

M. I. LVOVIČ

## O PREMENE ODTOKU RIEK STEPŇÝCH A LESOSTEPŇÝCH OBLASTÍ EUROPSKEJ ČASTI SSSR

Medzi opatreniami uskutočňovanými Stalinským plánom na premenu prírody, vedľa hydrotechnických stavieb na riekach Volge, Dnepri, Done a Amu-Darji dosiahly široké použitie agrotechnické a lesnícko-melioračné opatrenia. Tieto opatrenia majú veľký pozmeňujúci vplyv na hydrometeorologický režim poľnohospodárskych plôch a ich nevyhnutným dôsledkom je zmena hydrologického režimu riek.

Závislosť hydrologického režimu a vodohospodárskeho využitia riek od poľného a lesného hospodárstva ukázali vo svojich prácach A. I. Vojejkov, V. V. Dokučajev a V. R. Viljams.

Ako ukázaly výskumy posledných rokov, zmeny režimu riek sa dejú vplyvom poľného a lesného hospodárstva už dávno. V kapitalistických krajinách a najmä v USA sú dôsledkom bezohľadného vykorisťovania zeme a rúbania lesov povahy zápornej a prejavujú sa zvýšením povrchového odtoku, zväčšením erózie a zmenšením zásobovania spodných vôd. Dôsledkom toho všetkého je zväčšenie povodní a zmenšenie vodnosti riek v období malých vôd, keď je voda veľmi cenná.

Plánovité pôsobenie na hydrologický režim dosahujúce sa opatreniami socialistického poľnohospodárstva a lesného hospodárstva v SSSR je podstatne odlišné. Medzi týmito opatreniami sú najdôležitejšie agrotechnické a leso-melioračné opatrenia v stepných a lesostepných oblastiach eurupskej časti SSSR.

Zvýšením infiltračnej schopnosti pôdy polí s trávopoľným osevným postupom a lesných porastov nastáva zmenšenie povrchového odtoku a preto aj zmenšenie povodní na riekach. Voda zadržaná pôdou na poliach a v lesných porastoch sa spotrebuje rastlinami, čo je jedným z prostriedkov zvýšenia úrodnosti, čiastočne zásobuje podzemné vody a zvyšuje odtoky v období malých vôd. Dôsledkom sníženého obsahu

jarných rozvodnení a dažďových povodní sa snižuje ročný odtok a nastáva vyrovnanie ročného rozdelenia odtokov.

Zásadné zmeny hydrologického režimu riek nastávajú v dôsledku premeňujúceho agrotechnického a leso-melioračného pôsobenia na pôdu. Nový spôsob orby s predradličkou, podmietka strniska, jesenná hlboká orba, trávopoľné oševné postupy a druhé agrotechnické opatrenia menia od základu vodné a fyzikálne vlastnosti pôdy. Táto sa stáva drobtovitou a nadobúda vysoké infiltračné vlastnosti, a to nie iba v lete, ale aj v období jarného topenia snehu. Ani v premrznutom stave nestráca štruktúrna pôda svoju značnú schopnosť prijímať vodu.

Takéto vlastnosti štruktúrnej pôdy rýchle pôsobia rýchle zmenšovanie povrchového odtoku.

Celkom iné vlastnosti majú pôdy neštruktúrne, alebo slabo štruktúrne. Ich infiltračná schopnosť je malá. V dobe dažďov a topení sa na povrchu ľahko zailujú, čím sa ich infiltračná schopnosť ešte snižuje. Neštruktúrna pôda na jeseň navlhnutá sa pri premrznutí stáva prakticky nepriepustnou. Za týchto podmienok sa pri zimných odmáčkoch a jarných topeniach snehu tvorí často ľadová kôra, ktorá snižuje ešte viac vsakovanie vody do pôdy a zväčšuje povrchový odtok.

Riad opatrení, uskutočnených v rokoch stalinských päťročnic, sledujúcich zvýšenie produktivity poľnohospodárstva SSSR, priniesol už svoje kladné výsledky pri regulovaní vodného režimu. Poľnohospodárske polia v oblastiach s nedostatočnou vlhkosťou získali viac vody, čo bolo jedným z činiteľov zvýšenia úrodnosti. Súčasne sa zmenšili povodne na riekach a zvýšil sa odtok za malých vôd. Ešte väčšie zmeny vodného režimu nastanú po uskutočnení agrotechnických a leso-melioračných opatrení plánovaných výnosom ministerskej rady SSSR a ÚV VKS(b) z 20. októbra 1948 „O pláne ochranných lesných pásov, trávopoľných oševných postupov, vybudovania rybníkov a nádrží na zaistenie vysokých a stálych výnosov v stepných a lesostepných oblastiach európskej časti SSSR.“

Uskutočnením tohto plánu, ktorý predstavuje grandiózny program zvýšenia produktivity socialistického hospodárstva, sa dosiahne úplná premena hydrometeorologického režimu na poľnohospodárskych plochách. Vysoká agrotechnika a trávopoľné oševné postupy zvýšia infiltračné vlastnosti pôd, v dôsledku čoho nastane značné zmenšovanie povrchového odtoku. Výpočty a výskumné pokusy (Budyko, Drozdov,

Lvovič a i. 1952, Drozdov 1950, Konstantinov 1952, Lvovič 1952) ukazujú, že na účet zadržiavania povrchového odtoku, istého zvýšenia atmosferických srážok a zadržiavania snehu, sa zvýši množstvo vody, ktoré prechádza do pôdy poľnohospodárskych plôch. Tomu takmer odpovedá zvýšenie všeobecnej (celkovej) spotreby vody na výpar, pričom nastane rýchly vzrast produktívneho výparu (úhrnnej transpirácie) a sníženie neproduktívneho výparu. Na medzipásových poliach sa sníži výparnosť, t. j. potenciálne možnosti výparu. Dôsledok toho bude sníženie koeficientov transpirácie, avšak rýchly vzrast úrodnosti zastreí túto úsporu. Silný rast kultúr (práve také rastliny dávajú vysokú úrodu) spotrebuje väčšie množstvo vody ako slabý (Timiriazev 1948). V. R. Viljams (1947) ukazuje, že na zalesnených svahoch, vďaka zvýšenej vlhkosti pôdy v suchých oblastiach, nevyhnutne sa zvyšuje spotreba vody na výpar.

