

ŠTÚDIE

ANTON PORUBSKÝ

PODZEMNÉ VODY SLOVENSKEJ SOCIALISTICKEJ REPUBLIKY

Anton Porubský: Groundwaters of the Slovak Socialist Republic. Geogr. Čas., 33, 1981, 2; 7 fig., 43 refs.

In the present work the groundwaters of the Slovak Socialist Republic are evaluated by the method of hydrographic regionalization. A map is also drawn up: Groundwaters of the SSR on scale 1:500 000. The map content starts methodically from the dynamics of groundwaters — from their dynamic component. The result of classification based on the two above mentioned criteria is the delineation of hydrotypes. They are two taxonomic levels: the higher level represents the groundwaters of plains, the groundwaters of basins and furrows and the groundwaters of mountain ranges and the lower level the subtypes. In each subtype are determined the categories of dynamic reserves of groundwaters per 1 km² in l.s⁻¹. The work is of importance for the scientific knowledge of hydrography of groundwaters and for their use in water management and for the protection of environment.

ÚVOD

V súčasných svetových národohospodárskych problémoch problém vody vystupuje snáď najmarkantnejšie nad ostatné problémy, hoci sa o ňom toľko nepíše, ani nehovorí ako napr. o nafte, uhlí, elektrine alebo uráne. Vzhľadom na celosvetové prírodné zásoby vôd a ich množstvo zdá sa priam paradoxné, že na pevninách v zmysle spoločenskej potreby je ich málo. Celkom oprávnené sa hovorí o celosvetovej vodohospodárskej kríze, ktorá však nevyplýva z dôsledkov znižovania zásob vôd, ale zo stále zväčšujúceho sa náporu na ich väčšie využívanie na jednej strane a ich znehodnocovanie antropogénnymi zásahmi do prírodného prostredia a komunálnymi i priemyslovými vodami na strane druhej. Zo všetkých druhov vôd priamo pre život človeka je najdôležitejšia pitná voda, ktorá sa získava z vrchných častí zemskej kôry, a to či už zachytávaním prameňov alebo odberom z rôznych druhov studní, tiež inými technickými zásahmi [7]. Z geologického a hydrogeografického hľadiska rozšírenia podzemných vôd je na zemeguli veľmi nerovnomerné. Sú veľké územné celky, celé krajiny a štáty, kde býval dostatok kvalitných podzemných vôd, na druhej strane sú však územia na podzemné vody nedostatkové, ba až cel-

kom pasívne. V pasívnych územiach na vodu sa problém rieši budovaním vodných nádrží s úpravou povrchovej vody na pitnú vodu, ktorá však nemôže nikdy dosiahnuť kvalitu podzemných vôd [32]. Ako vieme, sú aj také kraje, kde nedostatok vody núti celé kmene sťahovať sa a časté sú tiež prípady hromadnej úmrtnosti z nedostatku vody [29].

Vodohospodárska situácia nie je priaznivá ani v ČSSR, ba ani na území SSR [34]. Územie Slovenska patrí k dvom úmoriám (Baltické a Čierne more). Rieky prameniace na našom území majú veľké spády a voda pomerne rýchlo odteká do susedných štátov, preto sa budujú priehrady, aby zachytili vody a nepustili ich najkratšou cestou od nás preč. Budujú sa priehrady s nádržami pre vodohospodárske, energetické, poľnohospodárske a rekreačné účely [7]. Vodohospodárska správa venuje značnú pozornosť podzemným vodám, ktoré sa prednostne využívajú na zásobovanie obyvateľov vodou vodovodmi. Na území Slovenska už vyše 60 % obyvateľstva sa zásobuje pitnou vodou cestou verejných, obecných alebo skupinových vodovodov a do r. 2000 sa plánuje týmto spôsobom zásobovať vodou 90 % obyvateľstva. Doteraz poznané zdroje pitných vôd už nestačia, a preto sa robia rozsiahle výskumy a vyhľadávajú nové zdroje pitných podzemných vôd. Doteraz potvrdených zásob podzemných vôd na území Slovenska je asi $60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, ale prognózných zásob je okolo $80\text{--}85 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ [34]. Ak by sa podzemné vody využívali iba pre vlastné potreby ľudí, ich zásoby vystačia aj ďaleko po r. 2000, čo však bude vyžadovať preorientovanie sa značnej časti priemyslu a poľnohospodárstva na využívanie vôd s nižšou kvalitou, ako majú pitné vody [4].

Náplňou tejto práce je vedecko-metodický prístup hydrogeografického hodnotenia podzemných vôd územia SSR a mapa Podzemné vody Slovenskej socialistickej republiky mierky 1:500 000, ktorá reprezentuje v hydrogeografickom ponímaní kvantitatívne ocenenie výskytu a rozloženia podzemných vôd na území Slovenska v hydrogeografických celkoch s rôznymi typmi vôd.

V geografickom výskume vody ako jednu zo základných zložiek prírodného prostredia ju pokladáme za zjednocujúceho ekologického činiteľa medzi anorganickou a organickou zložkou. Svojimi špecifickými vlastnosťami a modifikáciami pôsobí na anorganické zložky prírodného prostredia najmä mechanicky a tieto zasa na ňu hlavne geochemicky. Na druhej strane voda je svojou biologickou kvalitou limitujúcim faktorom celej bioekológie a v historicko-kultúrno-technickej sfére rozvoja ľudskej spoločnosti a jej civilizácie je tiež socioekologickým faktorom. Nie je preto divné, že aj moderná spoločnosť má k vode svoje špecifické vzťahy, ktoré sa zhoršujú v neprospech vody pretváraním prírodného prostredia na antropogénne prostredie [3, 6].

Uvedenými vzťahmi sa podrobnejšie zaoberá geografia, ktorá rieši priestorové vzťahy geopriestorových systémov a syntetizuje nielen vzťahy poznávania, ale aj vzťahy optimalizácie usporiadania krajiny tak, aby sa jej zložky symbiózne rozvíjali v prospech človeka [5, 10]. Voda ako jeden zo subsystémov buď prírodného, alebo antropogénneho prostredia je a musí byť predmetom podrobného geografického štúdia i napriek tomu, že existujú niektoré špecializované vedy, ktoré sa zaoberajú analytickým výskumom vody, avšak nesyntetizujú komplexne jej ekologické vzťahy s ostatnými zložkami krajiny, a to či už prírodného alebo aktualizovaného prostredia. Ľudstvo a celá biosféra sú jednoducho na vodu odkázané a aj moderná geografia má povinnosť skúmať časové i priestorové vzťahy obehu vody tak v celosvetovom, ako

aj v regionálnom systéme. Geografia musí krajinu skúmať v plnom rozsahu jej dynamiky i potenciálu a zohľadňovať systémový prístup hodnotenia všetkých prvkov prírodného prostredia [3, 20].

Hodnotenie problému

Sféra geografického výskumu podzemných vôd bola v minulosti determinovaná už tým (A. Hettner 1927), že geografia chápe procesy výskytu a pohybu podzemnej vody ako stavebnú časť krajinu a skúma tieto iba v rámci ich vplyvu na krajinu. Až neskôr si fyzická geografia začala všímať aj podzemné vody v zmysle dynamického procesu obehu vody zasahujúceho hydrosféru, atmosféru, litosféru, pedosféru a biosféru, kde voda zohráva úlohu energetického regulátora a nositeľa hmoty. V modernom ponímaní, najmä v sovietskej literatúre (A. I. Čebotarev 1975), pri výskume podzemných vôd z fyzickogeografického hľadiska sa na jednej strane vychádza zo skutočností, že podzemná voda je prvkom prírodného geografického prostredia a na druhej strane, že je činiteľom ovplyvňujúcim i hospodársky rozvoj spoločnosti. Vychádza sa z hlbšieho poznania fyzikálnej podstaty skúmaných prvkov a procesov geografického prostredia, ako aj z jeho vplyvov na celú hydrosféru [3].

Aby sme mohli skúmať všetky javy a procesy zasahujúce nielen do prírodovednej, ale aj do socioekonomickej oblasti, musíme sa zamerať na syntetický geografický prístup k výskumu podzemnej vody a musíme ho mať podložený hlbokými poznatkami z klimatológie, hydrológie, geológie, hydrogeológie, geochemie, hydrauliky a pod. Treba zdôrazniť, že pri výskume podzemných vôd ťažisko výskumu je vo vzájomných vzťahoch systému prírodné prostredie — voda — človek [6]. V danom systéme ide o 3 rôzne formy vzťahov, a preto k riešenej problematike treba pristupovať na rozličnej interdisciplinárnej úrovni. Mnohí autori zdôrazňujú prioritu prírodovedeckého prístupu pri výskume zóny aktívneho pôsobenia podzemnej vody, pričom treba priestorove skúmať proces vzájomného pôsobenia vody a jej prostredia. Toto zdôrazňuje vo svojich prácach aj O. Dub [1963], ako aj mnohí sovietski i iní geografi a hydrológovia [7, 8].

