

VLADISLAV KRÍŽ, BOHUSLAV SCHNEIDER

K ROZBORU PŮSOBNÍ KOMPLEXU ANTROPOGENNÍCH VLIVŮ NA ŘÍČNÍ ODTOK

V. Kříž, B. Schneider: To the analysis of action of a set of anthropogenous impacts on runoff. — Sborník ČSGS 86:99—106 (1981). — The authors study the possibilities of predicting the changes in the hydric regime which are the result of human activity. They analyse hydrological data in some countries where quantitative changes have been studied, which resulted from the melioration of agricultural land, from the volume of consumed water in industry, etc. The authors came to the conclusion that human activity results in the changes of volume of streams in the course of the year, and in a considerable decrease of surface discharge where water is used for melioration purposes. It is, however, difficult to determine the whole system of influences, especially indirect influences. A reliable method of determination is still missing.

Úvod

Život lidské společnosti je soustředěn v krajinné sféře. Ta zahrnuje (Demek a kol. 1978) zemskou kůru s reliéfem, přízemní vrstvu atmosféry, hydrosféru, kryosféru, pedosféru, biosféru a socioekonomickou sféru. Krajinná sféra tedy obsahuje přírodní prvky (subsystém fyzickogeografické sféry) a lidskou společnost a výtvořiny jí vytvořené (subsystém socioekonomické sféry). Všechny prvky krajinné sféry navzájem souvisejí a částečně se i prolínají. Asi na 55 % povrchu pevnin je fyzickogeografická sféra podstatně pozměněna činností lidí a na povrchu planety dnes není místo, kam by ve větší nebo menší míře nezasáhla činnost společnosti. V současném období vědeckotechnické revoluce se stal tedy člověk globálním činitelem, který významně a různým způsobem ovlivňuje fyzickogeografické pochody na celé planetě a současně pomocí technických prostředků si vytváří vlastní životní prostředí (obr. 1).

S ohledem na postižení vlivu lidské činnosti na hydrické procesy a změny vodního režimu povodí řek se věnuje pozornost především

- závlahám a odvodňování,
- řízení odtoku (resp. vlivu nádrží a úprav toků),
- využití povodí (využití půdního fondu),
- urbanizaci a industrializaci (Kříž 1980).

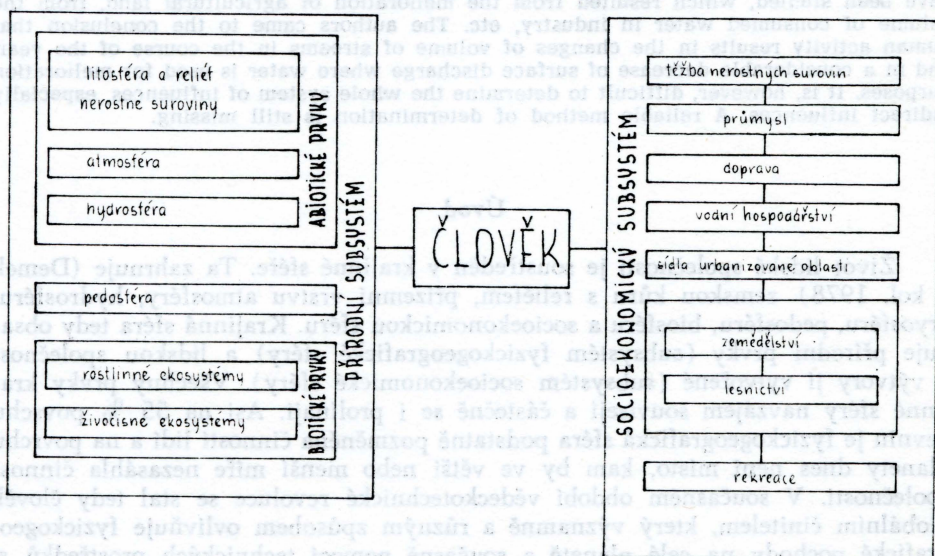
Uvedené činnosti působí změnu průtoků v říční síti, nebo působí na ploše povodí, takže mění podmínky utváření odtokového procesu.