Potenciálne možnosti zvýšenia výparu sú charakterizované rozdielom medzi výparnosťou a skutočným výparom z pôdy. Tento rozdiel sa pohybuje od 200 mm na severozápadnej hranici územia, zahrnutého do opatrení Stalinského plánu premeny prírody, až do 1000 mm na juhovýchode. V centrálnych oblastiach táto hodnota dosahuje 400—500 mm, čiže výpar by sa mohol pri jestvovaní prameňa dodatkového zavlaženia pôdy v centrálnych oblastiach zvýšiť viac ako dvojnásobne a na juhovýchode štyri razy. Prízemná vrstva vzduchu by také množstvo vlhky mohla prijať. Na zavlažovaných poliach juhovýchodu, kde sa dodáva k prirodzenej vlhke umelou závlahou 300—400 mm vody za vegetačné obdobie, vyparí sa takmer všetka voda a len jej časť ide na zásobenie spodných vôd.

Vplyvom lesného porastu, v dôsledku zmenšenia rýchlosti vetra a turbulentnej výmeny, snížia sa potenciálne možnosti výparu (výparnosť) asi o 20%, no aj pri týchto podmienkach medzi výparnosťou a skutočným výparom zostane ešte veľmi značný rozdiel. V lesom obkľúčených poliach robí tento rozdiel v lesostepi 150—300 mm a v stepných oblastiach až 800—900 mm. Ak počítame, že zvýšenie výparu na účet vzrastu srážok a zadržiavania povrchového odtoku robí v stepných a lesostepných oblastiach 30—60 mm, tu sa jasne ukazuje, že ochranné pôsobenie lesných pásov má podstatný vplyv na sníženie výparnosti, pričom však samotný výpar vzrastie. Očakávané zvýšenie výparu robí tak iba 10—20% potenciálnych možností zvýšenia výparu v pomeroch medzipásových polí. Na zavlažovaných medzipásových po-

liach juhovýchodu, keď sa výpar zväčší o 300—400 mm, súčet výparu nedostúpi vždy ešte možnú medzu výparnosti.

Z uvedeného vidno, že sa môže ešte viac zvýšiť výpar aj vtedy, keď je pole obklúčené lesom, súdiac podľa stavu prizemnej vrstvy vzduchu. Musíme sa však usilovať, aby sa zvyšovala pomocou agro-techniky užitočná, produktívna časť výparu. Všeobecne povieme, že je s národohospodárskeho hľadiska výhodné, aby sa spotrebovalo čo možno veľké množstvo vody na produktívny výpar, tým sa zúčastnilo na tvorení rastlinnej hmoty a zaistilo vysoké a stále úrody.

Čo sme povedali, potvrdily výpočty očakávaných zmien výparu z polí, ktoré odpovedajú podmienkam centrálnych čiernozemných oblastí (Lvovič 1950). Tieto výpočty, založené na dosť rozsiahlom pozorovacím materiáli, ukazujú (tab. č. 1.), že úhrnná spotreba vody na výpar sa zväčší približne z 340 na 395 mm, pričom vzrastie spotreba vody na transpiráciu o 122 mm a zmenší sa neproduktívny výpar bezprostredne s povrchu pôdy o 66 mm. Pritom klesne v priemere koeficient transpirácie (pre rozličné kultúry) zo 480 na 375.

Tabuľka 1.

|   | Výpar za rok v mm         |                               |                                  | % produkt. výparu |
|---|---------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|
|   | Celková spotreba na výpar | Z toho na                     |                                  |                   |
|   |                           | transpiráciu (produkt. výpar) | výpar z pôdy (neprodukt. výpar.) |                   |
| Výpar z polí trávopojných osevných postupov, chránených lesnými pásmi | 395                       | 236                           | 159                              | 60                |
| Výpar z polí v otvorenej stepi  | 339                       | 114                           | 225                              | 34                |
|   | +56                       | +122                          | -66                              | +26               |

Tento výpočet potvrdzujú pozorovania výparu, vykonané Štátnym hydrologickým ústavom v Kamennej stepi v medzipásových poliach Poľnohospodárskeho inštitútu V. V. Dukučajeva a na otvorených poliach kolchozu v otvorenej stepi, ktoré sú ináč v rovnakých pomeroch.

Pre pozorovanie výparu bola použitá prvýkrát v Kamennej stepi pre tento účel vypracovaná metóda, ktorá dovoľuje s dostatočnou presnosťou k praktickým cieľom ohodnotiť užitočný a neužitočný podiel polí na výpare.

Hodnoty v tab. č. 2. ukazujú, že výpar z pšeničného poľa, chráne-

ného lesnými pásmi, bol za vegetačného obdobia v r. 1950 o 44 mm väčší a z ovosného poľa v r. 1951 o 15 mm väčší ako z otvorenej stepi. Približne o tieto isté hodnoty bol menší povrchový odtok uprostred lesných pásov ako v otvorenej stepi. Zvýšenie výparu v medzipásových poliach nastalo na účet zadržaného povrchového odtoku.

