

SPRÁVY

**Použitie číslicových počítačov pri oceňovaní využiteľných zásob podzemnej vody v centrálnej časti Turčianskej kotliny**

VLADIMÍR BANSKÝ — MIROSLAV DRAHOŠ\*

**Использование счётных машин при оценке эксплуатационных запасов подземных вод в центральной части Турчянской впадины**

В статье приведён количественный и качественный анализы а также подсчёт эксплуатационных запасов подземных вод в центральной части Турчянской впадины. Эксплуатационные запасы подземных вод оцениваются математически использованием электронных счётных машин Siemens 4004, Минск 22 и программирующей Гевлетт-Паккард 9820 А. Основой подсчёта были одиночные откачные пробы. Важным моментом подсчёта был и сравнительный анализ результатов полученных системами ГИДГЕО с результатами программы МОДЕЛ.

**Use of numerical computers by the evaluation of exploitable ground water reserves in the central parts of the Turčianska kotlina Basin**

The article deals with qualitative and quantitative estimation and evaluation of exploitable ground water reserves in the central parts of the Turčianska kotlina Basin. Exploitable reserves have been estimated by mathematical models using computers Siemens 4004, Minsk 22 and a programable calculator Hewlett-Packard 9820 A. Entering data were results of individual pumping tests. Important part of calculations was the comparison analysis of results obtained HYDGEO system with one achieved by MODEL programme.

K oceňovaniu využiteľných zásob podzemnej vody sme pristúpili ako ku komplexu činností, ktorých konečným výsledkom má byť kvantitatívne a kvalitatívne zhodnotenie podzemnej vody a jej zaradenie do kategórie zásob.

Z výsledkov predbežného hydrogeologického prieskumu, ako i z ďalších hydrologicko-klimatických údajov, režimných pozorovaní a starších prác sme stanovili filtračné parametre zvodnených komplexov, zhodnotili účelové režimné pozorovanie, zhodnotili kvalitu podzemnej vody vzhľadom na jej znečistenie ropnými uhľovodíkmi, vypočítali exploatačné zásoby podzemnej vody pomocou programov pre samočinné počítače Siemens 4004 a Minsk 22.

\* RNDr. Vladimír Banský, CSc., P. g. Miroslav Drahoš, IGHP, n. p., Rajecká cesta 2, 010 51 Žilina.

Použili sme dve metódy výpočtu: a) metódu zrkadlového zobrazenia — systém programov HYDGEO, b) riešenie dvojrozmerného ustáleného a neustáleného prúdenia pomocou metódy sietí — program MODEL.

Predbežný hydrogeologický prieskum vykonal IGHP, n. p., Žilina. Prieskumné územie sa nachádza v centrálnej časti Turčianskej kotliny na lokalite Moškovec—Blázovce. Rozprestiera sa v oblasti najväčšieho rozšírenia štrkovej formácie martinských vrstiev medzi tokmi Turca a Čiernej vody. Tvorí teda medziriečie s tromi okrajovými podmienkami  $H = \text{const.}$  Je súčasťou väčšej tektonickej kryhy. Napriek výraznému tektonickému obmedzeniu netvorí hydraulicky uzavretú štruktúru, ale geologické podmienky umožňujú komunikáciu podzemnej vody aj mimo tohto ohraničenia.

Hlavným zdrojom podzemnej vody je neogénny karbonatický štrk a zlepenec martinských vrstiev, ktorých mocnosť je okolo 400 m. Nadložné kvartérne fluvialné sedimenty dosahujú mocnosť 6 m a ich význam treba vidieť v súvislosti s povrchovými tokmi Turca a jeho pravostranným prítokom Čiernej vody.

### Metodika oceňovania využiteľných zásob podzemnej vody

Exploatačné zásoby podzemnej vody sa oceňovali matematickým modelovaním na samočinných počítačoch Siemens 4004, Minsk 22 a programovateľnom kalkulátore Hewlett-Packard 9820 A. Vychádzalo sa pritom z podkladov získaných pri terénnych prácach, predovšetkým pri sólových čerpacích skúškach, režimnom pozorovaní a spoločnej čerpacej skúške.

