'aide de l'indicateur. On a découvert de nouveaux chemins de roulement de la solution lesquels ne sont pas situés dans la région supposée de lessive de cuivre.

Наблюдение утечки выщелачивающего раствора в месторождении Смолник

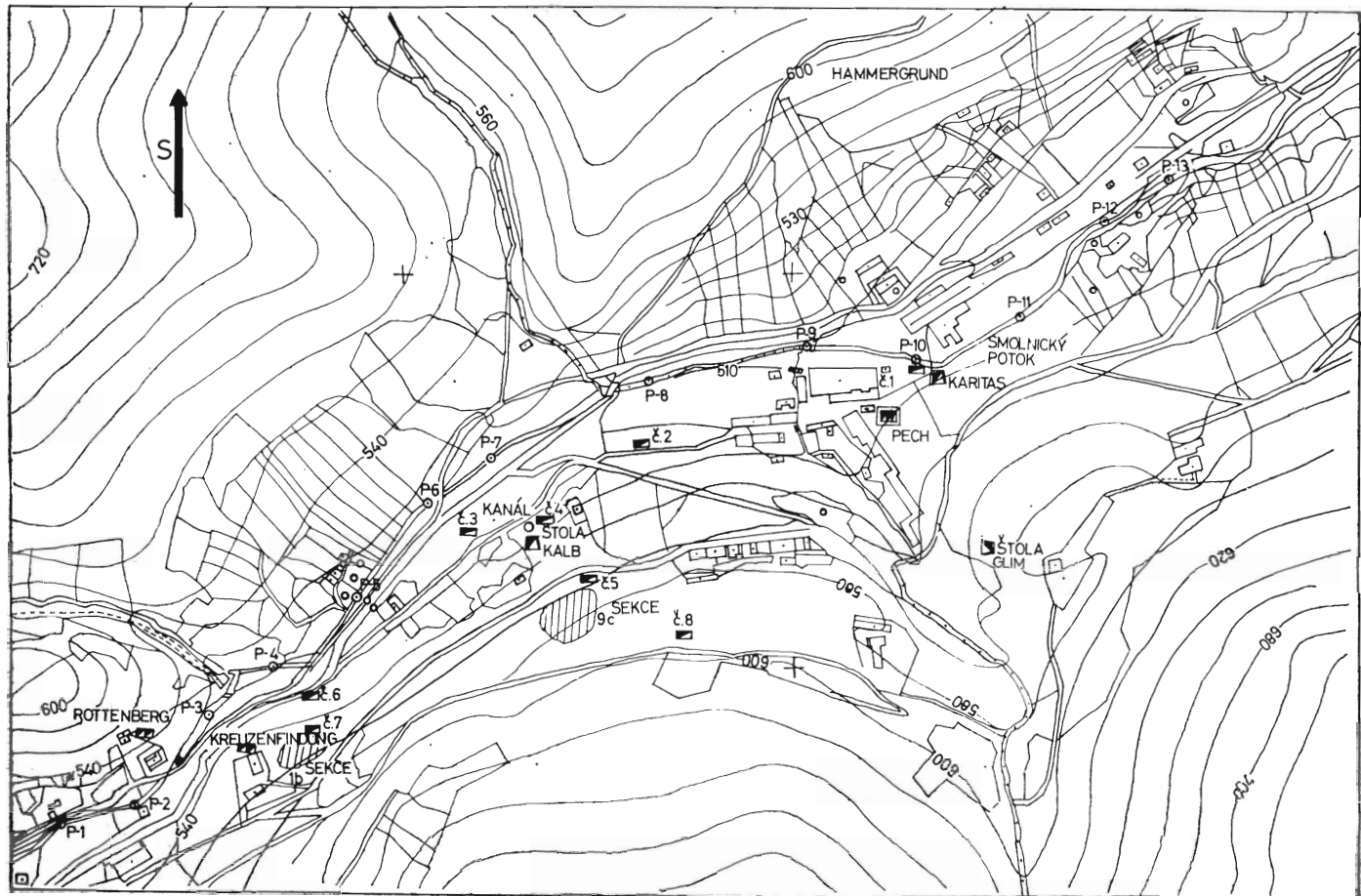
Применение современного эксплуатационного метода — выщелачивание металлов обусловлено гидрогеологическими условиями месторождения. Кроме того определяется способ циркуляции выщелачивающего раствора и его влияние на окружающую поверхностную и подземную воду. В месторождении Смолник наблюдалась утечка выщелачивающего раствора применением индикатора. Опыт показал новые пути циркуляции раствора вне предполагаемой области выщелачивания меди.