Z hľadiska súčasných vedeckých smerov vo výskume podzemných vôd najďalej sú rozpracované otázky ich režimu podzemných vôd (N. N. Bindeman, M. A. Vevjorovskaja, M. E. Aľtovskij, N. J. Pavlov, u nás O. Dub, V. Hálek, J. Mucha a ďalší), ako aj metodiky hydrogeologickej rajonizácie [41] a hydrogeografickej regionalizácie [35]. Režim podzemných vôd sa študuje najmä hydrologicko-hydraulickomatematickými, hydrogeologickými a hydrogeografickými metódami. Všetky vyúsťujú do vedeckého poznania prírodného prostredia, využitia jeho potenciálu pre národné hospodárstvo a pre tvorbu a ochranu životného prostredia. Hydrogeologickú rajonizáciu vo svetovej miere podrobne rozpracovali M. M. Vasilevskij, B. J. Kudelin a F. J. Fideli, ktorí vychádzali zo štruktúrno-geologických pomerov územia [13]. V ČSSR o tejto problematike publikovali svoje práce O. Hynie, M. Maheľ, J. Vrba, E. Kullman [16], B. Řezáč, K. Zima, A. Porubský, P. Bujalka a ďalší. Prvú tlačenú farebnú mapu mierky 1:200 000 s touto problematikou na Slovensku vypracoval r. 1957 pre územie Východoslovenskej nížiny A. Porubský.

Hydrologickú rajonizáciu rozpracovali V. S. Il'in, O. K. Lange, G. N. Kameniskij, avšak najpresnejšie metodické zásady jej stanovili A. A. Konopljavcev

a V. S. Kovalevskij [1959, 1961] [10, 11]. V ČSSR jej metodické zásady najpodrobnejšie rozpracovali R. Netopil [27], M. Zaňko (1969), P. Kríž [12] a ďalší. Táto rajonizácia je orientovaná na režim podzemných vôd a jeho variabilitu. Hydrogeografickou regionalizáciou sa doteraz najpodrobnejšie zaoberali a v tomto smere aj niekoľko prác publikovali M. Zaňko a A. Porubský, ktorého mapa typov podzemných vôd, publikovaná v Atlase SSR, vychádza regionalizačne z pôvodu vôd vo zvodnenom prostredí.

Vo svetovej, ba ani v domácej literatúre nemáme doteraz hydrogeograficky, metodicky ani teoreticky rozpracované problémy dynamiky podzemných vôd v nadväznosti na ich zásoby ako základného potenciálu krajiny.

Po dlhoročných skúsenostiach z terénneho výskumu a z nazhromaždenia faktologického materiálu, ako aj využitím archívnych podkladov bolo možné pristúpiť aj na takéto hydrogeografické a hydrografické hodnotenie podzemných vôd [31, 32].

MAPA PODZEMNÝCH VÔD SSR

Náplň mapy podzemných vôd SSR mierky 1:500 000 vychádza metodicky z dynamiky podzemných vôd a z dynamiky zásob podzemných vôd. Výsledkom klasifikácie, spočívajúcej na uvedených 2 kritériách, je vymedzenie hydrotypov, ktoré v značnej miere korelujú s geoeologickými typmi (E. Mazúr, E. Krippel, A. Porubský, K. Tarábek). Rozlišujeme 2 taxonomické úrovne: vyššia úroveň reprezentuje podzemné vody nížin, podzemné vody kotlín a brázd, podzemné vody pohorí a nižšia úroveň subtypov dynamické zásoby.

Dynamiku vôd reprezentujú jednotlivé typy vôd podľa obehových ciest a ich väzby na substrát (horninové prostredie), ako aj jeho hydrofyzikálne vlastnosti, najmä priepustnosť, akumuláciu schopnosť, aktívnu pórovitosť a pod. Mapa obsahovo vyjadruje prítomnosť a ocenenie kvantity podzemných vôd prvého zvodneného horizontu sypkých—zrnitých zemín a podzemné vody pevných hornín pohorí. S pôdnymi vodami sa uvažuje iba v menšej miere, neuvažuje sa s vodami artézskych horizontov, ba ani s minerálnymi a termálnymi vodami.

Zásoby podzemných vôd v pohoriach sú vyjadrené plošne a nie bodovo, exploatačne sú viazané na pramenné vývery, na okrajoch na morfológicko-tektonické zóny.

Taxonomické členenie hydrotypov je takéto:

1. Vody nížin

1. 1. Pórové vody akumuláčných rovín

1. 1. 1. Pórové vody poriečnych rovín a nív

1. 1. 2. Pórové vody riečnych terás a náplavových kužeľov

1. 1. 3. Pórové vody dunových rovín

1. 1. 4. Kapilárno-pórové až kapilárne vody akumuláčno-erózných pahorkatín

2. Vody kotlín a brázd

2. 1. Pórové vody riečnych nív a kužeľov (resp. glaciofluviálov) nízkych terás

2. 2. Pórové vody riečnych a terasovaných kužeľov

2. 3. Pórové vody morén

2. 4. Puklinovo-krasové vody (kotlinový kras)
2. 5. Kombinované vody kotlín a brázd
3. Vody pohorí
 3. 1. Pórovito-puklinové vody pieskovcových a zlepenkových stredohorí
 3. 2. Pórovito-puklinové vody neovulkanických pohorí
 3. 3. Puklinové vody kryštálických pohorí
 3. 4. Puklinovo-vrstevnaté až puklinovo-krasové vody
 3. 5. Kombinované vody hydraulicky pospájané (puklinovito-pórové, puklinovito-žilné, puklinovito-vrstevnaté, puklinovito-krasové, banské)
 3. 6. Krasové vody
 3. 7. Vrstevnaté až vrstevnato-puklinové vody
 3. 8. Puklinovito-sutinové-morénové vody glaciálnych pohorí.

Každý z uvedených subtypov je na mape vyjadrený farebne. V každom subtype je príslušným rastrom označená kategória dynamických zásob podzemných vôd na 1 km^2 v $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ podľa týchto množstiev:

- I. kategória zásob $100,1$ a viac $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ na km^2 ,
- II. kategória zásob $100,0 - 60,1$ $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ na km^2 ,
- III. kategória zásob $60,0 - 30,1$ $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ na km^2 ,
- IV. kategória zásob $30,0 - 15,1$ $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ na km^2 ,
- V. kategória zásob $15,0 - 6,1$ $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ na km^2 ,
- VI. kategória zásob $6,0 - 4,1$ $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ na km^2 ,
- VII. kategória zásob $4,0 - 2,6$ $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ na km^2 ,
- VIII. kategória zásob $2,5 - 0,01$ $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ na km^2 .

V úzkych medzihorských nivách a kotlinách, ktoré v mierke mapy nemožno vyjadriť, ale viažu na seba určité množstvo vody, ich zásoby sú vyjadrené červenou pretrhávanou čiarou.

Na hodnotenie jednotlivých hydrotypov a subtypov vyjadrených na mape použili sme tieto základné podklady:

1. Geoeologické (prírodné krajinné) typy — mapa mierky 1:500 000, Atlas SSR, autori E. Mazúr, E. Krippel, A. Porubský, K. Tarábek [21].
2. Typologické členenie reliéfu — mapa mierky 1:500 000, Atlas SSR, autor E. Mazúr [22].
3. Geomorfológia — mapa mierky 1:500 000, Atlas SSR, autori E. Mazúr, J. Kvitkovič, J. Činčura [23].
4. Delimitácia krajiny podľa vodnej bilancie — mapa mierky 1:500 000, Atlas SSR, autori E. Mazúr, A. Porubský, K. Tarábek [24].

Vodný potenciál a jeho faktory

Vodný potenciál každého prírodného prostredia je skutočné množstvo vody, ktoré sa v danom prostredí nachádza [1, 27, 28]. V hydrogeológii sa toto množstvo označuje ako prírodné zásoby a možno konštatovať, že geografický termín vodný potenciál lepšie vystihuje spoločenský problém vody. Vodný potenciál je v prírodnom systéme dynamickou, pohyblivou zložkou, ktorá sa mení v čase a priestore a je závislé aj od ostatných zložiek v systéme prírodných zložiek [38]. Geografia potom tento potenciál netypizuje iba podľa substrátu, ale ho kategorizuje na princípoch regionalizácie v dynamickom procese celého prostredia (všetkých zložiek).