V rámci větších povodí nepůsobí jednotlivé činnosti člověka izolovaně. Komplexní (integrovaný) vliv představuje pak současné působení více činností s různými důsledky na vodní režim povodí. Čím menší povodí, tím se zpravidla mo-

hou snadněji odlišit jednotlivé vlivy a jejich důsledky. U malých povodí je větší pravděpodobnost, že jednotlivý (určitý) důsledek se stane převažujícím. V povodích s velkou rozlohou, při současném vysokém stupni hospodářského rozvoje a značné hustotě osídlení, může docházet k takové kombinaci různých důsledků hospodářských aktivit, že jejich vzájemné rozlišení je mimořádně obtížné, nebo i prakticky nereálné.

Rozhodující význam pro bilancování vodních zásob a jejich využití pro potřeby národního hospodářství má správné stanovení odtoku vody z povodí, zejména na průtoků řek. Hlavní pozornost se tedy soustřeďuje na kvantifikaci vlivů hospodářské činnosti na říční odtok. Dále bude proto věnována pozornost především tomuto aspektu, a to s ohledem na specifické rysy působení komplexu antropogenních vlivů a možnosti kvantifikace způsobených změn. Pro všeobecný nástin řešení jsou uvedeny některé příklady získané v rámci Mezinárodního hydrologického programu. Působení komplexu antropogenních vlivů v povodí Odry bude později věnována samostatná studie.