Sólové čerpacie skúšky trvali priemerne 6 dní, robili sa stupňovite a s udržiavaním konštantného zníženia. Boli ukončené stúpacími skúškami. Obdobne sa vykonala aj spoločná čerpacia skúška na vrtoch HM-1 až HM-6, ktorá trvala 124 dní. Režimné pozorovanie sa robilo v hydrologickom roku 1973—1974, prebiehalo teda aj počas spoločnej čerpacej skúšky.

### Výpočet filtračných parametrov

Na výpočet filtračných parametrov sa aplikovalo Jacobovo riešenie využívajúce Theissovu rovnicu.

Výpočet bol urobený na programovateľnom kalkulátore Hewlett-Packard 9820 typ A v konfigurácii so súradnicovým zapisovačom. Z nameraných údajov sa  $Q$  program automaticky vynáša krivku v semilogaritmickej škále a po určení dvoch bodov charakterizujúcich priamkovú časť krivky vypočíta koeficient filtrácie, transmisibility, tlakových (hladinových) zmien a akumulácie (storativity). Vzhľadom na nevhodný režim vykonania sólových čerpacích skúšok (M. Drahoš 1975) sa výpočty stúpacích skúšok uskutočnili po ukončení čerpania. Hodnotenie stúpacích skúšok v daných okrajových podmienkach a pri vykonanom režime čerpacej skúšky má však za následok (V. Banský — K. Urumovič 1976) mierne nadhodnotenie koeficienta filtrácie. Preto sa počítal i nový koeficient filtrácie zo spoločnej čerpacej skúšky na samočinnom počítači Minsk 22 s použitím programu HG-20 (V. Banský 1974). Storativita sa pre nedostatok pozorovacích vrtov a nevhodné vykonanie sólových čerpacích skúšok nevypočítala. Na základe analógie s inými podobnými hydrogeologickými štruktúrami sa uvažovalo s konštantnou storativitou  $S = 0,1$ .



## Matematické modelovanie filtračnej oblasti systémom programov HYDGEO

Systém programov HYDGEO slúži na výpočet využiteľných zásob podzemnej vody kombináciou hydraulických a hydrodynamických metód na samočinnom počítači Minsk 22. Jeho význam spočíva predovšetkým v obohatení teórie zrkadlového zobrazenia o parciálny rozklad výdatností, vo vytvorení matematického modelu filtračnej oblasti a využití zákona superpozície exploatovaných odberných zariadení. Použitá metóda sa opiera o teóriu poľa skladajúceho sa zo žriediel a ponorov. HYDGEO predstavuje analytické riešenie rovníc prúdenia podzemnej vody k vertikálnym odberným zariadeniam — vrtom. Na vytvorenie matematického modelu využíva predovšetkým výsledky spoločných čerpacích skúšok, podľa ktorých verifikuje filtračné parametre vyšetrovaného zvodneného horizontu.

Systém HYDGEO sa skladá z dvoch častí (V. B a n s k ý 1974): a) programy série HG-45, ktoré vypočítavajú polohové vektory imaginárnych zobrazení reálnych vrtov a zároveň pripravujú vstupné dáta pre programy HG-20; b) programy série HG-20 umožňujú simultánne riešiť nasledujúce úlohy: a. modelovanie filtračných parametrov zo sólových alebo spoločných čerpacích skúšok, b. výpočet využiteľného množstva podzemnej vody „diskrétné“ (ľubovoľne) rozmiestnených odberných zariadení (vrtov) v rozličných okrajových podmienkach kombináciou metód iterácie, zrkadlového zobrazenia a superpozície, c. exploataciu ľubovoľného množstva vrtov (obmedzeného kapacitou operačnej pamäti) pri rozličných technických spôsoboch čerpacej skúšky (konštantná výdatnosť alebo zníženie).

Programy sú aplikovateľné na úplné i neúplné studne.

Programy HYDGEO sa pri oceňovaní využiteľných zásob podzemnej vody na lokalite Moškovec—Blázovce použili v šiestich alternatívach (M. D r a h o š 1975).