Rozvoj tradičních i nových průmyslových oborů se projevuje ve stále rostoucí spotřebě kovů, což vede k rychlému vyčerpávání ložisek bohatých rud. Výzkum se proto zaměřuje na hledání nových postupů v technologii těžby a úpravy rud s nízkou kovnatostí. Jedna z nových, nekonvenčních dobývacích metod je loužení rud, které umožňuje získat kov z chudých rud v podmínkách, kde klasický těžební postup je neekonomický.

Princip metody spočívá ve vhodném zavedení loužícího roztoku k rudní složce v ložisku nebo uložené na haldě a odvádění obohaceného roztoku na cementační zařízení. Loužící proces může probíhat buď jako chemický jev¹ prostým rozkladem rudních minerálů, nebo výhodněji (za určitých podmínek) s využitím činnosti autotrofních bakterií — *Thiobacillus thiooxidans*, *Thiobacillus ferrooxidans*. Použití metody loužení je určeno typem ložiska a jeho strukturními a hydrogeologickými poměry.

Hornická činnost představuje více či méně negativní zásah do přírodního prostředí určité oblasti. Nepříznivé vlivy vyvolané těžbou suroviny se projevují v porušení přírodního režimu podzemní vody hlubokým drenážním účinkem hornických prací na okolní zvodnělé horniny. Poznání hydrogeologických poměrů určitého ložiskového území nemá tedy jen význam ve vztahu k vlastní těžbě, ale má širší platnost v rámci hydrogeologického regionu. Význam studia hydrogeologické problematiky při aplikaci metody loužení je zvláště patrný, neboť do ložiska se zavádějí roztoky, jejichž úniky nebo infiltrace do okolních zvodnělých hornin mohou zhoršovat kvalitu povrchové či podzemní vody.

* , ** , *** Hornický ústav ČSAV, V Holešovičkách 41, 180 42 Praha 8



Příprava ložiska pro těžbu kovu loužením vyžaduje proto stanovení řady ložiskově-hydrogeologických charakteristik. Nutno připomenout, že jde zpravidla o ložiskové horniny porušené hornickou činností. Za nejpodstatnější považujeme určení způsobu zavádění loužicího roztoku do vymezené části ložiska, směru a rychlosti jeho oběhu a bilance ložiskových vod ve vztahu k loužicímu procesu.

Metoda biologického loužení kovu z rudy je aplikována na ložisku Smolník, které je první lokalitou v ČSSR, kde se těží měď v poloprovozním měřítku uvedenou dobývací metodou.

Ložisko Smolník leží mezi obcemi Smolník a Smolnická Huta ve Spišsko-gemerském rudohoří, částečně v hlubokém údolí Smolnického potoka, které má směr JZ-SV. Staré záznamy o dobývání uvádějí báňskou činnost již ve 13. století. O velkém rozsahu dobývacích prací svědčí mohutné staré haldy a četná důlní díla.

Geologicky přísluší území ložiska ke gelnické sérii, která tvoří mohutnou megastrukturu, ukloněnou k jihu. Skládá se z vulkanogenno-sedimentárního komplexu hornin. Ložisko náleží k silurským tmavým břidlicím, které jsou součástí gelnické série a jejího nejmladšího pruhu, tmavých fylitů smolnicko-lucinobaňských (J. ILAVSKÝ — K. LITAVEC 1965). Zrudnění ložiska (pyrit a Cu-rudy) je syngenetické s gabroidním bazickým vulkanismem a varisky bylo metamorfováno a rekrystalizováno. Ložisko má generelní směr Z—V, s úklonem 70° — 80° k jihu; stejný průběh má břidličnatost. Horniny jsou porušeny zlomy podélného směru (Z—V) a diagonálního směru (SZ—JV, SV—JZ), s uplatněním vrásové tektoniky.