Veľmi dôležité je zvýšenie produktívneho výparu o 25—53 mm, t. j. o 20—40%. Úroda na medzipásových poliach bola oveľa vyššia ako na kolchozných poliach v otvorenej stepi.

Uvedené jasne ukazuje všeobecnú tendenciu zmeny výparu vplyvom zavedenia trávopoľnej sústavy v poľnohospodárstve. Výpar vzrastie, pričom zvýšenie úhrnnej spotreby vody na výpar z poľa sa deje na účet doplnkovej závlahy pôdy, ktorá, čo sa jej týka, je výsledkom zadržania povrchového odtoku a zmenšenia rozvodnenia riek. Zmenšením málo využitej povodňovej časti riečného odtoku dosiahneme doplnkovú závlahu polí a tým zvýšenie úrodnosti.

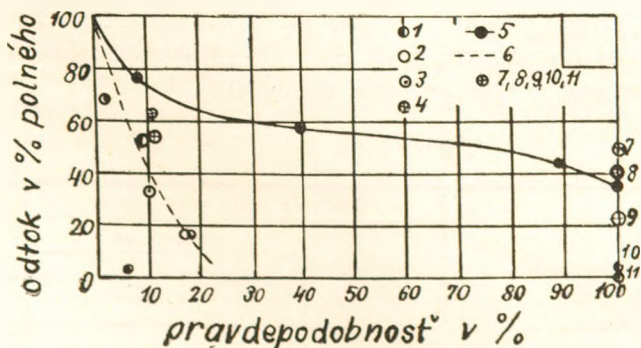
T a b u l k a 2.

|  | Výpar za veget. obd. v mm |                              |                                | % produkt. výparu |
|--|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|
|  | Úhrnný výpar              | z toho na                    |                                |                   |
|  |                           | transpiráciu (produkt. výp.) | výpar z pôdy (neprodukt. výp.) |                   |
| Polia osiate pšenicom (r. 1950)            |                           |                              |                                |                   |
| Pole Poľnohosp. inšt. uprostred les. pásov | 217                       | 137                          | 80                             | 63                |
| Pole kolchozu „Vysokij“                    | 173                       | 84                           | 89                             | 48                |
| Rozdiel                                    | +44                       | +53                          | -9                             | +15               |
| Polia osiate ovsom (r. 1951)               |                           |                              |                                |                   |
| Pole Poľnohosp. inšt.                      | 185                       | 121                          | 64                             | 65                |
| Kolchozné pole                             | 170                       | 96                           | 74                             | 56                |
| Rozdiel                                    | +15                       | +25                          | -10                            | +9                |

Veľký vplyv na odtok vykazujú ochranné lesné porasty. Početné pozorovania ukazujú, že v stepných a lesostepných oblastiach na zalesnenom území s dobre vytvorenou lesnou pôdou a podstielkou prakticky nenastane povrchový odtok. Pri neúplnom zalesnení územia veľmi závisí zadržujúce pôsobenie lesného porastu od jeho rozmiestenia vzhľadom na reliéf. Najúčinnějšíe čo do zadržovania sú lesné pásy rozmiestené naprieč sklonu podľa vrstevnic.

Výskum schopnosti lesných porastov zadržiavať vodu (Basov 1948, 1949, Lvovič 1950, Rudkovskij 1948, Charitonov 1950) ukazuje, že lesné porasty na spôsob pruhov, rozmiestené naprieč svahom, sú schopné zadržať veľké množstvo vody, stekajúcej v dobe topenia snehu alebo dažďov s vyššie ležiacich poľných svahov.

Obr. č. 1. dáva predstavu o zadržiavajúcom účinku umelého lesného porastu v porovnaní s prirodzeným lesom. Systém pravidelného rozmiestenia ochranných lesných pásov, ktoré pokrývajú menej ako 10% územia, znižuje v lesostepi povrchový odtok riek viac ako na polovicu; pri ploche zalesnenia 15—20% možno takmer úplne prerušiť povrchový odtok. Pri náhodnom rozložení lesa môže sa taký účinok sotva dosiahnuť pri zalesnenej ploche do 70—80%.



Obr. č. 1. Zmenšenie povrchového odtoku v závislosti od zalesnenej plochy 1. povodia v Kamenej stepi, 2. v Mochovskej stanici, 3. polia v Kamenej stepi, 4. polia v Mochovskej stanici, 5. čiara pre Istrinskú stanicu, Moskovská oblasť, 6. približná křivka pre pravidelný systém ochranných lesných pásov, 7. Tosno (okr. Leningrad), 8. Valdaj, 9. Gorki (BSSR), 10. Pridesňanská stanica (Černigovská obl.), 11. Šípov les a Mochovská stanica.

Ochranné lesné pásy nie sú teda iba obnovenie lesov a zvýšenie percenta lesnej plochy, ale také opatrenia, ktorých výsledkom vzniknú lesy zvláštneho druhu. Táto ich vlastnosť, vďaka ktorej malé lesné plochy regulujú hydrometeorologický režim na veľkých plochách sa dosiahne cieľavedomým, plánovitým rozmiestnením lesných porastov po území.

Z toho vyplýva, že pozorovanie vodu zadržiavajúceho účinku náhodne rozmiestnených lesov nedáva priamu predstavu o účinnosti lesných porastov, zasadených v rámci opatrení trávopoľného systému v poľnohospodárstve. Z toho dôvodu pozorovania odtoku z lesných plôch vykonané v odtokových stanicách dávajú vo väčšine prípadov zmenšené

predstavy o hydrologickej účinnosti uskutočňujúceho sa systému ochranných lesných pásov.

