

VLADISLAV KRÍŽ

SVĚTOVÝ VÝVOJ ZÁVLAH A JEHO HYDROLOGICKÉ DŮSLEDKY

V. Kríž: *The Development of Irrigation in the World and Its Hydrological Consequences*. — Sborník ČSGS, 90, č. 4, s. 304–309 [1985]. — The paper treats of the development of irrigation in the world agriculture, the volume of required supplies, and the hydrological consequences of the application in the water balance of vast areas.

Velká pozornost, která byla věnována v SSSR studiu antropogenních změn vodního režimu a vodní bilance území po stránce metodické, regionální a prognostické (Sokolov 10), vyústila rovněž do globálního zhodnocení vodní bilance a vodních zdrojů Země (1). Vytvořená hydrologická monografie základního vědeckého významu (Korzun 4, Sokolov 11) a další navazující práce zahrnují též dynamiku využití vodních zdrojů Země (Kalinin, Šiklomanov 3, Šiklomanov 12, 13 a další). Tabulární přehled růstu potřeby vody podle jednotlivých hospodářských účelů uvádí tab. 1.

V celkové potřebě vody zaujímá dominantní postavení zemědělství, v jehož potřebě je zahrnuta rovněž voda pro závlahy. To platí i ve výhledu do roku 2000, kdy se předpokládá, že celková světová potřeba vody se proti roku 1970 více než zdvojnásobí a dosáhne $6\,000\text{ km}^3$ za rok. Závlahové zemědělství bude např. k uvedené časové úrovni vyžadovat $3\,400\text{ km}^3$ vody ročně, tj. 58 % celkové potřeby, průmysl $1\,900\text{ km}^3$ (32 %) apod. Uvedené roční potřeby přibližně odpovídají objemu Karibského moře u celkové potřeby, objemu Středozemního moře u závlahy a Grónského moře u průmyslu. Změna režimu výparu v důsledku zavlažování rozsáhlých území i další probíhající změny povedou k některým změnám ve vztazích mezi jednotlivými prvky vodní bilance kontinentů. Pouze v Austrálii a Jižní Americe hospodářská činnost k úrovni roku 2000 nevyvolá změnu v oběhu vody (Šiklomanov 13).

Růst závlah v rámci jednotlivých kontinentů je patrný z tab. 2. Snaha lidstva zabezpečit dostatek potravin pro obyvatele Země a postup vědeckotechnického rozvoje ve všech výrobních odvětvích se projevují i ve využívání závlah při zvyšování zemědělské produkce v různých klimatických oblastech. V současné době se závlahy uskutečňují asi na 15 % obdělávané plochy souše (na 234 mil. ha v r. 1970), avšak produkce ze zavlažovaných polí přesahuje polovinu celkové zemědělské produkce v hodnotovém vyjádření (Šiklomanov 13). V podmínkách rychlého růstu počtu obyvatel a nedostatku potravin, kterým trpí téměř dvě třetiny

Tab. 1. Světový růst potřeby vody (Kalinin, Šiklomanov 1974)

Potřeba vody	Rok 1900		Rok 1970		Předpověď do roku 2000	
	km ³	%	km ³	%	km ³	%
Zásobování obyvatelstva	20	5	120	5	440	7
	5	2	20	1	65	2
Průmysl	30	8	510	20	1 900	32
	2	1	20	1	700	2
Zemědělství	350	88	1 900	73	3 400	58
	260	96	1 500	94	2 600	87
Nádrže	0	0	70	3	240	4
	0	0	70	4	240	8
Celkem	400	100	2 600	100	6 000	100
	270	100	1 600	100	3 000	100

Poznámka: V čitateli celková potřeba vody, ve jmenovateli tzv. nenávratná potřeba vody.