Hydrogeologicky tvoří ložisko horniny nepropustné pro vodu. Oběh podzemní vody je velmi omezený a závisí na tektonické expozici ložiska. V západní části ložiska se vyskytují poruchy s velmi malými rozptýlenými přítoky. Akumulace vody v pokryvných sedimentech se vytváří v sutích a starých haldách v okolí ložiska. V porovnání s podložními ložiskovými horninami představují pokryvné sedimenty důležitý retenční horizont pro vsak povrchové vody do ložiska v jejich přímém podloží.

Srážkové a povrchové vody se přes krycí formaci poměrně rychle vsakují do starých důlních děl, z nichž některá vystupují až do podloží hald nebo se projevují přímo na jejich povrchu propadlinami a zálomovými trhlinami. Oběh vody se soustřeďuje na propojená stará důlní díla, což se projevuje rychlou reakcí důlních přítoků na vydatné srážky v době tání nebo velkých dešťů. Důlní činnost částečně změnila propustnost ložiskových a okolních hornin vznikem propustnějších poruch a puklin, které se na krátkých úsecích důlních chodeb projevují drobnými nesoustředěnými přítoky.

Pro zavedení biologického loužení rud byla zvolena opuštěná z. část ložiska Smolník, tj. úsek dolového pole mezi nynější hlavní jámou Pech a opuštěnou jámou Rottenberg, vzdálených od sebe 1000 m (mapa). Oblast je rozfázána třemi patry, vzájemně propojenými komíny. Nejvýše je položen obzor Karitas, přístupný s povrchu historickou štolou Kalb. Obzor je ražen jako směrná chodba v podloží ložiska s překopy do nadloží, kde jsou zastíženy tři až čtyři žilné partie zrudnění. Přitoky vody jsou zcela zanedbatelné. Podobně založené je I. patro, které je nepřístupné pro zával u jámy Pech. Důležitý je přítok vody z I. patra komínem do těžní jámy na II. patře.

Západní úsek II. patra je hlavním odvodňovacím dílem celé z. části ložiska. Přítok z této oblasti k jámě Pech se pohybuje kolem $0,0083 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($498 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$). Hlavní část přítoku tvoří patrně důlní vody ze starého revíru Rottenberg v z. pokračování ložiska, dále atmosferické srážky a částečně povrchové vody, prosakující ze Smolnického potoka po trhlinách v místě jeho křížování přes z. část ložiska.

Na svazích nad ložiskem se nacházejí po celé jeho délce staré haldy o průměrné nosnosti 15 m a odhadnuté celkové hmotnosti 10^9 kg materiálu. Střední obsah mědi v haldách činí 0,3 % a ve starších ložiska 0,7 až 1 %. Aplikace metody loužení spočívá ve zkrápění povrchu hald loužicím roztokem (upravená kyselina sírová s baktériemi), který prosakuje do stařin a důlních děl ložiska, odkud je odváděn jako součást přítoku na II. patře — západ. Tento postup se ověřil nejen kvalitativně s použitím indikátorů, ale též kvantitativně zvýšením přítoku na II. patře v průběhu zkrápění hald roztokem (V. ŠPAČEK — J. BERÁNEK 1971). Při některých pokusech jsme konstatovali výskyt indikátorů ve Smolnickém potoku.

V roce 1971 se pokusně zahájila těžba mědi biologickým loužením, zkrápěním povrchu hald loužicím roztokem. Z hlediska efektivnosti dobývací metody bylo nutno sledovat, zda nedochází k nežádoucím ztratám loužicího roztoku mimo ložisko, neboť ani bilance loužicího procesu nebyla vyrovnaná.

V říjnu 1972 se uskutečnil pokus většího rozsahu s cílem ověřit možnosti úniků loužičího roztoku do vodoteče. S použitím techniky míchání v agitátoru o velikosti 5 m³ se rozpustilo 4000 kg kuchyňské soli v 18 m³ vody. Roztok byl výkonným čerpadlem přečerpán na haldy — sekce 1b a 9c (mapa). Tím se zajistil požadavek rychlého zavedení indikátoru do haldového materiálu. Dalším čerpaním vody na haldy se indikátor zatlačoval do horninového materiálu.

Odběrová místa byla soustředěna na Smolnický potok v úseku od jámy Rottenberg až k ústí štolý Karitas v prostoru závodu (místa P I — P II; mapa). Výskyt indikátoru se dále sledoval v jámě Rottenberg, přívodním kanálu před ústím štolý Kalb, v celkovém přítoku na II. patře—západ, přítoku vody z I. patra komínem u jámy Pech, na chodbě na obzoru Karitas a v kopané sondě umístěné v prostoru závodu. Pozitivní nálezy indikátoru jsou uvedeny v tabulce 1.