Na základe jestvujúcich, i keď dosiaľ zriedkavých pozorovaní vodu zadržujúceho účinku lesných pásov v riečnych povodiach a na špeciálnych odtokových plochách v Kamenej stepi, v Mochovskej stanici a na Pridesňanskej odtokovej stanici, bol odvodený tento približný vzťah.

$$\lg Z = 3,7 \left( 1 - \frac{\sqrt{i}}{B} \right),$$

pričom  $Z$  je množstvo vody, zadržané pôdou vzrastených lesných porastov v  $m^3/ha$ ,  $i$  je sklon v hraniciach lesného pásu v stupňoch,  $B$  je šírka lesného pásu v m. Táto rovnica zodpovedá podmienkam lesostepi. V stepných oblastiach možno odhadovať, že množstvo vody zadržané jedným ha lesného porastu, je asi o 20—30% menšie.

Zadržaním povrchového odtoku a doplnkovou závlahou polí nevzrastie iba úhrnný výpar. Zväčšuje sa tiež zásobovanie spodných vôd a teda aj zásobovanie riek spodnými vodami. Z toho vyplýva, že vzrastú prietoky v riekach v období malých vôd, keď má odtok najväčšiu národohospodársku cenu.

Je to veľmi dôležitý a výhodný dôsledok sústavy opatrení Stalinského plánu premeny prírody.

Odhad, o koľko možno čakať, že sa zvýši zásobenie riek spodnými vodami v dôsledku uskutočnených opatrení v stepných a lesostepných oblastiach, je jednou z najsložitějších otázok. No rovnako sa nám zdá, že už môžeme pristúpiť k správne mu riešeniu tejto otázky a predbežne ohodnotiť rozsah možného zvýšenia odtoku spodných vôd do riek.

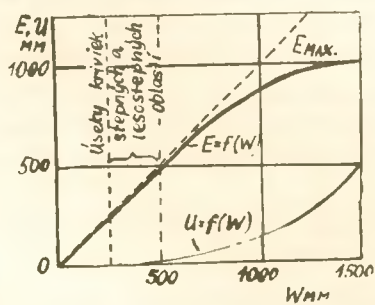
Z rovnice vodnej bilancie vidíme, že atmosferické srážky ( $P$ ) sa rozdeľujú na povrchový odtok ( $S$ ), výpar ( $E$ ) a zásobenie spodných vôd ( $U$ ):

$$P = S + E + U.$$

Ak odpočítame od srážok povrchový odtok, dostaneme celkové zavlaženie pôdy ( $W$ ), ktoré samé charakterizuje celkové množstvo vody zadržané pôdou. Spotreba úhrnného zavlaženia pôdy sa skladá z dvoch častí, a to výparu a priesaku na zásobenie spodných vôd, t. j.  $W = E + U$ . Pre odhad zmien riečného odtoku nás nezaujímajú celé množstvo vody, spotrebované na zásobenie spodných vôd, ale tá časť, ktorá sa zúčastní na zásobení riek. V hraniciach veľkých území, od-

vodňovaných riečnou sieťou, sú hodnoty príspevkov spodným vodám a spodných vôd riekam vo všeobecnosti dosť blízke. Rozdiel je len ten, že časť spodných vôd nevteká do riek a odteká za hranicu uvažovaného územia. K riešeniu danej úlohy (o pravdepodobnom zvýšení podzemného odtoku do riek) netreba počítať tú časť podzemného odtoku, ktorá sa nezúčastní na zásobovaní riek.

Vďaka jestvujúcemu vzťahu medzi zásobením spodných vôd a zásobením riek možno z údajov o odtokoch riek hodnotiť rozsah zásobenia spodných vôd a teda aj hodnotu príspevku spodných vôd riekam. Na to slúži približný spôsob určenia pôvodu prietokov v rieke rozčlenením čiary prietokov.



Obr. č. 2. Schematická závislosť výparu (E) a zásobenia podzemných vôd (U) od celkovej závlahy pôdy (W).

Keď určíme pre súčasný stav povodia rieky hodnoty troch členov už uvedenej rovnice ( $W = U + E$ ), môžeme určiť závislosť podzemného zásobenia riek aj výparu od úhrnného zavlaženia pôdy. Taký schematický vzťah je uvedený na obr. č. 2.

Schéma ukazuje, že pri malých hodnotách celkového zavlaženia pôdy spotrebuje sa takmer všetka voda v pôde na výpar a preto je zásobenie podzemných vôd ako aj riek podzemnými vodami celkom malé. So zväčšením celkového zavlaženia pôdy rastú obidve složky, výpar aj zásobenie podzemných vôd, pričom v stepnom a lesostepnom prostredí rastie výpar rýchlejšie ako zásobenie podzemných vôd. Pri veľmi značných hodnotách úhrnného zavlaženia pôdy nad 1000 mm prevyšuje zväčšenie podzemných zásob už rast výparu. To sa vysvetlí tým, že pri takom veľkom celkovom zavlažení pôdy sa výpar približuje výparnosti, ktorá je medzou možného vyparenia ( $E_{max}$ ). Pri ďalšom zvyšovaní vlhkosti pôdy nemôže už výpar rásť, lebo dosahuje svoju hranicu. Vzduch už nemôže prijímať ďalšiu vlahu; preto všetka voda, ktorá nad to ovlažuje pôdu, musí prejsť na zásobenie riek.



Jednako treba podčiarknuť, že takýto vzťah medzi výparom a zásobením podzemných vôd je možný len pri ročných hodnotách celkového zavláženia pôdy nad 1000 mm, čo nie je možné v stepných a lesostepných oblastiach.