Tab. 2. Rozlohy zavlažované půdy v mil. ha v období 1900—2000 (Kalinin, Šiklomanov 1974)

Pevnina	Plochy zavlažované půdy v mil. ha			
	1900	1950	1970	2000
Evropa	3,5	10	21	45
Asie	30	65	170	300
Severní Amerika	2,5	5	9	18
Afrika	4	13	25	35
Jižní Amerika	1	2	6	15
Austrálie a Oceánie	0	0,5	1,6	3
Souše (zaokrouhleno)	41	96	234	420

Tab. 3. Využití závlah v ČSSR, dosavadní vývoj a výhled (podle směrných vodohospodářských plánů ČSR a SSR, 1975).

	Rok	ČSR		SSR		ČSSR	
		km ²	% celk. plochy	km ²	% celk. plochy	km ²	% celk. plochy
Skutečnost	1950	262	0,3	70	0,1	332	0,3
	1970	909	1,2	1 195	2,4	2 104	1,6
Výhled	1985	1 960	2,5	3 564	7,3	5 524	4,3
	2000	3 815	4,8	7 039	14,4	10 854	8,5

lidstva, je význam závlah pro efektivnost zemědělství značný a lze očekávat jejich další intenzivní rozvoj (v členských zemích Rady vzájemné hospodářské pomoci se např. předpokládá rozšíření současné zavlažované plochy na trojnásobek v průběhu patnácti až dvaceti let).

Největší význam mají závlahy v oblastech teplých a suchých. Celkově se jich využívá ve více než 100 státech. Nejrozsáhlejší závlahové systémy se nalézají v Číně, Indii, Spojených státech amerických, Svazu sovětských socialistických republik a v Pákistánu. Patrná je tendence k rozšiřování závlah v rozvojových zemích a v postupu závlah k severu — do oblastí s dostatkem vláhy v souvislosti se snahou o odstranění závislosti úrod od meteorologických podmínek v jednotlivých letech (Kalinin, Šiklomanov 3). V této souvislosti je značná pozornost věnována závlahám také v Československu (Benetin et al. 2). Údaje o vývoji a výhledu využití závlah v ČSSR jsou sestaveny v tab. 3.

Ve vztahu k údajům o zavlažovaných plochách soustředěným v tab. 2 uvádí tab. 4 vypočítanou potřebu vody pro závlahy podle průměrných podmínek jednotlivých oblastí. V souvislosti s růstem potřeby vody pro závlahy vzniká v některých oblastech nedostatek kapacity vodních zdrojů. Rámcové srovnání říčního odtoku a potřeby vody pro závlahy poskytuje tab. 5. V Evropě a Africe se bude k úrovni roku 2000 úplná potřeba vody pro závlahy pohybovat mezi deseti až dvaceti procenty říčního odtoku, v Asii bude převyšovat 30 % říčního odtoku.

Tab. 4. Dynamika úplné a tzv. nenávratné potřeby vody pro závlahy (Šiklomanov 1981)

	Potřeba vody v km ³ /rok			
	Výpočet			Prognóza
	1900	1950	1970	2000
Evropa	23	60	125	320
	16	41	84	200
Asie	260	550	1 400	2 400
	200	420	1 100	1 900
Afrika	30	60	110	220
	25	50	90	170
Severní Amerika	35	160	210	310
	20	100	130	200
Jižní Amerika	8	16	50	120
	6	12	40	100
Austrálie a Oceánie	0,8	4,0	13	25
	0,6	3,2	10	20
Souše (zaokrouhleno)	350	860	1 900	3 400
	260	630	1 500	2 600

Poznámka: V čitateli celková potřeba, ve jmenovateli tzv. nenávratné ztráty

Tab. 5. Říční odtok a potřeba vody pro závlahy (Šiklomanov 1981)