Z uvedených metodických úvah potom vyplýva, že až po poznaní priestoro-

vého a časového rozloženia jednotlivých druhov povrchových a podzemných vôd (ktoré sa rozdeľujú na vody obyčajné, minerálne a termálne až horúce) pristupujeme k ich bilancovaniu a typizácii. Predmetom typizácie vôd môžu byť genetické, dynamické, morfológické, chemické, geochemické, ale aj statické faktory (prírodné vodné nádrže a akumulácia podzemných vôd) a napokon substrátové faktory.

Bilancovanie vôd vychádza z hydrologických bilancií, ktoré na základe skutočných bilančných prvkov, získaných hydrologickými metódami výskumu (zrážky, povrchový odtok a celkové straty) nám udávajú hodnoty prietokov na riekach, hladiny podzemných vôd a ich rozkolísanosť, ako aj rozkolísanosť výdatnosti prameňov [9, 11]. Táto základná, dnes už bežná, avšak zjednodušená bilancia slúži väčšinou základným otázkam vodohospodárstva a zostáva veľa dlžná celkovej regionálnej bilancii komplexného vodného potenciálu. Nie sú ešte dostatočne vyvinuté metódy na určenie vsaku a odtoku podzemných vôd, na ich bilančné väzby medzi plytkou a hlbinnou cirkuláciou a neuvažujú s podielom vôd, ktoré sa metamorfujú na vody minerálne a termálne. Tento problém zostáva otvorený i u nás [15, 18].

Štruktúrne systémy vody majú čiastočne univerzálnu a čiastočne regionálnu platnosť s rozdielnymi štrukturotvornými prvkami, ktorými sú zrážky, reliéf, prvky substrátu, vegetačný pokryv, pôdy, klíma a pod. Veľké územie s približne rovnakými klimatickými oblasťami a morfoloģickými prvkami povrchu i substrátu — teda s vyrovnanými štrukturotvornými prvkami, majú pre vodu vyrovnané hydrologické zákonitosti povrchových i podzemných vôd, výparu a celkových strát. Naproti tomu malé územia s pestrú morfoloģickou stavbou a s rozdielnymi štruktúrnymi prvkami pre vodu, ktoré sa často menia aj na malých vzdialenostiach, platia v detailoch iné zákonitosti obehu vody — tu sa štruktúrne systémy detailne členia [13, 14].

Typickým príkladom malých území s rozdielnymi štrukturotvornými prvkami, ktoré sa menia na pomerne malých plochách, je územie Slovenska. Dve tretiny územia tvoria pohoria a pahorkatiny s rôznou vertikálnou a horizontálnou členitosťou, morfoloģiou i tektonikou, so silne diferencovanými prvkami, vegetačným pokryvom, pôdami a pod. [17, 25]. Všetko toto má za následok veľkú diferencovanosť rozloženia, množstva a intenzity zrážok, ktoré sú okrem vôd Dunaja, Uhu a Latorice jedinými dodávateľmi vody nášmu územiu. Potoky a rieky majú veľké spády. Ich hydrologická a dynamická aktivita sú bilančne v neprospech územia, a preto, ako sme už spomenuli, vodohospodárska aktivita sa musí vylepšovať výstavbou priehrad, ktoré popri energetickej využiteľnosti pomáhajú vyrovnane distribuovať povrchové vody v priebehu celého hydrologického roka. Vodnosť riek je závislá od chodu ročných zrážok a od teploty snehu. V závislosti od týchto činiteľov najväčšie dlhotrvajúce veľké prietoky sú v prvej polovici roka, teda marec—máj, s najväčším percentom celoročného odtoku. Minimálne prietoky sa presúvajú v nížinách a vrchovinách na koniec leta a na začiatok jesene a v stredohoriach a vysokých pohoriach na jesenno—zimné obdobia [42]. Paralelne s týmito pochodmi sa mení aj režim podzemných vôd (rozkolísanosť hladín) a výdatnosti prameňov. Na území Slovenska je zaregistrovaných vyše 40 000 prameňov, avšak ich výdatnosť je pri 60—65 % menšia ako $2,0 \text{ l. s}^{-1}$. Na výskume týchto prameňov spolu s Hydro-meteorologickým ústavom sa zúčastnil aj autor tejto práce.

Geografickými metódami výskumu vôd sa nesleduje iba ich regionálne roz-

loženie, ale aj ich množstvo a pôvod v jednotlivých regionalizačných typoch [20]. Poznanie pôvodu vôd v jednotlivých regiónoch prírodného, ale dnes najmä antropogénneho prostredia, má pre tvorbu a ochranu životného prostredia veľký význam. Ak poznáme pôvod vôd v jednotlivých akumuláčnych prirodzených bazénoch, vieme chrániť ich kvalitu a v prípade jej znehodnocovania vieme identifikovať jednotlivé zdroje znečistenia.

Bilancovanie vodných zdrojov a skúmanie vodného potenciálu

Aj keď zrážky sú jediným zdrojom všetkých druhov vôd — povrchových, podzemných, obyčajných, minerálnych a termálnych na našom území, predsa bilančný podiel na priamom dopĺňaní najmä podzemných vôd je veľmi variabilný vzhľadom na morfológiu terénu, vertikálnu členitosť, hydrofyzikálne vlastnosti substrátu (geologické prostredie), pokryv terénu (pôdy a vegetácia) a iné. Typologicky vzhľadom na uvedenú problematiku podzemné vody môžeme členiť v jednotlivých územiach, resp. v geomorfologických celkoch na regióny, ktorých podzemné vody sú dopĺňané na 100 % iba zo zrážok (pohoria), na regióny, ktorých podzemné vody sú až na 80 % dopĺňané podzemným prítokom z pohorí (podhoria, pahorkatiny a hlbšie artézske horizonty nižších pahorkatín a hlbších častí kotlín), na regióny, kde podzemné vody môžu byť dopĺňané zo zrážok rovnako ako z prítokov zo susedných území (terasy, náplavové kužele, viate piesky) a na regióny, kde podzemné vody až na 80 % sú dopĺňané z koryta potokov a riek a iba do 20 % aj zo zrážok (nivné územia kotlín a nížin) [32].

Ďalšou úlohou geografie vo výskume vôd je hydrogeografická regionalizácia vodného fondu formou regionalizačnej bilancie. Voda ako prírodný nerast svojou dynamikou a regeneračnou schopnosťou sa vymyká normálnym bilančným hodnoteniam „statických nerastov“ (tzv. zásob), ktoré sa nestahujú, ale tvoria pevnú, geometricky ohraničenú masu. Po vyťažení sa viac neregenerujú. Pri takomto výskume a hodnotení vôd sa komplexne musia hodnotiť všetky vodoštruktúrne systémy a vodoštruktúrne prvky. Obrazne povedané, často tu nehrá podstatnú úlohu iba množstvo zrážok alebo iba veľkosť morfologického celku, alebo napokon geologickej hodnoty či hydrogeologickej štruktúry. Na území Slovenska najviac zrážok spadne napr. na pohorie Vysokých Tatier, avšak vzhľadom na svoju pomerne malú plošnú rozlohu a pomerne nepriaznivé hydrofyzikálne vlastnosti hornín substrátu alebo morfologickú stavbu sú na vody chudobnejšie ako napr. Nízke Tatry alebo Veľká Fatra, kde sú síce zrážky reprezentované menšími hodnotami, ale majú iné vhodné vodoštruktúrne prvky — plochu, vápencovo-dolomitické horniny, lúčne a lesné porasty alpinskeho pásma s polygonálnymi pôdami a pod. Typickým príkladom sú pohoria budované horninami vonkajšieho flyša, ktoré sú rozlohove najväčšie, majú aj stredne dobré zrážkové pomery, avšak pre výskyt vôd sa označujú s pasívnou vodnou bilanciou. Ak sa pozrieme na geografickú a najmä na geomorfologickú mapu územia Slovenska, vidíme striedanie horského až vrchovinného reliéfu s hlbokými dolinami, medzihorskými kotlinami a brázdami, s úzkymi dolinami či nivami riek. Pri pohľade na geologickú mapu (odkrytú — bez kvartérneho útvaru) vidíme maximálnu geologickú pestrosť s horninami od algonkia až po vrchný, sedimentárny a vulkanický neogén [19]. Tieto horniny majú rôznu variáciu hydrofyzikálnych vlastností, s pestrú tektonickou stavbou vytvárajú aj