V tab. č. 3 sú uvedené hodnoty celkovej vlahy pôdy, výparu a zásobenia podzemných vôd pre niekoľko typických riečnych povodií stepných a lesostepných oblastí európskej časti SSSR.

T a b u l k a 3.

| Rieka        | Miesto      | mm                     |           |                         | Celkový koef. zásob. podzem. vôd (K <sub>u</sub> ) |
|--------------|-------------|------------------------|-----------|-------------------------|--|
|              |             | Celková zavlaha pôdy W | Výpar (E) | Zásobenie podz. vôd (U) |  |
| Desna        | Černigov    | 510                    | 475       | 35                      | 0,069  |
| Psiol        | Zapsioľje   | 473                    | 460       | 13                      | 0,028  |
| Samara/prit. |             |                        |           |                         |  |
| Dnepr        | Svobodnoje  | 420                    | 415       | 5                       | 0,011  |
| Don          | Kalač       | 384                    | 357       | 27                      | 0,072  |
| Medvedica    | Arčedinskij | 342                    | 325       | 17                      | 0,050  |
| Sev. Donec   | Lisičansk   | 426                    | 415       | 11                      | 0,026  |
| Vel. Uzeň    | Novouzensk  | 252                    | 250       | 2                       | 0,008  |

Ak celkovú vlahu pôdy považujeme za jednotku, potom zásobovanie riek podzemnými vodami v stepných a lesostepných oblastiach sa pohybuje od niekoľko tisícín do sedem stotín tejto jednotky. Táto charakteristika podmienok podzemného zásobenia riek sa nazýva všeobecným koeficientom zásobenia podzemných vôd  $K_u = \frac{U}{W}$ . Výpar môžeme vyjadriť podobne všeobecným koeficientom výparu  $K = \frac{E}{W}$  pričom  $K_u = 1 - K$ .

Výpočty ukazujú, že na účet zadržiavania povrchového odtoku a zväčšenia atmosferických srážok celková vlaha pôdy v povodiach väčšej časti riek stepnej a lesostepnej zóny sa zvýši o 40–60 mm.

Možno predpokladať, že táto voda, ktorá dopĺňa vlahu pôdy, sa rozdeľuje na výpar a podzemné zásobenie riek v pomere odpovedajúcich všeobecných koeficientov podzemného zásobenia a výparu. Napr. pre povodie rieky Don po mesto Kalač dá sa očakávať zvýšenie celkovej vlahy pôdy o niečo viac ako 60 mm. Pri všeobecnom koeficiente podzemného zásobenia 0,072 robí zvýšenie podzemného odtoku 4–5 mm. Výpar vzrastie primerane k tomu približne o 55 mm. Absolútny prírastok podzemného odtoku nie je veľký, ale v pomere k celkovému

prítoku podzemných vôd do rieky je rozhodne značný, ako vidíme, pri niektorých riekach dosahuje 30%. To značí odpovedajúce zväčšenie vodnosti v dobe malých vôd, keď voda je najväčšia národohospodárska hodnota.

Niektorí autori vyslovujú predpoklad, že všetka voda zadržaná na poli, bude spotrebovaná na doplnenie spodných vôd. Tieto predpoklady nepočítajú s tým, že voda dodatočne zavlažujúca pôdu nemôže prejsť prosto cez vrstvy zemín od povrchu po hladinu spodných vôd bez toho, že by sa nezadržala v pôde. Zjav okamžitého prenikania vody vrstvou zemín je možný len v tých prípadoch, keď vlaha vrstvy s aktívnou výmenou vody je väčšia ako maximálna molekulárna vodná kapacita a blíži sa absolútnej kapacite.

Taká vysoká vlaha zemín v celej vrstve s aktívnou výmenou vody nie je možná v stepných a lesostepných oblastiach.

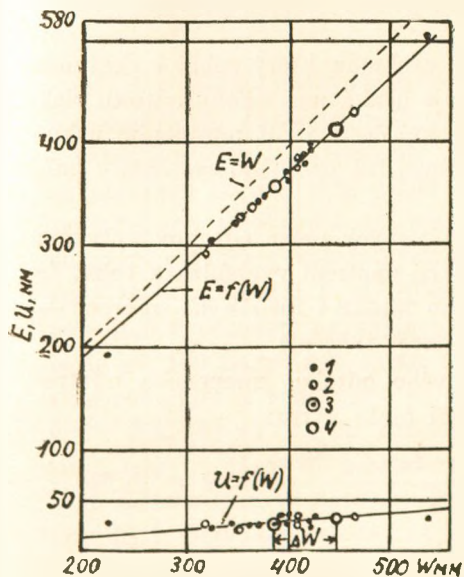
Iba v silno zabahnených polohách, prakticky na severe, môže sa spotrebovať z väčšej časti dodatočné zavlaženie pôdy na dodatočné zásobenie spodných vôd. V podmienkach stepí a lesostepí spotrebuje sa voda z väčšej časti na výpar a z menšej časti na zásobenie spodných vôd. Predpoklad o úplnej spotrebe vody z dodatočnej závlahy pôdy na doplnenie zásobenia riek spodnými vodami nepočíta tiež s tým, že vplyv výparu na spotrebu pôdnej vlahy a najmä na transpiráciu rastlín s hlboko prenikajúcim koreňovým systémom, nepreruší sa zväčšením celkovej vlahy pôdy. Práve na účet dodatočného zavlaženia pôdy poľnohospodárske plochy dostanú doplnkovú vlahu, potrebnú spoločne s inými prostriedkami na zaistenie vysokých a stálych úrod.