Pevnina	Říční odtok z pevniny		Potřeba vody v % celkového říčního odtoku				Potřeba vody v % odtoku řek využitých pro závlahy			
	km ³ /rok		1970		2000		1970		2000	
	celkový	řek využ. pro zavli.	úplná	nená-vrat.	úplná	nená-vrat.	úplná	nená-vrat.	úplná	nená-vrat.
Evropa	3 210	1 800	3,9	2,6	10,0	6,2	7,0	4,7	17,8	11,1
Asie	14 410	7 500	9,7	7,6	16,7	13,2	18,7	14,7	32,0	25,4
Afrika	4 570	1 500	2,4	2,0	4,8	3,7	7,3	6,0	14,7	11,3
Severní Amerika	8 200	4 000	2,6	1,6	3,8	2,4	5,3	3,3	7,8	5,0
Jižní Amerika	11 760	3 000	0,5	0,4	1,0	0,8	1,8	1,5	4,0	3,3
Austrálie a Oceánie	2 390	300	0,5		1,0	0,8	4,3	3,3	8,3	6,7
Celkem (zaokrouhleno)	44 540	18 100	4,3	3,4	7,6	5,8	10,5	8,3	18,8	14,4

Tab. 6. Změny srážek a odtoku vyvolané závlahami (Šiklomanov 1981)

Pevniny	Prům. říční odtok km ³ /rok	Doplňkový výpar E _d km ³ /rok		Doplňkové srážky S _d km ³ /rok		Souči- nitel odtoku η	Doplňkový odtok O _d km ³ /rok		O _d - E _d 100 %	
		1970	2000	1970	2000		1970	2000	1970	2000
Evropa	3 210	84	230	32	126	0,34	11	43	13,0	21,5
Asie	14 410	1 100	1 900	750	1 460	0,42	315	610	29,6	32,1
Afrika	4 570	90	170	96	146	0,20	19	29	21,2	17,2
Sev. Amerika	8 200	120	200	61	232	0,43	26	100	21,6	50,0
Již. Amerika	11 760	40	100	0,0	0,0	0,41	0,0	0,0	0,0	0,0
Austrálie a Oceánie	2 390	10	20	0,0	0,0	0,34	0,0	0,0	0,0	0,0
Celkem (zaokrouhl.)	44 540	1 500	2 600	940	1 960		370	780		

Vliv zavlažování na povrchové a podpovrchové vody, vycházející z určení návratné vody a tzv. nenávratných ztrát, lze vyjádřit rovnicemi (Kříž, Schneider 5):

$$V_n = V_{np} + O_{zv}, \quad (1)$$

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

O_{zv} lze zjistit poměrně snadno měřením,

$$V_{np} = (O_{ppz} - O'_{ppz}) + (O'_{opz} - O_{opz}) + (O'_{aer} - O_{aer}) + (I - I'), \quad (2)$$

kde: O_{ppz} — přítok podzemních vod,
 O_{opz} — odtok podzemních vod
 O_{aer} — voda pásma aerace,
 I — infiltrační napájení podzemních vod,

čárkou označené parametry jsou prvky vodní bilance území před počátkem zavlažování.

Při využití vody k závlahám doplňkový výpar ze zavlažované půdy a spotřeba vody pro vlastní produkci na zavlažované půdě tvoří tzv. nenávratné ztráty. Druhá součást těchto ztrát je značně menší. Doplňkový výpar (E_d) bude dosahovat na přelomu století přibližně 2 500 km³/rok (tab. 1) a v rámci některých kontinentů vytváří podmínky pro vznik doplňkových srážek (S_d) a tím též doplňkového odtoku (O_d). Změny srážek a odtoku vyvolané závlahami jsou sestaveny v tab. 6. Projevují se v Evropě, Asii, Africe a Severní Americe.