mozaikovitú geologickú štruktúru jednotlivých regiónov. Vertikálna členitosť územia Slovenska je asi od 100 m n. m. do 2655 m n. m., pričom v horizontálnej členitosti sa viditeľne prejavujú morfoštruktúry pásmových pohorí vnútorných Západných Karpát so striedaním kotlín a dlhých riečnych dolín. Geografické metódy výskumu v takto zložitých prírodných pomeroch lepšie vystihujú diferenciácie jednotlivých hydroštruktúrnych prvkov ako metódy iných vied. Ako príklad by sme chceli uviesť, že na geologických mapách sa každá hornina vyjadruje plošne, teda bez pokryvu, pôdy a bez morfológických štruktúr. Takto sa do hydrogeologických predpokladov a bilančných vzťahov ľahko môžu dostať prvky, ktoré skresľujú prirodzenú hodnotu skúmaného regiónu. Bez dobrého poznania mnohých hydroštruktúrnych prvkov nemožno potom spoľahlivo bilančne vyčleniť ani podzemný odtok, ba ani celkový skutočný výpar [16]. Z členov bilančnej rovnice najpresnejšie poznáme iba zrážky a povrchový odtok, na meranie ktorých máme presné metódy ich zisťovania. Celkom presné hodnoty zrážok v podstate nepoznáme, a to pre malý počet zrážkomerných staníc a ich nie priamo vhodné geografické umiestnenie. V pohoriach, kde spadne najviac zrážok, pozorovacích staníc je najmenej, pretože nie je možné zabezpečiť ich pravidelné pozorovanie, a to najmä v zimných mesiacoch vzhľadom na odľahlosť od sídel. Modernými metódami merania zrážok na pokusných stanicích sa dokázalo, že doteraz merané ročné sumy zrážok majú menšiu hodnotu až o 18—22 % oproti skutočnosti. Na druhej strane sa zasa vedú diskusie o nadhodnotení celkového výparu, ktorý sa určuje metódami, ktoré neberú ohľad na charakter pokryvu, hydrofyzikálne vlastnosti hornín, charakter a mocnosť pôd, sklonitosť terénu a jeho expozíciu a pod. Z uvedenej diskutovanej problematiky vyplýva, že problém bilancovania vôd v regionálnom zmysle je pomerne obťažný, a to najmä vtedy, ak hodnotíme vody ako skutočnú prírodnú zložku. V tejto súvislosti bude snáď dobre pripomenúť, že diferencovaný pohľad na bilancovanie vôd — najmä podzemných — majú vodohospodári a hydrogeológovia (nielen u nás). Na vodohospodársku pozitívnosť, a tým aj na dobré hydrogeologické pomery regiónu, hľadajú cez prítomnosť vodohospodársky využiteľných množstiev vody, ktoré zasa pre banského hydrogeológa sa označujú ako negatívne vzhľadom na ohrozenie prítokov vody do banských diel. Zostáva teda na geografovi, aby krajinu objektívne hodnotil z pohľadu svojho komplexného prístupu a v nej aj vodu bez špeciálnych zámerov pozitívnosti alebo negatívosti v kvantitatívnom zmysle vodohospodárov. Táto otázka má byť až následne riešená v zmysle potrieb národného hospodárstva.

V regionalizačnom prístupe hodnotenia prameňov obyčajných vôd sa vychádzalo, ba aj sa doteraz vychádza, z rozkolísanosti výdatnosti, z ich výškovej pozície alebo z teploty ich vôd [12, 43]. Poznanie týchto hodnôt dáva určitý pohľad o regionálnom rozložení prameňov, ale už menej o ich dynamike a režime a ešte menej o ich vzťahoch k pôvodu ich vôd v zmysle poznania infiltračného územia a obehových ciest. Ukázalo sa, že naše pozorovacie časové rady výdatnosti prameňov 4—10 rokov ešte nepriňášajú úplne objektívne poznatky o režime prameňov vo vzťahoch s klimatickými pomermi. Platí to napr. o krasových prameňoch. Vieme, že rozkolísanosť výdatnosti z dlhodobých pozorovaní, ktorú sme hodnotili, bola $80\text{--}100 \text{ l. s}^{-1}$ a naraz prišla zima s veľkými snehovými zásobami a pri ich topení maximálna výdatnosť prameňa bola až 1300 l. s^{-1} (Strážovská hornatina — prameň Vrchovište v Slatinke nad

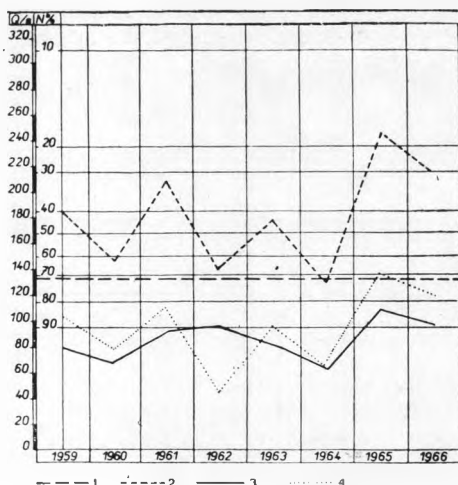
Bepravou, vodohospodársky využívaný pre Ponitriansky skupinový vodovod]. Podobné poznatky sme získali aj pri prietokoch vody v povrchových tokoch, napr. v Hrone. V najnovšom čase sa výdatnosti prameňov hodnotia pomocou výtokových čiar (E. Kullman 1979), čo prináša značný pokrok do ich bilančného poznania.

Do roku 1965 sa výdatnosti prameňov, a tým aj ich hydrologický charakter, hodnotili na základe rozkolísanosti ich výdatnosti pomerom maximálnej výdatnosti Q^{\max} k minimálnej výdatnosti Q^{\min} , pričom sa vychádzalo z dlhoročného radu pozorovaní. Tento spôsob hodnotenia zaviedol Maillet ešte r. 1905 a od neho ho v upravovaných formách preberali ďalší autori (Prinz, Ovčiničkov, Dub a iní). Exploatačné množstvá sa určovali priemernou dlhodobou výdatnosťou prameňa. Presnejšie hodnotenie výdatnosti a dynamického charakteru prameňov navrhol A. Netopil (1964), ktoré vychádza z Q 90 % a Q 10 % [27]. Mnohí pracovníci vo výskume i v praxi prešli na toto hodnotenie. Určenie exploatačných zásob z celkových výdatností prameňov metódou štatistického vyhodnotenia ich dlhodobých radov pozorovaní publikoval autor tejto štúdie spolu s Z. Holéczyovou v štúdií *Problémy hydrologického a ekonomického hodnotenia prameňov*, ktorá vyšla v Zborníku štúdií v X. kongresu KBA v Bratislave r. 1973, s. 47—54. Do štatistického hodnotenia zaviedli nové hydrologické hodnoty — dynamická rezerva, stabilná rezerva a variabilná rezerva — pozri obr. 1.

Pri vypracúvaní mapy Podzemné vody SSR sme sa najviac pridŕžali priemerných výdatností prameňov v danom hydrotype.

Ďalším bilančným problémom v regionalizačnom zmysle hodnotenia vôd sú na území Slovenska prestupy podzemných vôd z pohorí do povrchových tokov, a naopak, straty vôd z povrchových tokov do substrátu. Tieto vzájomné vzťahy sú známe najmä v územiach, kde povrchové toky prerazávajú masívny vápencov a dolomitov, alebo kde majú korytá vybudované (čo je tiež dosť časté) na tektonických líniiach. Tento problém možno dobre študovať najmä v Nízkych Tatrách a vo Veľkej Fatre, ako aj v iných krasových územiach. Podobné problémy

Obr. 1. Štatistické určenie exploatačných zásob podzemných vôd prameňov. 1 — modálna výdatnosť, 2 — rezerva celkových dynamických zásob podzemných vôd, 3 — rezerva zaručených dynamických zásob, 4 — variabilné dynamické zásoby podzemných vôd.



s prestupmi podzemných vôd sú aj v hydraulických vzťahoch medzi rôznymi geologickými a morfológickými štruktúrami.

Málo sú ešte hydrologicky a hydrogeograficky rozvinuté teórie a bilančné hodnotenie dopĺňania zásob podzemných vôd nív kotlinových a nížinných regiónov z povodňových vôd, ktoré prinášajú vody zo zrážok spadnutých v horských regiónoch. Ako príklad týchto vzťahov možno uviesť povodie Váhu. Snehové a búrkové vody Vysokých a Nízkych Tatier spôsobujú veľké vody v koryte Váhu, z ktorého infiltrujú do nívnych podzemných vôd po celej dĺžke koryta a dopĺňajú ich zásoby bez vlastných regionálnych zrážok. Špecifické postavenie v tomto smere bilancovania vodného fondu na Slovensku má Dunaj, ktorého vody v úseku Bratislava—Gabčíkovo dopĺňajú podzemné vody Žitného ostrova pri všetkých vodných stavoch v množstve od 60 až do 200 m³ . s⁻¹. Podobná situácia — ale s menším dopĺňaním — je aj v povodí Uhu, Latorice a Tisy.