Analýza zásobenia spodných vôd a riek spodnými vodami s uvážením vzájomného pôsobenia podzemných vôd a riečného odtoku s výparom ukazuje, že voda dodatočne zavlažujúca pôdu (zadržaná v pôde) nie je iba ziskom spodných vôd, ale aj vo väčšej časti ziskom poľných kultúr a lesných porastov, ktoré ju spotrebujú na transpiráciu. Predbežne možno počítať dosť odôvodnene, že celkový koeficient zásobenia spodných vôd ( $K_n$ ) a celkový koeficient výparu ( $K_E$ ) sa podstatne nemenia. Koeficienty  $K_n$  a  $K_E$  sú základnými koeficientmi závislosti výparu a podzemného zásobenia od celkovej závlahy pôdy. Ak ich považujeme za stále, pripúšťame tým priamočiaru povahu týchto závislostí v medziach toho zvýšenia celkového zavlaženia pôdy, ktoré sa očakáva.

Správnosť takého predpokladu možno ilustrovať závislosťou ročného

výparu a podzemného zásobenia od celkového zavlaženia pôdy v povodí Dona po mesto Kalač (obr. č. 3).

V závislosti znázornenej na obr. č. 3 ročný výpar, ktorý sme dostali rozdielom medzi celkovým zavlažením pôdy a zásobením spodných



Obr. č. 3. Závislosť výparu (E) a podzemného zásobovania rieky (U) od celkovej závlahy pôdy (W) pre rieku Don pri meste Kalač.

1. jednoročné body, 2. dvojročné priemery, 3. priemery za 66 rokov, 4. očakávaný priemer,  $\Delta W$  očakávané celkové zvýšenie vlahy pôdy.

dôvodu treba uvážiť systematické zmeny vodného režimu riek, ktoré nastanú pôsobením agrotechnických a lesomelioračných opatrení pri praxi hydrologických, vodohospodárskych výpočtov a projektov.

Tie predpoklady riešenia praktických úloh hydrologie, ktoré uvažujú výsledky viacročných pozorovaní ako štatistické rady s náhodným rozdelením, alebo ináč hovorené, ktoré vychádzajú z predpokladu stability, nemennosti zákonov závislostí hydrologických javov s fyzikálno-geografickými činiteľmi, v tomto čase sa nemôžu už považovať za prípustné.

vôd, odlišuje sa od skutočného o hodnotu regulujúcej schopnosti povodia rieky. Táto hodnota, ako vyplýva z povahy závislosti, je iste nevelká, najmä pri hodnotách získaných ako priemer dvoch susedných rokov. Táto závislosť ukazuje, že v medziach celkového zavlaženia pôdy od 200—300 mm do 500—550 mm, t. j. v rozsahu obrazca asi do 300 mm, je závislosť zásobenia riek spodnými vodami a výparu od celkovej závlahy pôdy priamočiara. Tým skôr môžeme považovať za priamočiaru závislosť v medziach očakávateľného zvýšenia celkovej vlahy pôdy pre povodie Dona, ktoré je asi 60 mm.

Uvedené ukazuje, že zmena ročného odtoku vplyvom uskutočnených opatrení trávopoľného systému v poľnohospodárstve bude celkom podstatná. Z toho

V súvislosti s tým jednou z hlavných úloh súčasnej hydrologie je, ak uvažujeme veľkolepý rozvoj hydrotechnického stavebníctva tak na veľkých ako na malých riekach, uváženie tých zmien hydrologického režimu, ktoré nastaly už v minulosti a ktoré sa dajú očakávať pôsobením agrotechnických a leso-melioračných opatrení Stalinského plánu premeny prírody.

Ďalej sú uvedené niektoré výsledky výskumu, ktorý robili v Štátnom hydrologickom ústave. Výskum ukazuje očakávané zmeny odtoku riek stepných a lesostepných oblastí európskej časti SSSR pôsobením uskutočňujúceho sa komplexu opatrení v rámci trávopojného systému v poľnohospodárstve.

Metodika približných výpočtov očakávaných zmien odtokov vplyvom poľnohospodárskych a leso-melioračných opatrení vychádza z toho, že zmena sú podrobené dve složky riečného odtoku v rozličných smeroch — povrchový odtok sa znižuje, podzemný zväčšuje.

Pre výpočet očakávaného povrchového odtoku, zmeneného opatreniami plánu na premenu prírody, slúži tento výraz:

$$S' = \frac{F_H S + F_T S_T - f_B (Z - S)}{F} - V + \Delta S_g,$$

kde  $S'$  = očakávaný priemerný odtok,

$S$  = súčasný povrchový odtok (dlhodobý priemer),

$S_T$  = očakávaný povrchový odtok s polí trávopojnej sústavy,

$Z$  = množstvo vody zachytené lesným porastom,

$V$  = množstvo vody potrebné na naplnenie rybníkov,

$S_g$  = zvýšenie povrchového odtoku na účet očakávaného zväčšenia atmosferických srážok,

$F$  = plocha povodia,

$F_H$  = plocha neoraných pozemkov,

$F_T$  = plocha oráčiny,

$f_B$  = plocha ochranných lesných porastov (všetky hodnoty odtoku v mm, plochy v km<sup>2</sup>).

Pre výpočet očakávaného zásobenia riek spodnými vodami ( $U'$ ) sa používa výraz

$$U' = U + K \Delta W,$$

kde  $U$  je hodnota súčasného zásobenia riek spodnými vodami (dlhodobý priemer),

$\Delta W$  zvýšenie celkovej vlhky pôdy ( $\Delta W = \Delta S + \Delta P$ , kde  $\Delta S$  je sníženie povrchového odtoku a  $\Delta P$  zvýšenie atmosferických srážok),  $K_u$  všeobecný koeficient zásobenia podzemných vôd ( $K_u = \frac{u}{w}$ , kde  $W$  je súčasné celkové zavlaženie pôdy).