Koncentrace chloridů v odběrových místech

Tab. 1

čas od počátku pokusu h	Rottenberg mg . l ⁻¹	II. patro—západ mg . l ⁻¹
0	7,1	14,—
18	11,—	11,—
24	11,—	—
42	14,—	11,—
48	21,—	—
66	32,—	18,—
72	21,—	—
90	27,—	14,—
96	42,5	—
114	35,4	38,9
120	42,5	—
138	31,9	56,6
144	42,5	—
162	42,5	53,1

Významným přínosem pokusu bylo zjištění indikátoru v jámě Rottenberg. Prokázaly se dřívější předpoklady o napojení opuštěného revíru Rottenberg na stávající revír jámy Pech. Z hlediska loužení kovu z rudy je ten to poznatek velmi důležitý, neboť ukazuje, že měď se vyluhuje i v tomto dolovém poli při zkrápění hald v jeho okolí. Při pokusu se zkrápěla halda 1 b, která leží v přímé linii 300—350 m v. od jámy Rottenberg. Výskyt několika nejvyšších koncentrací indikátoru, a to po 66 h a 96 h od počátku pokusu, ukazuje na rozličné cesty postupu indikátoru k jámě. Druhé odběrové místo s pozitivními nálezy chloridů je celkový přítok vody na II. patře — západ. Nejvyšší koncentrace indikátoru byla zjištěna za 138 h. Z časového průběhu jednotlivých obsahů indikátoru lze soudit, že indikátor byl již obsažen v důlní vodě, přitékající od jámy Rottenberg. Vzájemnou souvislost dokazuje skutečnost, že indikátor nebyl zjištěn ve vodě, přitékající komínem z I. patra. Rozdíl 42 h mezi maximální koncentrací indikátoru v jámě Rottenberg a v II. patře — západ je působen vodním předělem spojovací chodby mezi oběma revíry. Chodba na II. patře — západ stoupá od jámy Pech z kóty 437 m n. m. na kótu 442 m n. m., což je též úroveň hladiny vody v jámě Rottenberg. Nárazí II. patra této jámy je na kótě 436 m n. m. V podstatě jde o předěl, přes který důlní voda volně přepadá k jámě Pech. Rychlost proudění vody v úrovni II. patra jámy Rottenberg je poměrně vysoká, podle doby nálezů chloridů v celkovém přítoku vody na II. patře — západ.

V ostatních pozorovaných místech nebyly zjištěny žádné nálezy indikátoru. Úniky loužičího roztoku do Smolnického potoka mohou nastat zřejmě jen při náhlých vodních přívalech z dešťů, tání a pod., kdy voda odtéká po povrchu hald. Z pokusu vyplynul dále závěr pro stanovení bilance loužení, neboť důkazem o napojení revíru jámy Rottenberg na loužení mědi se v podstatě vysvětlily některé nepravidelnosti při bilančním hodnocení celkového procesu.

Výsledky pokusu, které tvořily součást ložiskově-hydrogeologického výzkumu, přispěly k realizaci metody biologického loužení mědi. Současně se prokázalo, že aplikací metody při povrchovém způsobu loužení nedochází k unikům loužicího roztoku do Smolnického potoka, čímž nejsou narušeny vodohospodářské zájmy v další části toku.

V souvislosti s aplikací metody loužení kovu z chudých rud je řešení ochrany přírodního prostředí nedílnou součástí hydrogeologického výzkumu na dalších lokalitách v ČSSR. Sledování možných negativních vlivů loužení rud na přírodní prostředí probíhá nejen v období přípravy ložiska, ale i v období vlastní těžby kovu.

Doručené 18. 3. 1974

Odporučil S. Gazda

LITERATÚRA

- HANZLÍK, J. 1972: Hydrogeologická problematika biologického loužení rud. [Výzkumná zpráva] Praha, Hornický ústav ČSAV, 34 s.
- ILAVSKÝ, J. — LITAVEC, K. 1965: Prognózy exhalčno-sedimentárných kýzových rud v okolí Smolníka (FeS_2 — CuFeS_2). [Výzkumná správa]. Bratislava GÚDŠ, 152 s.
- ŠPAČEK, V. — BERÁNEK, J. 1971: Výzkum využití biologických metod pro úpravu nerostných surovin. [Výroční zpráva.] Praha ÚVR, 255 s.