Alternatíva č. 1 sa hodnotila v podmienkach neúplných studní s parametrami parciálnej penetrácie uvažovanej pre každú studňu osobitne. Pretože z čerpacích skúšok nebol stanovený koeficient anizotropie, uvažovalo sa s koeficientom 1. Ostatné alternatívy sa riešili v podmienkach úplnej penetrácie s hĺbkou studní 52 m. Hodnoty hladinových skokov sa hodnotili podľa W. C. W a l t o n a (1970) z výsledkov stupňovitých čerpacích skúšok. Všetky riešenia vychádzali zo súradnicovej siete 1 : 10 000, zostrojenej špeciálne pre potreby programu HG-45. Využiteľné zásoby podzemnej vody sa vzhľadom na charakter prieskumných prác a na stupeň overenia hodnôt filtračných parametrov oceňovali v kategóriách B, C1 a C2. Výpočty preukázali tieto využiteľné množstvá:

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| — kategória C2 . . . . . | 485,80 l/s |
| — kategória C1 . . . . . | 262,07 l/s |
| — kategória B . . . . .  | 118,52 l/s |

### Verifikácia získaných výsledkov programom MODEL

Dôležitou etapou výpočtov bola porovnávací analýza výsledkov získaných systémom HYDGEO s výsledkami programu MODEL. Jej mimoriadny význam spočíva predovšetkým v tom, že uvedené programy využívajú rozdielne algoritmy riešení. Programy HYDGEO sa opierajú o rýdzo matematické riešenie využívajúce základy teórie poľa, zákon superpozície, teóriu zrkadlového zobrazenia obohatenú o parciálny rozklad zdrojov v závislosti od okrajových

podmienok a Theiss-Hantushovu hydrauliku studní. Algoritmus programu MODEL využíva princíp diferenčnej hydraulickej analógie, reprezentovaný riešením Boussinesquovej dvoj- a trojrozmernej rovnice filtrácie podzemnej vody metódou sietí. Program bol zostavený pre samočinný počítač Siemens 4004/150. Na porovnávaciu analýzu systému HYDGEO s programom MODEL sa na lokalite Moškovec—Blázovce použila alternatíva 21 (M. Drahoš 1975). Studne boli lokalizované v miestach s najväčšou priepustnosťou, overenou sólovými čerpacími skúškami. Vzdialenosti medzi studňami boli 100 m. Studne tvorili lineárny odberný systém deviatich vrtov. Počet uzlov siete v programe MODEL bol  $16 \times 16$ . Vstupné hodnoty do programov MODEL a HYDGEO boli filtračné odpory v smere x, y, parametre charakterizujúce okrajové podmienky riešenia, koeficient storativity, časové intervaly, iteračná chyba atď. Po dosadení okrajových podmienok riešenia vnútri filtračnej oblasti a na jej hraniciach sa do programu MODEL zadávali prislúšné výdatnosti jednotlivých vrtov odberného systému. Výdatnosti sa dávali na základe výsledkov programu HYDGEO pre prevádzkové zníženie v odmernom rade  $s = 1,0; 3,0; 5,0$  m. Program MODEL potom vo zvolených časových intervaloch počítal zníženia hladiny podzemnej vody v jednotlivých uzlových bodoch siete. Proces formovania depresie sa sledoval prakticky až do ustáleného stavu. Hodnoty zníženia hladiny podzemnej vody počítané programom MODEL sa priblížili k hodnotám zníženia vstupujúcich do systému HYDGEO v priemere na 95 %. Tieto hodnoty so stanovením rozdielu vyjadrenom v percentách sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

| zníženie (m)<br>HYDGEO | zníženie (m)<br>MODEL | chyba v % |
|------------------------|-----------------------|-----------|
| 1,0                    | 0,948                 | 5,2       |
| 3,0                    | 2,854                 | 4,9       |
| 5,0                    | 4,770                 | 4,6       |

Z tabuľky vidieť, že sa chyba so zväčšovaním zníženia zmenšuje. Rozdiel (4,6—5,2 %) je vzhľadom na približnosť vzorca pre doplnkové zníženie v studni (M. Drahoš 1975, V. M. Šestakov 1973) použitom v programe MODEL a chyby vzniknuté pri iteračných výpočtoch v oboch programoch zanedbateľné. Vypočítané výsledky preto možno pokladať za relatívne zhodné. Vykonané výpočty teda dokazujú teoretickú odôvodnenosť a správnosť použitých algoritmov v programoch HYDGEO a MODEL. Uvedený poznatok má vzhľadom na možnosť výberu vhodnejšieho z týchto programov v závislosti od daných okrajových podmienok a riešenej úlohy veľký praktický význam.