SYSTÉM ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

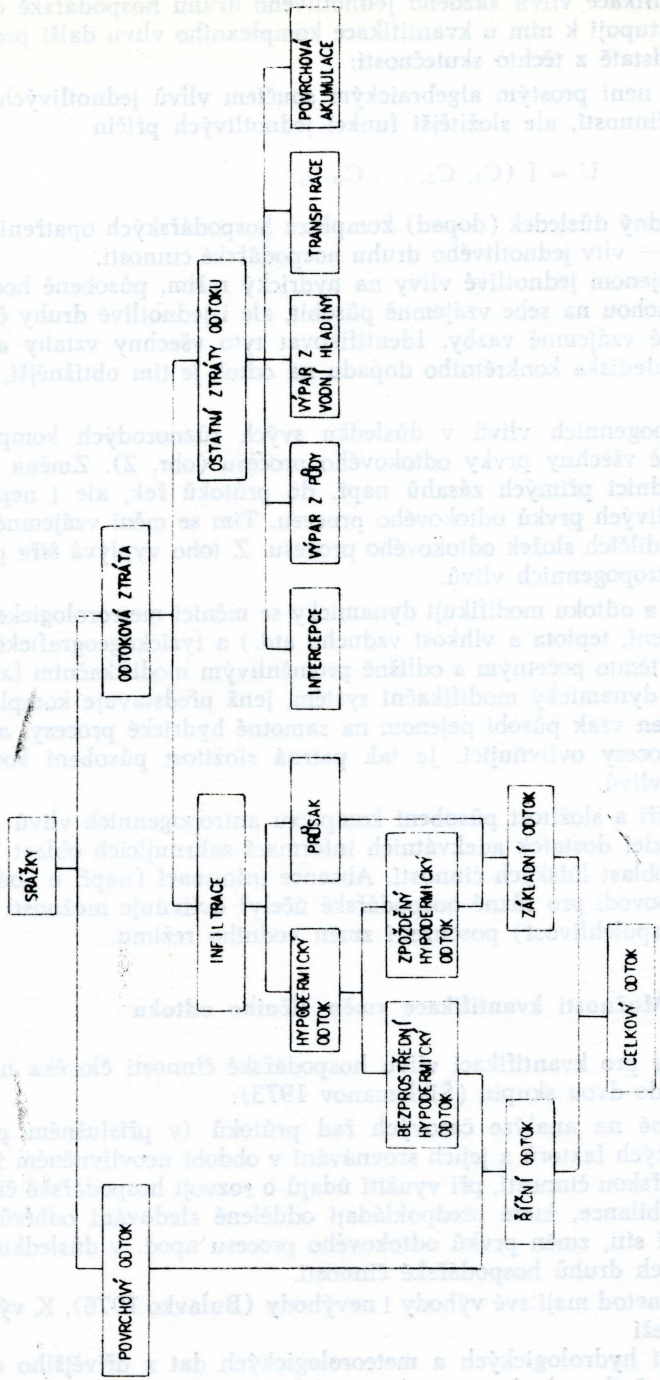


1. Vzájemné vztahy v systému životního prostředí (podle Demka a Voráčka, Demek a kol. 1978):

Specifické rysy působení komplexu antropogenních vlivů

Kvantifikace změn vodního režimu sleduje v podstatě dva cíle:

- převedení charakteristik říčního odtoku na tak zvaný neovlivněný stav, to je stav bez významnějšího vlivu hospodářské činnosti (za účelem získání homogenních dlouholetých řad pozorování pro upřesnění statistických parametrů),
- získání spolehlivých podkladů pro prognózu vlivů plánovaných hospodářských opatření na odtok a jeho dílčí složky.



2. Schéma odtokového procesu (upraveno podle ČSN 73 65 11).

Jestliže kvantifikace vlivu každého jednotlivého druhu hospodářské činnosti má své obtíže, přistupují k nim u kvantifikace komplexního vlivu další problémy, které plynou v podstatě z těchto skutečností:

1. Komplexní vliv není prostým algebraickým součtem vlivů jednotlivých druhů hospodářských činností, ale složitější funkcí jednotlivých příčin

$$U = f (C_1, C_2, \dots C_n), \quad (1)$$

kde: U — výsledný důsledek (dopad) komplexu hospodářských opatření, $C_1, C_2, \dots C_n$ — vliv jednotlivého druhu hospodářské činnosti.

Je to tím, že nejenom jednotlivé vlivy na hydrický režim, působené hospodářskou činností, mohou na sebe vzájemně působit, ale i jednotlivé druhy činností člověka mají své vzájemné vazby. Identifikovat tyto všechny vztahy a zjistit jejich funkci z hlediska konkrétního dopadu na odtok je tím obtížnější, čím je povodí větší.

2. Komplex antropogenních vlivů v důsledku svých různorodých komponentů ovlivňuje vlastně všechny prvky odtokového procesu (obr. 2). Změna říčního odtoku je výslednicí přímých zásahů např. do průtoků řek, ale i nepřímého ovlivnění jednotlivých prvků odtokového procesu. Tím se mění vzájemné kvantitativní vztahy dílčích složek odtokového procesu. Z toho vyplývá širší působení komplexu antropogenních vlivů.
3. Závislost srážek a odtoku modifikují dynamicky se měnící meteorologické faktory (sluneční záření, teplota a vlhkost vzduchu atd.) a fyzickogeografické vlastnosti povodí. K těmto početným a odlišně proměnlivým modifikačním faktorům přistupuje další dynamický modifikační systém, jenž představuje komplex činností člověka. Ten však působí nejenom na samotné hydrické procesy, ale i na faktory, tyto procesy ovlivňující. Je tak patrná složitost působení komplexu antropogenních vlivů.
4. S ohledem na šíři a složitost působení komplexu antropogenních vlivů nebývá obvykle k dispozici dostatek adekvátních informací zahrnujících oblast hydrických procesů i oblast lidských činností. Absence informací (např. o hodnotách odběru vody v povodí pro různé hospodářské účely) ovlivňuje možnosti (metodické přístupy, spolehlivost) posouzení změn vodního režimu.