The investigation of the leakage of used leaching solution the at Smolník ore deposit

JOSEF HANZLÍK — JAN SKALIČKA — JAROSLAV VÝDRA

The leaching of metals by suitable solutions presents a modern exploitation method enabling the extraction of low grade ores. The application of this method depends on the hydrogeological conditions of the deposit and especially on the choice of the method of introduction of method of the leaching solution and its circulation. The study of the effects of the solution on the neighbouring surface and underground waters is also important. The Smolník ore deposit located in southeastern Slovakia is the first one, where copper is extracted by biological leaching. By means of an indicator we studied the losses of the solution which was spread on the surface of dumps situated above the deposit. 4000 kg of sodium chloride was used for the experiment. The results revealed new circulation ways into the abandoned mining areas and this understanding enabled to reach a contributed to greater precision in the balanceing of the leaching process. Further it was verified that there is no leakage of the leaching solution into the stream flowing over the deposit.

Hydrogeologické problémy při průzkumu a provozu hydraulických odkališť elektrárenských popílků

(1 tab. v textě)

JIŘÍ VAGNER

Plynulý chod neustále se rozvíjejícího průmyslu, dopravy a jiných složek národního hospodářství každé země vyžaduje dostatečnou energetickou základnu.

V ČSSR je ze všech druhů elektráren a tepláren (tepelné, jaderné, vodní aj.) co do počtu a výkonu daleko nejsilněji zastoupena složka tepelná, kde se především k získání elektrické a tepelné energie využívá méně hodnotných druhů tuhých paliv. Celkový přehled vývoje produkce popela v posledních letech v ČSSR ukazuje následující tabulka, obsahující vedle skutečnosti období 1967—1971 i výhled v letech 1975 a 1980 (podle projektů).

Využívání popela pro potřebu ostatních resortů, zejména stavebnictví, zemědělství a báňských provozů, je i přes jejich silný vývoj prozatím malé, a proto převážná většina, tj. cca 80 % celkové produkce popela v ČSSR se deponuje na skládkách. Z toho velká většina se ukládá hydraulicky malá část tvoří suché skládky. V posledních letech se stále více dává (především z hlediska technického a ekonomického) přednost hydraulické dopravě a mokrému deponování popela. Při tomto způsobu ukládání dochází však k nepříznivému ovlivnění životního prostředí v okolí odkaliště. Růst hydraulického deponování popela si vyžaduje neustále vyhledávání nových vhodných prostorů pro odkaliště.

Podstata hydraulického odpopelňování spočívá v tom, že struskopopílkové odpady vznikající při hoření tuhých paliv se po několikanásobném ředění (1 : 10—15) vodou dopravují čerpadly tlakovým potrubím (kalovody) na odkaliště. Odkaliště je přírodní či uměle ohraničený prostor, kam se ukládá hydrosměs a kde také probíhá sedimentační proces, tj. oddělení struskopílkové směsi od dopravní vody. Odsazená voda se pak systémem odběrných zařízení a vratného potrubí (odpadových kanálů) vrací z odkaliště k elektrárně k dalšímu použití, popřípadě oteklá do nejbližší vodoteče.

Odkaliště lze rozdělit do tří základních typů: První typ využívá přirozených terénních prohlubní nebo uměle vyhloubených prostorů. Jde většinou o zaplavování těchto prohlubnin do úrovně terénu, pouze ojediněle je spojeno s dalším zvětšením úložného prostoru zvyšovacími hrázkami. Pro odkaliště tohoto typu se využívá opuštěných pískoven, hlinišť, kamenolomů, vytěžených lomů apod.

Druhým typem je údolní odkaliště s jednou nebo více hrázemi, které ve svém prvním stupni (tzn. základní hráz) dosahují poměrně značných výšek (40—50 m). Další potřebný prostor se vytváří pomocí menších zvyšovacích hrázek.

Třetím typem je rovinné odkaliště s hrázemi po celém obvodu v prvním stupni maximální výšky 10—15 m. Dalším budováním zvyšovacích hrází pak celková výška popelové skládky mnohonásobně převyšuje základní hráz.