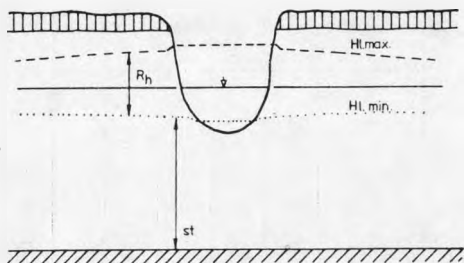
Pri podzemných vodách s voľnou hladinou v pórovom a sypkom prostredí štrkov i pieskov, najmä však nívnych, terasových a dunových, sme sa pri určovaní ich množstva väčšinou pridržali metódy hodnotenia čerpacích skúšok a konfrontovali sme ich s bilančnými, prípadne hydraulickými metódami. Ak hovoríme o kvantitatívnej rovine, teda o zásobách podzemných vôd, treba si ujasniť, že všetky zásoby sú prírodné a tie sa separujú na statické i dynamické. Zjednodušene povedané, statické sú tie, ktoré sú v horninovom prostredí uzavreté s pomalou výmenou vodnej masy v priebehu i niekoľkých desiatok rokov. Dynamické, často akumulované nad statickými sú tie, ktoré podliehajú hydraulickým a akumulačným zmenám v priebehu jedného hydrologického roka a sú hydrologicky charakterizované svojím rozkyvom hladín [30].

Množstvo statických zásob podzemných vôd sa najčastejšie stanovuje z hydraulických vzťahov vyjadrených v prácach [22, 27], teda

$$Q^{st.} = 0' \cdot m', \quad (1)$$

kde $Q^{st.}$ sú statické zásoby podzemných akumulovaných vôd v m³, $0'$ obsah zvodneného prostredia v m³ a m' aktívna pórovitosť. Obsah zvodneného prostredia sa určí geometricky, aktívna pórovitosť sa určuje terénnymi metódami a empirickými vzorcami. Autor štúdie odvodil takýto empirický vzorec:

$$m' = 0,027 \sqrt{\frac{2,73}{k}}, \quad (2)$$



Obr. 2. Rozkyv hladín podzemných vôd v nívách. R_h — rozkyv hladín od minima po maximum — dynamické zásoby, st — statické zásoby podzemných vôd.

kde k je hodnota koeficientu priepustnosti udaná v m za deň. Platnosť vzorca je obmedzená hodnotami k od $1 \cdot 10^{-6}$ do $2 \cdot 10^{-2} \cdot s^{-1}$. V praxi čs. hydrogeológov sa často používa Becinského empirický vzorec

$$m' = 0,117 \sqrt[3]{k} \quad (3)$$

Aj koeficient filtrácie k sa stanovuje rôznymi metódami, a to laboratórnymi i terénnymi.

Pri výpočtoch dynamických zásob v plošnom vyjadrení je to hydraulicky komplikovanejšie. Najjednoduchší prípad výpočtov vychádza zo strednej hodnoty rozkvyu hladín a potom sa počíta rovnako ako pri statických zásobách z kubatúry dynamiky zvodneného prostredia.

Pre prietok podzemných vôd profilom zvodneného prostredia sa vychádza z Darcyho metódy filtračného zákona, podľa ktorého

$$Q = F \cdot v, \quad (4)$$

kde Q je množstvo vody v $m^3 \cdot s^{-1}$, F plocha prietočného profilu v m^2 a v je rýchlosť tečenia podzemnej vody v $m \cdot s^{-1}$.

Do vzorca 4 sa musí určiť rýchlosť tečenia vody v . Najčastejšie sa určuje priamymi metódami v teréne alebo sa potom vypočíta z hydraulického spádu a dĺžky skúmaného územia podľa vzťahov

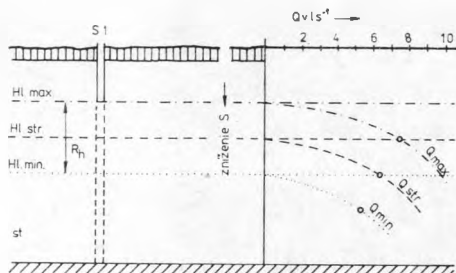
$$v = I \cdot k, \quad (5)$$

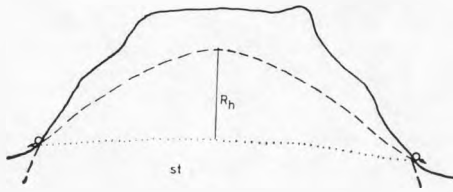
kde v je rýchlosť tečenia, I spád hladiny podzemnej vody a k koeficient filtrácie. Pri poznaní týchto hodnôt si Darcyho rovnicu môžeme upresniť na

$$Q = F \cdot I \cdot k. \quad (6)$$

Na obrazoch 2, 3, 4 a 5 vidíme profilové znázornenie statických a dynamických zásob podzemných vôd. Na obr. 2—3 sú znázornené dynamické zásoby stanovené rozkvyvom hladín R_n . Pod minimálnymi hladinami sú statické zásoby st. Na obr. 4 sú znázornené dynamické zásoby R_n , ktoré sú viazané na pórové masívne horniny (pieskovce, zlepence, pyroklastiká a čiastočne aj dolomity). Pod eróznou bázou sú už statické zásoby podzemných vôd. Obráz 5 schematicky znázorňuje statické a dynamické zásoby podzemných vôd v grani-

Obr. 3. Vplyv rozkvyu hladín na výdatnosti vodných zdrojov. R_h a St , ako na obr. 1. Q_{max} je maximálna výdatnosť, Q_{str} priemerná výdatnosť, Q_{min} minimálna výdatnosť. Hl_{max} najvyššia (maximálna) hladina podzemnej vody, Hl_{str} je stredná priemerná hladina podzemnej vody a Hl_{min} je minimálna — najnižšia hladina podzemnej vody.





Obr. 4. Dynamické a statické zásoby podzemných vôd v pohoriach [pieskovce, zlepenice, pyroklastiká, čiastočne dolomity a viaťe piesky]. R_h — rozkvy hladín a reprezentuje aj rozkvy Q (výdatnosti).

toidných horninách, najmä v žulách. Číslom 1 sú označené dynamické zásoby v prostredí zvetrávania sa povrchovej zóny. Číslom 2 sú označené dynamické zásoby, ak je masív puklinovite alebo tektonicky porušený do väčších hĺbok, číslom 2a, ak masív odvodňujú (drénujú) susedné, viac priepustné horniny.

Exploatačné množstvo vody by nemalo nikdy prekročiť množstvo dynamických zásob — v opačnom prípade je to hrubý zásah do prírodného prostredia, ktorý zhoršuje kvalitu životného prostredia v rámci vyrovnaných ekologických vzťahov [devastácia terénu, vysychanie pôdy, vädnutie vegetácie a pod.] [29, 33].

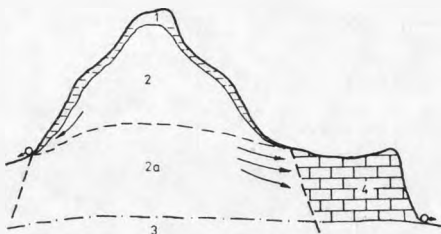
Exploatačné množstvá zo zásob podzemných vôd sa určujú z hodnôt získaných z terénneho výskumu pomocou vŕtaných studní a čerpacích skúšok. Hydraulických a hydrologických výpočtových schém je veľmi veľa, pričom najjednoduchšia a na svete najviac používaná je schéma podľa J. Dupuita

$$Q = \frac{3,14 \cdot k (H^2 - h^2)}{1 \ln \frac{R}{r}}, \quad (7)$$

kde Q je množstvo čerpanej vody v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, k koeficient filtrácie, H výška vodného stĺpca vo zvodnenom prostredí, h výška zníženého vodného stĺpca o zníženie S v pokusnej studni, R veľkosť dosahu depresného kužeľa pri danom znížení a r polomer studne. Uvedený vzorec platí pre dokonalé studne. Veľkosť zníženia S sa určuje bežne podľa Sichardt približne hodnotou $1/3 H$.