Výpočet podľa tohto vzorca sa vykoná oddelene pre jar a iné časti roka.

Odtok s polí s trávopoľným osevným postupom sa berie o 10% menší ako súčasny. Základom boli výsledky pozorovania v Kamennej stepi. V skutočnosti je zmenšenie asi väčšie. Množstvo vody, zadržané lesnými pásmami regulujúcimi odtok ( $Z$ ) sa určí podľa uvedeného empirického vzorca. Očakávané zvýšenie srážok sa odhaduje na základe približných výpočtov, vykonaných v hydrometeorologickej službe (Budyko, Drozdov, Lvovič a iní, 1952; Konstantinov 1952). Množstvo vody potrebné v priemere na naplnenie jedného rybníka alebo vodojemu sa berie asi 100 tis.m<sup>3</sup>/rok. Údaje o plochách lesných porastov a o množstve rybníkov a vodojemov sa určily z výnosu Rady ministrov SSSR a ÚV VKS(b) zo dňa 20. októbra 1948. Pritom sa uvažuje priemerná šírka lesných pásov 25 m; sklony, potrebné pre určenie vodu zadržujúceho účinku lesných porastov boli vzaté z určení vykonaných v Štátnom hydrologickom ústave.

Z úhrnnej plochy plánovanej lesnej výsadby sa uvažovalo asi 70% ako pôsobiacich na regulovanie odtoku. Podľa jednotlivých oblastí vodoregulačné lesné výsadby sa pohybujú v medziach od 40 do 85%.

Výsledky približných výpočtov očakávaných zmien odtoku niekoľkých riek európskej časti SSSR a celého územia stepných a lesostepných oblastí sú uvedené v tab. č. 4. Opatrná varianta výpočtov podáva zmenšenie povrchového odtoku (povodní) v porovnaní s dlhodobým priemerom v oblastiach lesostepných až o 20—30%, v stepných oblastiach o 40—50%. Takmer rovnako sa zmenšia maximálne prietoky jarných povodní na stredných a veľkých riekach v priemere vodných rokoch. Zvýšenie zásobovania riek spodnými vodami (letné malé vody) dosahuje 20—30% v lesostepi a 10—20% v stepi. Zmenšenie úhrnného ročného odtoku riek, nevysychajúcich v lete ani v zime, možno čakať vo väčšine prípadov v medziach 15—20% v lesostepi, 30—40% v stepných oblastiach.

Pri jednotlivých riekach, ktorých povodie nie je pojaté celé do plánu premeny prírody, bude zmena odtoku menšia.

Tabuľka 4.

| Rieka   | Miesto               | Plocha povodia<br>km <sup>2</sup> | Prvky vodnej bilancie v mm |            |           |       |                             |            |           |       | Zmena prvkov vodnej bil.  |                         |                          |                  |                           |                         |                          |                  |
|---|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|------------|-----------|-------|-----------------------------|------------|-----------|-------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|
|   |                      |                                   | súčasného<br>rieč. odtoku  |            |           | výpar | očakavaného<br>rieč. odtoku |            |           | výpar | v mm                      |                         |                          |                  | v ‰                       |                         |                          |                  |
|   |                      |                                   | povrchového                | podzemného | úhramného |       | povrchového                 | podzemného | úhramného |       | zmenšenie povrch.<br>odt. | zväčšenie podz.<br>odt. | zmenšenie úhram.<br>odt. | zväčšenie výparu | zmenšenie povrch.<br>odt. | zväčšenie podz.<br>odt. | zmenšenie úhram.<br>odt. | zväčšenie výparu |
| Juž. Bug  | Alexandrovska        | 46200                             | 44                         | 13         | 57        | 436   | 33                          | 15         | 48        | 470   | 11                        | 2                       | 9                        | 34               | 25                        | 15                      | 16                       | 8                |
| Dnepr   | Kachovka             | 481850                            | 77                         | 29         | 106       | 465   | 69                          | 30         | 99        | 491   | 8                         | 1                       | 7                        | 26               | 10                        | 3                       | 7                        | 6                |
| Psjol   | Zapskoje             | 22420                             | 53                         | 13         | 66        | 460   | 37                          | 15         | 52        | 516   | 16                        | 2                       | 14                       | 56               | 30                        | 15                      | 21                       | 12               |
| Mius  | Matvejev -<br>Kurgan | 5780                              | 59                         | 7          | 66        | 375   | 46                          | 8          | 54        | 427   | 13                        | 1                       | 12                       | 52               | 22                        | 14                      | 18                       | 14               |
| Don   | Kalač                | 221600                            | 70                         | 27         | 197       | 357   | 50                          | 33         | 183       | 413   | 20                        | 6                       | 14                       | 56               | 28                        | 22                      | 7                        | 16               |
| Choper  | Balašov              | 14330                             | 88                         | 22         | 10        | 350   | 76                          | 27         | 3         | 397   | 12                        | 5                       | 7                        | 47               | 14                        | 23                      | 70                       | 13               |
| S. Donec  | Izjum                | 22630                             | 165                        | 14         | 179       | 423   | 148                         | 16         | 164       | 480   | 17                        | 2                       | 15                       | 61               | 10                        | 14                      | 8                        | 14               |
| Volga   | Stalingrad           | 1353000                           | 16                         | 73         | 189       | 335   | 11                          | 75         | 186       | 348   | 5                         | 2                       | 3                        | 13               | 31                        | 3                       | 2                        | 4                |
| Oka   | Belev                | 17530                             | 96                         | 36         | 32        | 435   | 61                          | 45         | 6         | 496   | 35                        | 9                       | 26                       | 61               | 36                        | 25                      | 81                       | 14               |
| Samara  | Pervomaj-<br>skoje   | 5970                              | 62                         | 7          | 69        | 275   | 49                          | 9          | 58        | 326   | 13                        | 2                       | 11                       | 51               | 21                        | 29                      | 16                       | 19               |
| B. Irgiz  | Klevenka             | 8140                              | 55                         | 7          | 63        | 275   | 43                          | 9          | 52        | 328   | 13                        | 2                       | 11                       | 53               | 23                        | 29                      | 18                       | 19               |
| Ural  | Kušum                | 180000                            | 51                         | 6          | 57        | 275   | 43                          | 7          | 50        | 322   | 8                         | 1                       | 7                        | 47               | 16                        | 17                      | 12                       | 17               |
| Celé územie stepných<br>a l. s stepných č. asti<br>európskej časti SSSR |                      | 1600000                           | 60                         | 14         | 74        | 367   | 47                          | 17         | 64        | 410   | 13                        | 3                       | 10                       | 43               | 22                        | 21                      | 14                       | 12               |