#### Zhodnotenie účelového režimného pozorovania podzemnej a povrchovej vody

Na štatistické zhodnotenie režimu podzemnej a povrchovej vody sa použilo riešenie pomocou programu HG-51 na samočinnom počítači Minsk 22. Program HG-51 (V. Banský 1972) posudzuje korelačné vzťahy zvolených dvojíc pozorovaných objektov, ktorých výsledkom je indukzívne stanovená regresná funkcia majúca empirický charakter. Program HG-51 rieši jednak klineárnu, ako i nelineárnu (hyperbolickú, exponenciálnu a polynomicú) koreláciu. Je navyše



rozšírený o sériovú koreláciu umožňujúcu v hydrogeológii sledovať vzájomnú retardáciu javov. Program hľadá najvyššiu funkčnú závislosť a po ukončení sériovej korelácie tlačí výstupnú zostavu.

Retardácia pohybu podzemnej vody medzi jednotlivými objektmi, predovšetkým však medzi vodočtami a hydrogeologickými vrtmi, sa sledovala posunom korelovaných vektorov o kroky sériovej korelácie 1 a 2. V časovej škále to predstavuje posun 3 a 7 dní. Celkove bolo zhodnotených 155 kombinácií sériových korelácií. Tieto kombinácie sa prepočítavali trikrát v závislosti od vyšetrovanej regresnej funkcie. Posudzovali sa funkcie — lineárna, hyperbolická a exponenciálna. Rozdiely medzi lineárnou a exponenciálnou funkciou sú však minimálne a pohybujú sa priemerne  $10^{-2}$  až  $10^{-3}$  vypočítaných koeficientov korelácie. Hodnoty koeficienta korelácie sú veľmi vysoké a determinujú veľmi tesný funkčný vzťah medzi podzemnými a povrchovými vodami. Krok sériovej korelácie vyšiel vo všetkých prípadoch 0, a preto možno počítať s retardáciou pohybu podzemnej vody vo vyšetrovanej podzemnej oblasti v časovom rozmedzí 0—3 dni. Podľa vysokých hodnôt koeficienta korelácie  $R$  možno však predpokladať retardáciu do 24 hodín.

Zhodnotenie režimného pozorovania korelačno-regresnou analýzou sa robilo za účelom regresného stanovenia minimálnych stavov hladiny podzemnej vody nameraných počas režimného pozorovania na vrte L-467. Regresné stanovenie minimálnych stavov hladín podzemnej a povrchovej vody sa robilo pre všetky vybrané objekty. Vrt L-467 je v štátnej pozorovacej sieti HMÚ. Minimálne stavy boli na tomto vrte zaznamenané v apríli 1973 a hodnota absolútneho minima odpočítaného od merného bodu bola 2,08 m. Podľa tejto hodnoty sa stanovili minimálne stavy, na základe ktorých sa rekonštruovali hydroizohypsy v študovanom území. Ako regresná sa uvažovala lineárna funkcia. Zo získaných regresných koeficientov bude možno v budúcnosti stanoviť hydroizohypsy z Ťubovoľného nameraného lokálneho alebo absolútneho minima pre celú filtračnú oblasť. Pritom sa však predpokladá vylúčenie umelého zásahu do prírodného režimu podzemnej a povrchovej vody.

### **Chemizmus podzemnej vody vzhľadom na znečistenie ropnými uhľovodíkmi**

V tesnej blízkosti prieskumných vrtov je výrobná obalovej drviný na opravu ciest. Odpad z tejto výroby (prevažne olej) bol skladovaný v priepustnom štrku, a preto sa ľahko dostával do podzemnej vody. Na stanovenie ropných uhľovodíkov sa z prieskumných vrtov 2× odobrali vzorky vody. Výsledky analýz potvrdili (M. Drahos 1975), že je podzemná voda znečistená ropnými uhľovodíkmi v podstatne vyššom množstve (max. 0,45 mg na l), ako povoľuje norma ČSN (0,02 mg na l), a preto nie je možné vodu používať ako pitnú.