Jednou z najviac používaných metód hodnotenia zásob podzemných vôd je metóda hydrologickej bilancie, ktorá vo svojom základnom zložení má tvar [26].

$$Z = O \text{ povrch} + CS, \quad (8)$$



Obr. 5. Dynamické a statické zásoby podzemných vôd v pohoriach budovaných hlavne granitmi. 1 — dynamické zásoby kôry zvetrávania, 2 — dynamické zásoby podzemných vôd variabilné, závislé od prítomnosti puklín, tektonických porúch a od ich hydraulického poprepájania, 3 — statické zásoby podzemných vôd pod eróznou bázou, 4 — odvodňovanie (drénowanie) puklinových a poruchových vôd vedľajšími viacpriepustnými horninami.

kde Z sú zrážky, O povrch je povrchový odtok a CS sú celkové straty (podzemný odtok, výpar a evapotranspirácia).

Pre praktické upotrebenie sa bilančná rovnica upravuje na tvar

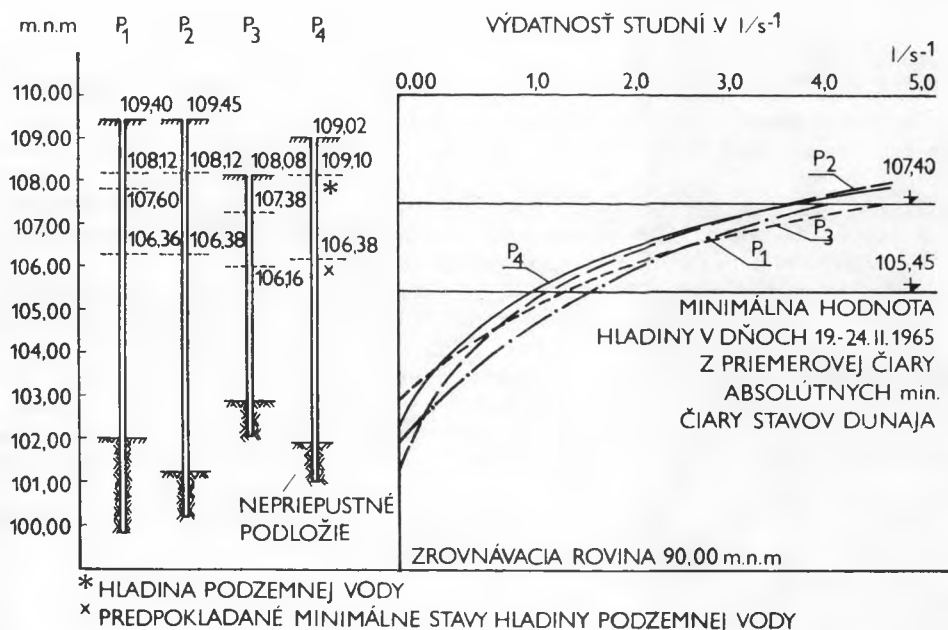
$$Z + P \text{ povrch} + P \text{ podz.} = O \text{ povrch} + V - R. \quad (9)$$

Jednotlivé hodnoty sú: Z zrážky, P povrch je prítok do nádrže povrchovými tokmi, O povrch odtok z nádrže povrchovými tokmi, V výpar, R retencia vyčíselná z poklesu hladín podzemných vôd v nádrži, $P_{\text{podz.}}$ značí priamy prestup z podzemných vôd do nádrže a $O_{\text{podz.}}$ je priamy prestup podzemných vôd z nádrže.

Na obraze 3 vidíme zmeny výdatnosti zdrojov podzemných vôd v dôsledku rozkolísanosti hladín podzemných vôd. Obdobné hydrologické a hydraulické vzťahy platia aj pri studniach blízko riek, ako vidieť na obr. 6.

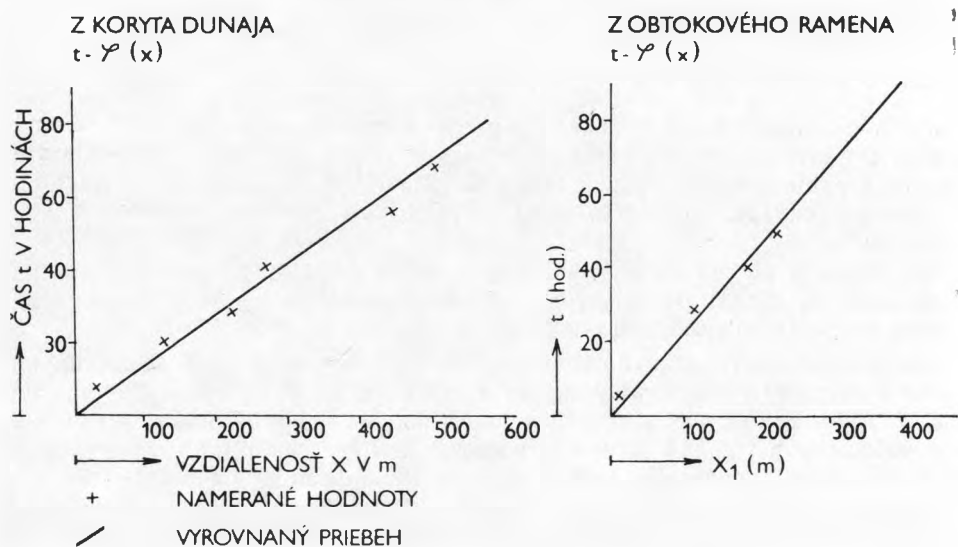
Hydraulické a kvantitatívne vzťahy medzi povrchovými tokmi a podzemnými vodami sa môžu vyjadriť aj pomocou regresívnej priamky, ako to vidíme na obr. 7. Autor tejto práce použil spomínanú metódu vyhodnocovania pri výskume podzemných vôd pre projekciu vodných diel na Dunaji, ako aj pre vodné dielo Wolfsthal (vodárenský ostrov Sihoť na Dunaji nad Bratislavou).

Uvedené metódy, podľa potreby rozšírené a dopĺňané autorom tejto práce, aplikovali sa aj pri určení zásob podzemných vôd jednotlivých hydrotypov na mape Podzemné vody SSR.



Obr. 6. Závislosť výdatnosti studní jedného areálu (Komárno) od stúpania hladiny vody v Dunaji.

DECEMBER 1962



Obr. 7. Časový vzťah medzi hladinou vody v rieke a podzemnou vodou na území ostrova. Regresná priamka.

ZÁVER

Regionálne geografické hodnotenie podzemných vôd vychádza metodicky z ich dynamiky a zásob. Výsledkom klasifikácie, spočívajúcej na týchto dvoch kritériách, je vymedzenie hydrotypov, ktoré v značnej miere korelujú s geokologickými typmi. Sú tu dve taxonomické úrovne: vyššia úroveň — sú to vody nížin, kotlín a brázd, vody pohorí a nižšia úroveň subtypov. Je to nový vedecký pohľad na podzemné vody SSR z hľadiska ich rozšírenia a potenciálneho zložky v systéme vzťahov prírodného prostredia.

Mapa *Podzemné vody SSR* má predovšetkým význam pre prax, najmä vodohospodárstvo, urbanistické plánovanie, pre tvorbu a ochranu životného prostredia. Po sumarizovaní všetkých dynamických zásob podzemných vôd podľa jednotlivých hydrotypov dostali sme hodnotu vyše $400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, z čoho sme vyseparovali i exploatačné zásoby v množstve $80\text{--}85 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Sú to zásoby vody, ktoré je možné vodohospodársky využiť. Doterajšie štúdie a hydrologické hodnotenie do r. 1975 uvažovali s využitím $45\text{--}50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ podzemných vôd [O. Dub 1963], v rokoch 1973—1976 autor tejto štúdie ich upresnil na $60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Najnovšie výsledky výskumu, podložené faktologickým materiálom, dovoľujú uvažovať o využití $80\text{--}85 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ podzemných vôd.

LITERATÚRA

1. ALTOVSKIJ, M. E.: Spravočnik gidrogeologa. Geoltechizdat, Moskva 1962. — 2.
- ALTOVSKIJ, M. E., KONOPLJANCEV, A. A.: Metodičeskoje rukovodstvo po izučeniju

režime podzemných vod. Gosgeoltechizdat, Moskva 1954. — 3. ARMAND, D. L.: Nauka o landšafte. Mysl, Moskva 1975. — 4. BŮHM, V.: Regionálna hydrogeológia Slovenska. Skriptum PFUK, Bratislava 1972. — 5. DEMEK, J.: Teorie a metodologie současné geografie. Studia geographica, 65, Brno 1978. — 6. DRDOŠ, J.: Metodika integrovaného výskumu krajiny. Acta geobiologica, 1, 2, Bratislava 1972. — 7. DUB, O.: Hydrológia, hydrografia, hydrometria, Bratislava 1963. — 8. DUB, O.: Všeobecná hydrológia Slovenska. Bratislava 1964. — 9. GALOKAY, M.: Určenie prítoku podzemných vôd do územia Žitného ostrova metódou vodnej bilancie. Vodohosp. Čas., 4, 4,2 Bratislava. — 10. KONOPLJANCEV, A. A., KOVALEVSKIJ, V. S.: O principoch izučeniija jestestvennogo režima gruntovych vod. Meteorologija i gidrologija, 6.