Možnosti kvantifikace změn říčního odtoku

Různé metody pro kvantifikaci vlivu hospodářské činnosti člověka na říční odtok lze shrnout do dvou skupin (Šiklomanov 1973):

- metody založené na analýze časových řad průtoků (v příslušném profilu) a meteorologických faktorů a jejich srovnávání v období neovlivněném i ovlivněném hospodářskou činností, při využití údajů o rozvoji hospodářské činnosti,
- metody vodní bilance, které předpokládají oddělené sledování odběrů vody, průtoků v říční síti, změn prvků odtokového procesu apod. v důsledku působení jednotlivých druhů hospodářské činnosti.

Obě skupiny metod mají své výhody i nevýhody (Bulavko 1976). K výhodám první skupiny náleží

- možnost využití hydrologických a meteorologických dat z dřívějšího období,
- možnost orientačního zhodnocení vlivu celého komplexu faktorů v povodí na říční odtok,
- poměrně rychlé dosažení výsledků, jsou-li k dispozici potřebná data.

Nevýhody však spočívají v tom, že

- nebývají vždy k dispozici dostatečně dlouhé řady pozorování,
- dřívější sledování se neprovádělo z hlediska studované problematiky a nejsou tedy vždy dostatečně komplexní,
- tato skupina metod není nejvhodnější pro prognózu (opírá se o analýzu a komparaci minulého stavu).

Druhá skupina metod umožňuje rozvíjet řadu metodických variant a směřuje k získávání podkladů pro vědecké prognózy vlivu lidských činností, ovšem při větších nárocích na spolehlivost a detailnost vstupních informací (o vodním režimu i lidských činnostech) a na obtížnost vlastního řešení.

Analýza dlouhodobých řad hydrologických veličin (statistická nebo i při využití některých typů modelových představ) přispívá především k souhrnnému postizení případných změn. Diferencované bilanční výpočty umožňují zhodnocení výzkumu a úlohy nejdůležitějších antropogenních faktorů individuálně. To je výhodné právě z prognostického hlediska. Avšak vlastní realizace je velmi obtížná a vyžaduje náročný experimentální výzkum a průzkum. Uvedme například rámcové výpočetní schéma pro posouzení vlivu zavlažování na říční průtok a podzemní vody, vycházející z určení návratné vody a nenávratných ztrát (upraveno podle Šiklomanova a Levčenka 1978), jež dokumentuje náročnost na vstupní informace (data) a jejich získání:

$$V_n = V_{np} + O_{zv}, \quad (2)$$

kde: V_n — návratné vody ze zavlažované půdy,
 V_{np} — půdní složka návratných vod,
 O_{zv} — povrchový odtok závlahových vod.

Odtok závlahových vod O_{zv} lze získat měřením,

$$V_{np} = O_{opz} - O'_{opz} = (S - S') + (O_{ppv} - O'_{ppv}) + (O'_{opv} - O_{opv}) + (O_{ppz} - O'_{ppz}) + (E' - E) = (\Delta V - \Delta V') + Q - O_{zv} \quad (3)$$

kde: O_{opz} — odtok podzemních vod,
 S — množství srážek,
 O_{ppv} — přítok povrchových vod,
 O_{opv} — odtok povrchových vod,
 O_{ppz} — přítok podzemních vod,
 E — celkový výpar,
 ΔV — celková změna zásoby vody,
 Q — odběr vody,

čárkou označené prvky vodní bilance jsou prvky vodní bilance území před počátkem zavlažování,

případně

$$V_{np} = (\Delta V_{pz} - \Delta V'_{pz}) = (O_{ppz} - O'_{ppz}) + (O'_{opz} - O_{opz}) + (O'_{aer} - O_{aer}) + (I - I'), \quad (4)$$

kde: ΔV_{pz} — změna zásob podzemních vod,
 O_{aer} — voda pásma aerace,
 I — infiltrační napájení podzemních vod.