K takým riekam patrí Volga, ktorej väčšia časť povodia leží v lesnom a tajgovom pásme a je za hranicami územia, uvažovaného pre plánované opatrenia. Len na  $\frac{1}{3}$  plochy povodia Volgy po Stalingrad bude uskutočnený komplex agrolesníckych melioračných opatrení na premenu prírody. Zmeny odtoku v tomto území budú značné (zmenšenie povrchového odtoku o 17%, zväčšenie podzemného odtoku o 23%, zmenšenie celkového ročného odtoku asi o 10%), no ak ich uvažujeme pre celé povodie, pomerné zmeny sa stanú nepatrné (zmenšenie celkového ročného odtoku asi o 2%).

Práve tak treba počítať aj s tým, že naše výpočty očakávaných zmien odtoku Volgy, Dnepra a Uralu dajú hodnoty nižšie, lebo vychádzajú z toho, že nenastanú žiadne zmeny odtoku za hranicami územia s plánovanými opatreniami. To, pravda, nesúhlasí, lebo aj v lesnej zóne sa musí prejavíť vplyv poľnohospodárskych a lesných meliorácií (najmä vodoochranné lesy) a odvodnenie barin na vodný režim riek. Tak možno počítať s tým, že získané výsledky výpočtov očakávaných zmien odtoku sú skôr zmenšené ako zväčšené.

V celku na celom území stepných a lesostepných oblastí európskej časti SSSR možno očakávať zmenšenie povrchového (povodňového) odtoku asi o 13 mm, čiže o  $21 \text{ km}^3$  za rok (22%), zvýšenie podzemného (v období malých vôd) odtoku o 3 mm, príp. o  $5 \text{ km}^3$  za rok (21%) a zmenšenie celkového ročného odtoku o 10 mm, čiže o  $16 \text{ km}^3$  (14%). Zo  $74 \text{ km}^3$  vody, dodatočne zadržanej pôdami poľnohospodárskych plôch aj lesných porastov, vráti sa do rieky podzemnou cestou  $5 \text{ km}^3$  na účet zmenšenia povrchového odtoku a zväčšenia srážok. Zbývajúcich  $70 \text{ km}^3$  zostane na poliach, čo je jeden z vkladov na zaistenie vysokých a stálych úrod.

Súčasne s poľnohospodárskym efektom dosahuje sa aj vodohospodársky efekt. Prejavuje sa zmenšením povodní a vo zvýšení odtoku v období malých vôd. Také vyrovnávanie ročného výkyvu odtoku je veľmi kladné a výhodné pri využití riek. Zvýšené zásobenie riek v dobe malých vôd, keď odtok je vodohospodársky najcennejší, zaisťuje zvýšenie využitia vodnej energie a zlepšenie plavebných pomerov, čo je zvlášť dôležité pri riekach bez vzdúvania. Zmenšenie ročného odtoku riek sa deje na účet zmenšenia jarných povodní, ktoré sa alebo vôbec nie, ale častejšie v nepatrnej miere národohospodársky využívajú. Väčší diel vody z obsahu jarných povodní odteká do mora bez využitia pre národohospodárske ciele, dokonca väčšie rozvodnenia prinášajú škody.

Preto je zmenšenie odtoku na účet rozvodnenia užitočné nielen pre poľnohospodárstvo, ale aj pre iné odvetvia národného hospodárstva. Z uvedeného je zrejmý ohromný pretvárajúci význam opatrení Stalin-ského plánu nielen v záujme poľného hospodárstva, ale aj v záujme vodného hospodárstva.

Približné výpočty ukazujú, že zmeny odtoku nastanú rýchlo. Ak označíme výpočtom získané zmeny odtoku 100%, potom v r. 1955 dosiahnu 30%, v r. 1960 až 50%, v r. 1970 hodnotu 70% a plnú hodnotu v rokoch 1980—1985.

Získané výsledky výpočtov môžu byť v rade prípadov použité s postačujúcou presnosťou pre praktické účely, no napriek tomu si žiadajú ďalšie spresnenie. K tomu treba okrem teoretického výskumu bezodkladne nutný pokusný výskum zadržania odtoku na poľnohospodárskych plochách a v lesných pásoch, tiež výskum procesov zásobenia podzemných vôd a riek spodnými vodami.

Z časopisu *Izvestija Akademii nauk SSSR*, serijska geografičeskaja, 1952, Nr 5, preložil *O. Dub*.