11. KONOPLJANCEV, A. A., SEMENOV, S. M.: Prognoz i kartirovanije režima gruntovych vod. Nedra, Moskva 1974. — 12. KRÍŽ, H.: Rajonizace podzemních vod na území ČSSR. In: SČSZ, 2, 1971. — 13. KUDELIN, B. I., FIDELLI, F. I.: Principy gidrologičeskogo rajonirovanija teritorii SSSR. Vestnik Moskovskogo universiteta, 1, Moskva 1966. — 14. KUDELIN, B. I., VEVIOROVSKAJA, M. A.: Niektoré výsledky štúdia vzájomných súvislostí spodných a povrchových vôd na riekach Ruskej roviny. Vodohosp. Čas., 2, Bratislava 1959. — 15. KULLMAN, E.: Krasové vody Slovenska a ich hydrogeologický výskum. Geol. práce, Správy, 32, GÜDŠ, Bratislava 1964. — 16. KULLMAN, E.: Špecifické odtoky podzemných vôd Západných Karpát a možnosti ich využitia pre riešenie základných hydrogeologických otázok. Sborník geologických věd řada HIG, 3, Praha 1965. — 17. KVITKOVIČ, J., LUKNIŠ, M., MAZÚR, E.: Geomorfológia a kvartér nížin Slovenska. Geogr. Čas., 8, 2—3, 1956. — 18. MAHEL, M.: Minerálne pramene Slovenska so zreteľom na geologickú stavbu. Práce Št. geol. ústavu, Bratislava 1952. — 19. MAHEL, M.: Regionálna geológia ČSSR, I, ČSAV, Praha 1966. — 20. MAZÚR, E.: Súčasné a výhľadové úlohy našej geografie. Geogr. Čas., 3, 1972.

21. MAZÚR, E., KRIPPEL, E., PORUBSKÝ, A., TARÁBEK, K.: Geoekologické (prírodné, krajinné) typy — mapa mierky 1:500 000, Atlas SSR, Bratislava 1980. — 22. MAZÚR, E.: Typologické členenie reliéfu — mapa mierky 1:500 000, Atlas SSR, Bratislava 1980. — 23. MAZÚR, E., KVITKOVIČ, J., ČINČURA, J.: Geomorfológia, mapa mierky 1:500 000, Atlas SSR, Bratislava 1980. — 24. MAZÚR, E., PORUBSKÝ, A., TARÁBEK, K.: Delimitácia krajiny podľa vodnej bilancie, mapa mierky 1:500 000, Atlas SSR, Bratislava 1980. — 25. MAZÚR, E., LUKNIŠ, M.: Regionálne geomorfologické členenie Slovenskej socialistickej republiky. Geogr. Čas., 2, Bratislava 1978. — 26. MUCHA, I. a kol.: Metódy hydrogeologického výskumu, I. PFUK, Bratislava 1974. — 27. NETOPIL, R.: K problému hydrogeologického rajónování území ČSSR podle režimu podzemních vod. Sborník Čs. spol. zeměpisné, 60, 1, Praha 1964. — 28. OVČINIKOV, A. M.: Hydrogeológia — základné problémy hydrogeológie a metódy hydrogeologického výskumu. Bratislava 1966. — 29. PACL, J.: Problematika vodných zdrojov v iných štátoch. In: Rozvoj fondu zdrojov vody SSR. Sympóziu, Bratislava 1979. — 30. PORUBSKÝ, A.: Podzemné vody neogénnych a kvartérnych usadenín na Slovensku. Geol. práce, Správy, 32.

31. PORUBSKÝ, A.: Vzorový výpočet zásob podzemných vôd. [Výskumná úloha ÚGÚ]. Praha 1966. — 32. PORUBSKÝ, A.: Prehľad o vodnom bohatstve Slovenska. Geogr. Čas., 21, 2, 1969. — 33. PORUBSKÝ, A.: Hydrografický región Žitného ostrova a potreba zákonnej ochrany jeho zásob podzemných vôd. Geogr. Čas., 22, 2, 1970. — 34. PORUBSKÝ, A.: Povodie Dunaja, Smerný vodohospodársky plán SSR. Bratislava 1976. — 35. PORUBSKÝ, A.: K regionalizácii vodného potenciálu na Slovensku (rukopis 1979). — 36. PORUBSKÝ, A.: Hydrogeografická regionalizácia podzemných vôd a ich bilancovanie (rukopis). Bratislava 1974. — 37. PORUBSKÝ, A., GAZDA, S., KNEŽEK, V., REPKA, T.: Velký Žitný ostrov, regionálny hydrogeologický prieskum. Správa IGHP, Bratislava 1971. — 38. SCHULTZ, G. A.: Ziehe und Methodik moderner wissenschaftlicher Hydrologie. DGM 1969. — 39. LUKNIŠ, M. a kol.: Slovensko — Príroda. Obzor, Bratislava 1972. — 40. ŠIMO, E.: Niekoľko poznámok k súčasnému stavu a perspektívam ďalšieho vývoja hydrológie. In: Teoretické problémy geografie. Acta geol. et geogr. Univ. Comeniana, séria Geographica, 3, Bratislava 1963.

41. VRBA, J.: Princípy hydrogeologického rajonování. Vodní hospodářství, 6, Praha 1965. — 42. ZAŤKO, M.: Režim podzemných vôd Slovenska. [Habilitationná práca.] Bratislava 1969. — 43. ZAŤKO, M.: K otázkam hodnotenia vyrovnanosti výdatnosti prameňov podzemnej vody na území Slovenska. Geogr. Čas., 4, 1969.

Антон Порубски

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ СЛОВАЦКОЙ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Одной, наверное, наиболее насущной среди современных народнохозяйственных проблем является проблема воды, несмотря на то, что о ней не говорится столько, сколько о нефти, угле, электричестве или уране. В профессиональных и научных кругах полностью оправданы серьезные констатации, говорящие о всемирном воднохозяйственном кризисе, который, однако, не появился вследствие уменьшения естественных запасов воды, но который возник в результате постоянно повышающегося потребления с одной стороны и, с другой стороны, из-за их обесценивания в результате антропогенных вмешательств в природную среду.

Содержанием этой статьи является научно-методический подход к гидрографической оценке типов подземных вод на территории Словацкой социалистической республики, в масштабе 1:500 000, в котором представлены в гидрографическом отношении качественные оценки наличия и размещения подземных вод на территории Словакии по гидрографическим единицам с разными типами воды, понимаемых в качестве гидротипов. При этом исходим из того, что вода как одна из субсистем природного или антропогенного пространства является и должна являться предметом подробных географических исследований несмотря на то, что существуют отдельные специальные науки, которые занимаются анализом наличия воды, но комплексным образом не синтезирующие ее экологические отношения или связи с остальными компонентами природной среды. За последние два десятка лет физическая география стала изучать подземные воды как динамический процесс циркуляции, включающий в себя гидросферу, атмосферу, литосферу, педосферу и биосферу, в котором вода играет роль энергетического регулятора и носителя материи.

После длительных полевых исследований и после сбора фактографического материала автор приступил к гидрографической и гидрогеологической оценке подземных вод ССР и к составлению карты подземных вод ССР в масштабе 1:500 000. Содержание карты методически основано на динамике подземных вод — на их динамическом компоненте. Результатом классификации, основывающейся на выше упомянутых двух критериях, является выделение гидротипов, коррелирующих в значительной степени с геоэкологическими типами. Различены два таксонометрических уровня: более высокий, представляющий собой подземные воды низменностей, подземные воды котловин и борозд и подземные воды гор — и более низкий уровень субтипов. Запасы подземной воды в горах переданы площадными знаками, а не точечными, причем с эксплуатационной точки зрения они связаны с исходными источниками и по окраинам с морфологическо-тектоническими зонами.