Současně je patrné, že používané termíny „nenávratné ztráty“, „nenávratná potřeba vody“ mají relativní význam. Termín „nenávratné ztráty“ odpovídá svému smyslu v rámci jednotlivých říčních povodí, jejich částí apod., kde např. doplňkový výpar představuje skutečné ztráty vody. V rozsahu pevnin nelze doplňkový výpar považovat za nenávratné ztráty v přesném slova smyslu, neboť část vody se vrací ve formě doplňkových srážek (Šiklomanov 13, Kříž 5); v rozsahu povrchu Země ztrácí uvedený termín svůj smysl, neboť platí

$$E_{op} = S_{op}, \quad (3)$$

kde: E_{op} — výpar z povrchu Země (ze světového oceánu i pevnin)
 S_{op} — srážky spadlé na povrch Země.

Literatura:

1. Atlas mirovogo vodnogo balansa. Leningrad, Gidrometeoizdat 1974, 12 s., 65 kart.
2. BENETIN, J. et al.: Závlahy. 1. vydanie, Bratislava, Príroda 1979, 544 s.
3. KALININ, G. P. — ŠIKLOMANOV, I. A.: Ispolzovanie vodnyh resursov Zemli. In: Mirovoj vodnyj balans i vodnyje resursy Zemli. Leningrad, Gidrometeoizdat 1974, s. 575—605.

4. KORZUN, V. I.: Osnovnyje napravlenija i formy meždunarodnogo sotrudničestva. In: Někotoryje voprosy sovremennoj naučnoj i praktičeskoj gidrologii, část I. Moskva, Izdatelstvo Moskovskogo universiteta 1981, s. 7—15.
5. KRÍŽ, V.: Vodní zdroje Země a jejich antropogenní změny. Přírodní vědy ve škole, 35, Praha, SPN 1983—1984, č. 6, s. 229—233.
6. KRÍŽ, V. — SCHNEIDER, B.: K rozboru působení komplexu antropogenních vlivů na říční odtok. Sborník ČSGS, 96, Praha, Academia 1981, č. 2, s. 99—106.
7. Mirovoj vodnyj balans i vodnyje resursy Zemli. Leningrad, Gidrometeoizdat 1974, 638 s.
8. Smerný vodohospodársky plán SSR. Bratislava, MLV SSR 1975, 734 s.
9. Smerný vodohospodársky plán ČSR. Praha, MLVH ČSR 1975, 530 s., přílohy 178 s.
10. SOKOLOV, A. A.: Gosudarstvennyj Ordena Trudovogo krasnogo znamení gidrologičeskij institut. Leningrad, Gidrometeoizdat 1979, 56 s.
11. SOKOLOV, A. A.: Issledovanija vodnych resursov i vodnogo balansa zemnogo šara. In: Někotoryje voprosy sovremennoj naučnoj i praktičeskoj gidrologii, část I. Moskva, Izdatelstvo Moskovskogo universiteta 1981, s. 43—60.
12. ŠIKLOMANOV, I. A.: Antropogennye izmenenija vodnosti rek. Leningrad, Gidrometeoizdat 1979, 302 s.
13. ŠIKLOMANOV, I. A.: Rozvitie orošenija v mire i ego vlijanie na vodnyj balans. In: Sovremennye problemy gidrologii orošaemych zemel, část I. Moskva, Izdatelstvo Moskovskogo universiteta 1981, s. 3—15.

Summary

THE DEVELOPMENT OF IRRIGATION IN THE WORLD AND ITS HYDROLOGICAL CONSEQUENCES

The development of irrigation is a significant intensifying factor in the world agriculture. At the same time, however, it requires highly abundant water supplies. By 2,000 the water requirement for irrigation in Europe and Africa will have amounted to 10 up to 20 per cent of the river run-off on these continents; in Asia, it will have exceeded 30 per cent of the river run-off. By that year, agriculture will still be the greatest consumer of water (58 per cent of the total requirement, i.e. 3,400 cubic kilometres per year). The change in the regime of evaporation owing to the irrigation of vast areas causes changes in the relationship of elements in the hydro-balance of all continents, with the exception of Australia and South America.

(Pracoviště autora: Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K myslivně 1, 708 00 Ostrava - Poruba.)
Došlo do redakce 8. srpna 1984.