### **Záver**

Použitie číslicových počítačov a programovateľného kalkulátora umožnilo efektívne riešiť úlohy spojené s:

- výpočtom filtračných parametrov
- výpočtom využiteľných zásob podzemnej vody
- štatistickým zhodnotením režimu podzemnej a povrchovej vody.

Na konkrétnom príklade sme poukázali na niektoré z možností použitia samočinných počítačov pri oceňovaní využiteľných zásob podzemnej vody.

Doručené 20. 9. 1975  
Odporučil L. Melioris

#### LITERATÚRA

- Drahoš, M. 1975: Použitie číslcových počítačov pri hydrogeologickom prieskume. [Diplomová práca.]  
Banský, V. — Urumovič, K.: Vyhodnotenie čerpacích skúšok podľa Jacoba. Geol. průzk. (v tlači).  
Banský, V. 1974: Aplikácia systému HYDGEO pri oceňovaní exploatačných zásob podzemných vôd. Zborník referátov VI. hydrogeologickej konferencie. Košice.  
Banský, V. 1974: Spracovanie hydrogeologických podkladov pre samočinné počítače. [Kandidátske minimum.] Archív KIGH, Bratislava.  
Šestakov, V. M. 1973: Dynamika podzemných vod. Moskva. Izd. Moskovskogo universiteta.  
Banský, V. 1972: Slovenské Nové Mesto — hydrogeologická štúdia. Archív IGHP, Žilina.  
Walton, W. C., 1970: Groundwater resource evaluation. Mc Graw — Hill Book Company.

#### ZO ŽIVOTA SPOLOČNOSTI

Stanislav Jacko: **Nové poznatky o kryštaliniku Čiernej hory** (Košice 13. 5. 1976)

Z výsledkov posledných výskumov vychodí, že kryštalinikum pásma Čiernej hory možno rozdeliť na tri základné litologické komplexy:

1. komplex primorogénnych migmatitov a pararúl, 2. komplex diafторitizovaných pararúl, 3. granitizovaný komplex Bujanovej.

Na základe štruktúrnej analýzy územia sa v kryštaliniku pásma Čiernej hory preukázali produkty dvoch orogénnych cyklov, hercýnskeho a alpínskeho V prvej, synkinematickej etape hercýnskeho orogénneho cyklu sa horniny pásma Čiernej hory regionálne metamorfovali v podmienkach fácie almandinických amfibolitov za vzniku sillimanitu — indexového minerálu pre komplex primorogénnych migmatitov a pararúl — a staurolitu — indexového minerálu pre južný okraj komplexu diafторitizovaných pararúl.

V nasledujúcej postkinematickej etape variskeho orogénneho cyklu vznikli horniny granitizovaného komplexu Bujanovej, reprezentované škálou: drobnozrnné biotitické ruly — migmatity — hybridný granodiorit — strednozrnný granodiorit — biotitický granodiorit. Relatívne mladší autometamorfovaný granit patrí k finálnym produktom hercýnskej vývojovej etapy kryštalinika Čiernej hory.

V rámci alpínskeho orogénneho cyklu boli odlišené 4 deformačné štádiá. Prvé dve ( $D_2$  a  $D_3$ ) zároveň sprevádzala metamórfná adaptácia minerálnych paragenéz hornín kryštalinika.

Štádium  $D_2$  deformácie sformovalo základné črty stavby obalových útvarov, najmä mezozoika ružínskej série. V kryštaliniku sa prejavilo epizonálnou diafторézou. V jeho závere došlo k násunu gemeríd na pásmo Čiernej hory. V nasledujúcom štádiu deformácie  $D_3$  vznikli severozápadno-juhovýchodné vrásky vrátane terajších megaštruktúr. V záverečnej etape tohto štádia bolo celé územie štruktúrne homogenizované v systéme monoklinálnych  $S_3$  plôch s juhozápadným úklonom. Pričné orientované štruktúry  $D_4$  a  $D_5$  majú väčšinou disjunktívny charakter a dezintegrujú severozápadno-juhovýchodnú stavbu územia.