Rovnice (4) se získá odečtením rovnice vodní bilance zvodněné vrstvy nezavlažovaného území

$$\Delta V'_{pz} = O'_{ppz} - O'_{opz} - O'_{aer} + I' \quad (5)$$

od rovnice vodní bilance pro tutéž zvodněnou vrstvu zavlažovaného území

$$\Delta V_{pz} = O_{ppz} - O_{opz} - O_{aer} + I. \quad (6)$$

Změna průtoku řek (ΔQ), jako důsledku lidských činností v povodí, se určí podle vztahu

$$\Delta Q = Q_a - Q_m, \quad (7)$$

kde: Q_a — průtok neovlivněný,

Q_m — průtok ovlivněný (modifikovaný antropogenními vlivy, měřený v řece při působení ovlivňujících faktorů).

V podmínkách ovlivněného vodního režimu slouží ke stanovení Q_a naznačené typy metod. Podrobnější členění a charakteristiku metod kvantifikace uvádí Kříž (1980), různé účelové využití těchto metod obsahují např. práce Rodionova (1977) a Šiklomanova (1973, 1976, 1977). Volba konkrétních metod kvantifikace antropogenních vlivů na vodní režim závisí na fyzickogeografických vlastnostech zkoumaných povodí a na charakteru a stupni hospodářské činnosti. S ohledem na potřebu určité specifičnosti v přístupu rozčlenili např. v SSSR říční povodí do tří skupin (Šiklomanov, Levčenko 1978):

- horská povodí, kde lze nalézt hranici mezi pásmem formování a pásmem využívání průtoků,
- rovinná povodí středních řek, jejichž vodní zdroje jsou formovány a využívány v celém území povodí,
- velké říční systémy tekoucí různými regionálními geosystémy (např. povodí Volhy, Dněpru).

Vybrané příklady rámcového posouzení a odhadu probíhajících změn

V SSSR bylo provedeno zhodnocení změn vodnosti 17 hlavních řek a současně byla stanovena prognóza těchto změn jako předpokládaného důsledku plánovaného komplexu hospodářských opatření v jejich povodích (Voskresenskij, Charčenko, Šiklomanov 1975, Šiklomanov 1977). Zhodnocení i prognóza se opírají o souběžné použití obou základních metodických přístupů, tj. o bilanční výpočty hodnot nenávratných ztrát v povodí i o analýzu průtokových řad ve vztahu k podmiňujícím faktorům. Takový přístup plně využívá všech získaných poznatků, zabránuje chybám při posuzování komplexního vlivu a přispívá tedy k větší spolehlivosti prognózy. Výpočty průtokových změn oběma přístupy přinesly velmi blízké výsledky.

Podle provedených výzkumů se snížil průměrný roční průtok v ústích řek Dněpru, Donu, Kubáně, Dněstru, Uralu, Ili, Syrdarji, Amuru, Tereku, Sulaka k roku 1975 o 17–30 % oproti neovlivněnému období. Celkově představuje snížení průtoků v hlavních povodích SSSR, jež je důsledkem vlivu hospodářské činnosti, 95 km³ za rok k úrovni roku 1975 (Šiklomanov, Levčenko 1978). Při tom změny průtoků u řek severní evropské části SSSR, Sibiře a Dálného východu

jsou nepatrné. Hlavním faktorem podmiňujícím snížení průtoků v současné době i v budoucnosti je závlahové zemědělství. Při intenzivním rozvoji závlah se roční průtok mnohých velkých řek SSSR sníží k roku 1985 v průměru asi o 30–50 % a k roku 2000 o 40–70 %. K roku 1985 se očekává celkové snížení průtoku řek SSSR o 175–180 km³ za rok a k roku 2000 o 240–250 km³ za rok.