V rámci stavebněgeologického průzkumu pro projekci těchto typů odkališť se vedle otázek inženýrskogeologických (geologická stavba podloží hráze a další h objektů — přepadové věže, čerpací stanice; zásoby nerostných surovin, vlastnosti materiálu uvažovaného pro stavbu hráze apod.) řeší otázky hydrogeologické (režim podzemních vod, a to jak v prostoru uvažované hráze a zátopné oblasti, tak v okolí budoucího složiště; zjištění propustnosti poloh v podzákladí a předpolí uvažo-

resort	1967	1969	1971	1975	1980
energetika	5 621 147	7 924 213	9 358 009	10 859 638	13 614 449
NV Praha	67 393	177 577	128 748	127 530	115 000
těžký průmysl	1 156 096	1 248 492	1 205 528	1 265 963	1 183 378
hornictví	121 223	251 812	571 437	647 716	685 716
chemie	971 420	1 274 744	1 199 327	1 250 645	1 271 199
celkem	7 937 279	10 876 838	12 663 049	14 149 490	16 869 742

vaného odkaliště; propustnost materiálů, z kterých budou hráze stavěny; hydraulické vlastnosti popílkového sedimentu apod.), související především s otázkou vlivu hydraulického odkaliště na okolí ak stanovení průsaků kalových vod. Výsledky hydrogeologického průzkumu musí vedle základních údajů potřebných pro projektanta poskytnout jasný obraz o hydrogeologických poměrech v zájmové oblasti před uvedením struskopopílkového odkaliště do provozu. Jde hlavně o takové údaje, které slouží k vyhodnocení míry vlivu na okolí, zejména na režim povrchových a podzemních vod. Tyto údaje jsou velmi závažné, neboť jsou pak podkladem pro případné ocenění nepříznivých vlivů provozu struskopopílkového odkaliště a jeho hospodářského důsledku.

I při vlastním provozu hydraulických odkališť elektrárenských popílků je hydrogeolog často vyzván projektantem, provozovatelem či jinou organizací ke spolupráci na řešení mnoha problémů.

Najčastěji jde o řešení otázky:

- a) podmáčení základů staveb či pozemků zvýšením hladiny podzemní vody v okolí odkaliště průsaky kalových vod,
- b) nepříznivého ovlivnění jakosti podzemní vody, popřípadě znehodnocení vodních zdrojů v okolí odkaliště (po chemické stránce jsou hlavním indikátorem znečištění sírany, chloridy, uhličitany, ale i arzén, železo a další látky),
- c) správného průběhu hladiny prusakových vod ve vlastní hrází odkaliště (řeší se jako propustné hráze),
- d) snížení či odstranění vztlakové složky pod základní hrází odkaliště a v jejím předpolí.

Tyto otázky jsou závislé na:

1. celkové hydrogeologické stavbě v podloží složiště a jeho okolí, propustnosti materiálů, na spádových poměrech a na kvalitě podzemní vody v prostoru odkaliště a jeho okolí,
2. fyzikálních vlastnostech materiálu užitého pro výstavbu hrází složiště,
3. jakosti, teplotě a množství vody užitě pro hydraulickou dopravu,
4. druhu, chemickém složení, zrnitosti i stáří spalovaného uhlí i získané strusky a popílku,
5. kvalitě a množství povrchově odebírané a podzemím prosakující odpadní vody,
6. místních klimatických poměrech,
7. místních hydrologických poměrech,
8. způsobu naplavování a provozu na složišti,
9. prašnosti odkaliště.

Základním typem sanačních prací je obvodové odvodnění odkališť, k jejímuž zajištění slouží:

- povrchové odvodňovací příkopy
- obvodové drenáže
- odvodňovací studny

Tyto odvodňovací prvky odstraňují podmáčení stavebních i zemědělských pozemků v okolí odkaliště a zamezují znečištění podzemní vody dotacemi z průsaků kalových vod. Průsaky kalových vod často způsobují změnu přirozeného směru proudění podzemní vody.