Таксономическое подразделение гидротипов:

1. Подземные воды низменностей

Пористые воды аккумуляционных равнин

1.1. Подземные воды прирусловых равнин и пойм

1.2. Подземные воды речных террас и конусов выноса

1.3. Подземные воды дюнных равнин

1.4. Капиллярно-пористые и капиллярные воды аккумуляционно-эрозионных холмистых местностей

2. Подземные воды котловин и борозд

2.1. Пористые воды пойм и низких террас

2.2. Пористые воды речных террас и террасных конусов выноса

2.3. Пористые воды морен

- 2.4. Трещинно-карстовые воды (котловинный карст)
- 2.5. Комбинированные воды котловин и борозд
3. Подземные воды гор
 - 3.1. Пористо-трещинные воды песчаных и конгломератных среднегорий
 - 3.2. Пористо-трещинные воды неовулканических гор
 - 3.3. Трещинные воды кристаллических гор
 - 3.4. Трещинно-слоистые и трещинные карстовые воды
 - 3.5. Комбинированные воды гидравлически соединенные (трещинно-пористые, трещинно-прожилые, трещинно-слоистые, трещинно-карстовые, рудничные)
 - 3.6. Карстовые воды
 - 3.7. Слоистые и слоисто-трещинные воды
 - 3.8. Трещинно-осыпно-моренные воды гляциальных гор

Каждый из этих типов выделен на карте цветом. В каждом гидротипе с помощью соответствующего раstra передана категория динамических запасов подземных вод в литрах в секунду на 1 кв.км.

Предметом типизации являются факторы генетические, динамические, морфологические и субстратные. Баланс воды основывается на всеобщем известном гидрологическом балансе. Карта имеет большое значение для научного познания гидрографии подземных вод. Ее значение для водно-хозяйственной практики состоит в познании размещения подземных вод. Большое значение она имеет также для планирования градостроения и для охраны и проблем восстановления окружающей среды.

Рис. 1. Статистическое определение эксплуатационного запаса подземной воды источников. 1 — модальный дебит, 2 — резерв общего динамического запаса подземной воды, 3 — резерв гарантируемого динамического запаса, 4 — переменный динамический запас подземной воды.

Рис. 2. Колебание уровня подземной воды в поймах.

R_h = колебание уровня от минимума по максимум — динамические запасы, St = статические запасы подземных вод.

Рис. 3. Влияние колебания уровня подземной воды на дебит источников.

R_h и St — то же самое что и на рис. 1, Q_{max} — максимальный дебит, Q_{str} — средний дебит, Q_{min} — минимальный дебит, Hl_{max} — максимальный уровень подземной воды, Hl_{str} — средний уровень подземной воды, Hl_{min} — минимальный уровень подземной воды.

Рис. 4. Динамический и статический запас подземной воды в горах (песчаники, конгломераты, пирокластиты, частично доломиты и перевевающиеся пески).

R_h = колебание уровня соответствует также колебанию Q (дебиту).

Рис. 5. Динамический и статический запас подземной воды в горах, в основе которых лежат граниты.

1 — динамический запас коры выветривания, 2 — динамический запас подземной воды переменный, зависящий от наличия трещин, тектонических нарушений и от гидравлического соединения, 3 — статический запас подземной воды под эрозионным основанием, 4 — отвод воды (дренажирование) трещинной и из нарушений при помощи соседних пропускаемых пород.

Рис. 6. Зависимость дебитов колодезей одной территории (Комарно) на поднятии уровня воды в Дунае.

Рис. 7. Отношение во времени между уровнем воды в реке и уровнем подземной воды на территории острова. Регрессионная прямая.

Перевод: Л. Правдова

GROUNDWATERS OF THE SLOVAK SOCIALIST REPUBLIC

In the present world national economic problems the water problem has the most significant bearing above the others, though it is not so much written about it as for instance about the oil, coal, electricity or uranium. In the professional and scientific circles it is spoken with justification about the world water economy crisis which, however, does not result from the decrease of natural water reserves, but from a constantly increasing demand for their greater and greater use on the one hand and their devaluation by anthropogeneous interventions in the environment on the other hand. From all waters directly the most important for man's life is the drinking water obtained from the upper part of the earth's crust.

The content of this work is the scientific methodic approach of the hydrographic evaluation of groundwater types of the territory of the Slovak Socialist Republic, on scale 1:500 000 which in the hydrographic conception represents the quantitative evaluation of the occurrence and extension of groundwaters in the territory of Slovakia in hydrographic units with various types of waters, indicated as hydrotopes. We start from the fact that water as one of the subsystems either of natural or anthropogeneous environment is and must be the object of a detailed geographic study even in spite of the fact that there are some specialized sciences which analytically deal with the research of water but do not synthesize complexly its ecological relations, or only in a smaller measure with the other components of the environment. During the recent two decades the physical geography has been studying the groundwaters within the dynamic process of their circulation comprising the hydrosphere, atmosphere, lithosphere, pedosphere and biosphere, where water plays the role of an energetic regulator and a bearer of substance.

After a long term investigation in the field and gathering of factitive material the author was able to approach the hydrographic and hydrogeologic evaluation of groundwaters of the SSR and preparing the map of groundwaters of the SSR. The map content starts methodically from the dynamics of groundwaters — from their dynamic component. The result of classification based on the two given criteria is the delineation of hydrotypes, which correlate considerably with the geoecologic types. There are two taxonomic levels: the upper level represents groundwaters of the plains, groundwaters of the basins and furrows and groundwaters of the mountain ranges and the lower level the subtypes. Groundwaters in the mountain ranges expressed in areas and not in points are exploitably related to spring emergences and in margins to morphologic and tectonic zones.

The taxonomic classification of hydrotypes is as follows:

1. Groundwaters of lowlands

Pore waters of accumulation flat grounds

1. 1. Groundwaters of river flat grounds and flood plains

1. 2. Groundwaters of river terraces and alluvium cones

1. 3. Groundwaters of dune flats

1. 4. Capillary-porous to capillary waters of accumulation-erosional hilly countries

2. Groundwaters of basins and furrows

2. 1. Porous waters of flood plains and low terraces

2. 2. Porous waters of river terraces and terrace cones

2. 3. Porous waters of morains

2. 4. Fissure-karst waters (hollow karst)

2. 5. Combined waters of hollows and furrows

3. Groundwaters of mountain ranges

3. 1. Porous-fissure waters of sandy and conglomerate middlemountains

- 3.2. Porous-fissure waters of neovolcanic mountain ranges
- 3.3. Fissure waters of crystalline mountain ranges
- 3.4. Fissure-bedded to fissure-karst waters
- 3.5. Combined waters hydraulically interconnected (fissureporous, fissure-vein, fissure-bedded, fissure-carstic, mine)
- 3.6. Karst waters
- 3.7. Bedded to fissure-bedded waters
- 3.8. Fissure-debris-morainic waters of glacial mountain ranges.

Each of the above mentioned types is expressed in colour in the map. In each hTOTYPE in appropriate raster is indicated the category of dynamic groundwater reserves per 1 km² in l.s⁻¹.

The object of typification are the genetic, dynamic, morphologic and substratum factors. Water balancing starts from the hydrologic balances generally known. The map is of a very great importance for the scientific knowledge of groundwater hydrography and its importance for the water management practice lies in the knowledge of groundwater distribution, then it is of a very great importance for urban planning and for the creation and protection of the environment.

Fig. 1. Statistical determination of spring exploitable groundwater reserves.

1 — modal yield, 2 — total dynamic reserve of groundwaters, 3 — reserve of guaranteed groundwaters, 4 — variable dynamic groundwater reserves.

Fig. 2. Groundwater fluctuation in the flood plains.

R_h = Minimum to maximum groundwater fluctuation — dynamic reserves,
 St = static groundwater reserves.

Fig. 3. Influence of groundwater fluctuation on the yield of water reserves.

R_h and St . as in Fig. 1. Q_{max} is the maximum yield, Q_{str} . the average yield, Q_{min} the minimum yield. Hl_{max} the highest (maximum) groundwater table, Hl_{str} . the average groundwater table and Hl_{min} the minimum — lowest groundwater table.

Fig. 4. Dynamic and static groundwater reserves in the mountain ranges (sandstones, conglomerates, pyroclastics, partially dolomites and blown sands).

R_h = groundwater fluctuations and represent also the Q fluctuation (yields).

Fig. 5. Dynamic and static groundwater reserves in the mountain ranges built by granitoids — mainly by granites.

1 — dynamic reserves of the weathering crust, 2 — variable groundwater reserves, dependent on the presence of fissures, tectonic deformations and their hydraulic interconnection, 3 — static groundwater reserves below the erosion basis, 4 — dewatering (drainage) of joint and deformation waters through adjacent multilayer rock mass.

Fig. 6. Well yield relationship of one area (Komárno) with the water level increase in the Danube.

Fig. 7. Time relationship between water level in the river and the groundwater table in the island area. Regression straight line.

Translated by E. Blého