Z informačních zpráv k problematice vlivu lidské činnosti na vodní režim sestavených v ČSSR, NDR a BLR (Mandadžiev, Boteva 1978, informační zpráva Československého výboru pro hydrologii, Bratislava 1978, informační zpráva Národního výboru NDR pro MHP, Berlin 1977) v rámci Mezinárodního hydrologického programu vyplývá, že komplexní kvantifikace antropogenního vlivu na vodní režim se v těchto státech zatím v širokém rozsahu neprováděla. Kromě výzkumných prací k některým problémům změn hydrického režimu využívaly se pro účely perspektivního plánování zejména dílčí bilanční výpočty.

V NDR předpokládají významné změny režimu průtoků v povodí Labe (Sály) v důsledku jímání povrchových vod pro chladicí účely a průmyslové velkospotřebitele, k r. 1980 dojde ke vzrůstu zavlažovaných ploch (z 0,61 mil. ha na 1,1 mil. ha) s vlivem na zvýšení výparu o 4–5 mm za rok a snížení odtoku asi o 3 %. Při tvorbě Směrného vodohospodářského plánu (1957) se v ČSSR vyčíslily hodnoty nenávratné vody spotřebované v průmyslu, zemědělství a při zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Došlo se k závěru, že hodnota nenávratně spotřebované vody stoupne k roku 2000 oproti roku 1970 o více než 400 %, a to především v důsledku rozvoje energetiky (chladicí voda) a závlah (Směrný vodohospodářský plán ČSR, Praha, 1975; Směrný vodohospodářský plán SSR, Bratislava, 1975). Tuto hodnotu však vzhledem k metodě výpočtu nelze ztotožnit s úbytkem celkového ročního odtoku.

Závěr

Je patrné, že problém vlivu komplexu antropogenních vlivů na hydrický režim povodí není ještě dostatečně prostudován, i když se již setkáváme s prognózami změn hydrologických charakteristik vázanými na plánovaná opatření nebo předpokládané změny v povodí.

Komplex hospodářských opatření vede ve svém důsledku ke změně rozdělení říčního odtoku během roku, ke změnám extrémních průtoků a ke snižování celkového ročního odtoku. Pro spolehlivé výpočty a prognózy změn vodního režimu povodí nedostačuje přihlížet pouze k přímým zásahům do říční sítě, resp. do říčních průtoků (odběry, převody vody, řízení odtoku nádržemi). Je nutné spolehlivé poznání vzájemných vztahů komplexu přímých a nepřímých vlivů hospodářské činnosti, jež působí zejména na celkový výpar a na podmínky formování odtoku v různých částech povodí. Zjištění role každého z těchto faktorů v různých fyzicko-geografických podmínkách a vypracování metod výpočtu jejich dynamického působení je jednou ze základních otázek problematiky zhodnocení vlivu hospodářské činnosti na vodní zdroje. Proto další teoretické a experimentální sledování struktury vodní bilance povodí může usnadnit potřebné širší využití dosavadních kvantifikačních metod pro zhodnocení vlivu komplexu antropických činností na hydrické procesy, ale též vypracování nových přístupů a řešení.