Doručené 18. 3. 1974

Odpověděla K. Hyánková

ERRATA

Prosíme opraviť v čísle 4, roč. 5, „Mineralia slovaca“ nasledujúce chyby:

V článku Marie Benešová: Vliv experimentálních podmínek termální analýzy derivatografem na možnosti vyhodnocování vícesložkových materiálů

str.	riadok textu	vytlačené	má byť
327	12 z dola	5 ° _c min 10 ° _c min 18 ° _c min	5 °/min 10 °/min 18 °/min
328	9 z hora	1 5	1/5
328	3 z dola	10 ° _c min	10 °/min
337	všade	HgO; Hg	MgO; Mg

V článku Miroslav Hucl — František Hanák — Petr Vašek: Studium feromagnetické frakce hornin pomocí Mössbauerova efektu

str.	riadok textu	vytlačené	má byť
463	3 zhora	Miroslav Hucl František Hanák Petr Vašek	Milan Hucl František Janák Pavel Vašek
464	18 zhora	— v_{max} ; + v_{mX}	— v_{max} ; + v_{max}
464	17 zdola	+ v	$\pm v$
464	10 zdola	Na obr. 3 je znázorně- no štěpení jádra Fe, kde dochází při magnetické interakci ke vzniku šesti linií — sextetu čar, zná- zorněných na obr. 4	Při štěpení jádra Fe dochází ke vzniku šesti linií — sextetu čar, znázorněných na obr. 3
465	nahoře	obr. 3	obr. 4
465	nahoře	obr. 4	obr. 3
465	5 zdola	deformovaného	deformované
465	1 zdola	mm _c s	mm/s
466	5 zhora	obr. 5	obr. 4
466	15 zdola	obr. 6	obr. 5
467	1 shora	obr. 7	obr. 6
467	2 shora	obr. 7a	obr. 6a
467	3 shora	obr. 7c	obr. 6c
467	4 shora	obr. 7b	obr. 6b
467	9 zdola		obr. 7
468	11 zdola	vužití	využití

<i>Ladislav Škyvarka</i> : Hydrogeologické pomery južnej časti Slanského pohoria	285
<i>Vladimír Hanzel</i> : Poznatky z hydrogeologického výskumu kvartérnych sedimentov Vysokých Tatier a ich predpolia — Some information on hydrogeological investigations of Quaternary sediments in the Vysoké Tatry mountains and their foreland	291
<i>Dušan Lamoš</i> : Poľnohospodárska výroba a ochrana podzemnej vody — Probleme der landwirtschaftlichen Verunreinigung im Bezug zum Grundwasserschutz	299
<i>Josef Hanzlík—Jan Skalička—Jaroslav Vydra</i> : Sledování úniku loužického roztoku na ložisku Smolník — Research on leakage of leaching solution at ore deposit Smolník	303
<i>Jiří Vagner</i> : Hydrogeologické problémy při průzkumu a provozu hydraulických odkališť elektrárenských popílků	308

RECENZIA

The Carboniferous of North East Spain (Václav Havlena)	212
--	-----

MINERALIA SLOVACA, roč. 6, č. 3 (23)

Vydavateľ a nakladateľ: Geologický prieskum n. p., Spišská Nová Ves.

Redakcia: Stará Spišská cesta, p. p. A—21, 040 51 Košice 1.

Vytlačili: Východoslovenské tlačiarne Košice v septembri 1974, AH 7,64, VH 8,00. Rukopis odovzdaný do tlačiarne v máji 1974.

Cena jedného čísla: pre organizácie 30 Kčs, pre členov Slovenskej geologickej spoločnosti 10 Kčs, pre ostatné fyzické osoby 15 Kčs. Ročne sa vydáva 6 čísiel.

Objednávky adresujte redakcii časopisu.

Subscriptions and correspondence concerning advertisements should be sent to SLOVART Ltd., Leningradská 12, 866 26 Bratislava.

The Mineralia Slovaca is also available on an exchange basis. For details please write to the Editor, Mineralia Slovaca, P.O. Box A—21 040 51 Košice 1, Czechoslovakia

© Geologický prieskum Spišská Nová Ves, 1974

VYDAVATEĽ:

SLOVENSKÁ
GEOLOGICKÁ SPOLOČNOSŤ
– BRATISLAVA

SLOVENSKÝ
GEOLOGICKÝ ÚRAD
– BRATISLAVA

INŽINIERSKOGEOLOGICKÝ
A HYDROGEOLOGICKÝ
PRIESKUM, N. P., ŽILINA

NAFTA, N. P., GBELY

GEOLOGICKÝ
PRIESKUM, N. P.,
SPIŠSKÁ NOVÁ VES