Literatura

1. BULAVKO A. G. (1976): Vodnyje resursy i čelovėk. 40 str., Izdatėlstvo Nauka i tehnika, Mėnsk.

2. DEMEK J. a kol. (1978): Životní prostředí České socialistické republiky. 1. vyd., 160 str., SPN, Praha.
3. KRÍŽ V. (1978): Vliv lidské činnosti na hydrické procesy a změny vodního režimu povodí. — Vodohospodársky časopis 28:1:3—21. SAV, Bratislava.
4. MANDADŽIEV D., Boteva K. (1978): Količestvonnaja ocenka vlijanija čelověka na vodnyje resursy i gidrologičeskij režim. — Informacija po teme NRB, 18 str., Nacionalnyj komitet NR Bolgarii po Meždunarodnoj gidrologičeskoj programme, Sofia.
5. Názvosloví v hydrologii. Československá státní norma 73 65 11, 1976, 155 str., Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření, Praha.
6. RODIONOV V. Z. (1977): O vlijanii chozjajstvennoj dějatel'nosti na stok reki Ural. — Trudy GGI, vyp. 236:109—122., Gidrometeoizdat, Leningrad.
7. Směrný vodohospodárský plán ČSR. 1975, 530 str., přílohy 178 str., MLVH ČSR, Praha.
8. Smerný vodohospodársky plán SSR. 1975, 734 str., MLVH SSR, Bratislava.
9. ŠIKLOMANOV I. A. (1973): O metodach ocenki vlijanija kompleksa faktorov chozjajstvennoj dějatel'nosti na vodnyje resursy i vodnyj režim vodosborov. — Trudy GGI, vyp. 206:3—21, Gidrometeoizdat, Leningrad.
10. ŠIKLOMANOV I. A. (1976): Gidrologičeskije aspekty problemy Kaspijskoj morja. 78 str., Gidrometeoizdat, Leningrad.
11. ŠIKLOMANOV I. A. (1977): Dinamika antropogennyh izmeněnij godovogo stoka rek SSSR. — Trudy GGI, vyp. 239:3—26, Gidrometeoizdat, Leningrad.
12. ŠIKLOMANOV I. A., LEVČENKO G. C. (1978): Sostojanie problemy ocenki vlijanija chozjajstvennoj dějatel'nosti na vodnyje resursy i gidrologičeskij režim. — Informacionnyj doklad, 54 str., Glavnoje upravlenije gidrometeorologičeskoj služby pri Sověťe Ministrov SSSR, Lennigrad.
13. Uroveň i problemy ocenki vlijanija chozjajstvennoj dějatel'nosti na vodnyje resursy i gidrologičeskij režim. — Informacionnyj otčet GDR, 1977, 31 str., Nacionalnyj Komitet GDR po voprosam Meždunarodnoj gidrologičeskoj programmy, Berlin.
14. Vliv lidské činnosti na hydrologický režim řek. — Informační zpráva ČSSR, 1978, 9 str., Československý výbor pro hydrologii, Bratislava.
15. VOSKRESENSKIJ K. P., CHARČENKO S. J., ŠIKLOMANOV I. A. (1975): Vlijanie dějatel'nosti čelověka na vodnyje resursy i gidrologičeskije procesy. — Trudy IV. Vse-sojuznogo gidrologičeskogo sjezda 1: 62—83. Gidrometeoizdat, Leningrad.

Summary

TO THE ANALYSIS OF ACTION OF A SET OF ANTHROPOGENOUS IMPACT ON RUNOFF

The problem of the influence of a set of anthropogenic impacts on the water regime of watershed has been neither sufficiently investigated yet nor widely estimated in terms of numbers, even though it must be admitted that we can encounter some prognoses of hydrologic characteristic changes being made now and bound to planned measures to be taken or to expected watershed modifications coming into existence. The all-round approach of hydrologists to quantification of the influence exerted by human activities can be seen in the U.S.S.R.

From what we have learnt hitherto it can be concluded that the set of anthropogenic impacts results in changes of the river runoff distribution in the course of a year, in minimum and maximum discharge deviations and in decreasing the total runoff per year.

For being able to perform reliable and solid calculations and to make water regime prognoses in the scope of a watershed, it should be found insufficient to take into consideration just direct interferences with the river flow. Reliable information is needed on interrelations within the set of direct and indirect factors of economic activity influencing especially both the total evaporation volume and the conditions contributing to the formation of runoff in different parts of a watershed. To show the role each single factor is playing under different physical and geographical conditions as well as to sketch out the methods for estimating the dynamic function exercised by all the factors together is a major problem encountered while struggling for evaluation of the influence exerted by economic activities on water resources.

A further theoretical and experimental investigation of the water-resources balance structure of a watershed may give a chance not only to implement the desirable quantification methods known hitherto as suitable for evaluation of the pressure put by the set of human activities on water goings but also to establish new approaches and solutions.