

B I U L E T Y N

INSTYTUTU MELIORACJI I UŻYTKÓW ZIELONYCH

DODATEK DO MIESIĘCZNIKA „GOSPODARKA WODNA”
Warszawa, ul. Nowogrodzka 50. Tel. 8-82-44

Nr 1 (14)

Styczeń 1956 r.

Rok II

PROF. DR KAZIMIERZ DĘBSKI

Zagadnienie opracowania bilansu wodnego zlewni rzecznych

W najbliższym zeszycie melioracyjnym Roczników N. R. znajdują się między innymi trzy prace, napisane przez J. Ostromęckiego, W. Stephan i J. Lambora, których celem jest stworzenie pewnego, dobrego i wygodnego sposobu rozwiązywania zagadnień naturalnego bilansu wodnego.

Pod pojęciem naturalnego bilansu wodnego rozumiemy taki wzajemny układ opadów, odpływu, parowania i retencji, jaki wynika z naturalnych stosunków fizjograficznych zlewni, a także z używania wody miejscowej przez jej zwykłych użytkowników.

Układ, o którym mowa, wyrażamy równaniem

$$Z + P = H + S + R \quad [1]$$

w którym poszczególne symbole oznaczają: P — opad, H — odpływ, S — straty wody wszelkiego rodzaju, R — retencję pozostałą w zlewni przy końcu okresu bilansowania, Z — retencję znajdującą się w zlewni na początku okresu bilansowania.

Bilans naturalny nazwano w niektórych opracowaniach (Z — kaszewski, Lambor) bilansem surowym. Wydaje się, że ta druga nazwa jest mniej stosowna.

Zagadnieniami naturalnego bilansu wodnego zlewni wyrażonego w postaci równania [1] zajmował się pierwszy $P e n c k$ w dorzeczu górnej Łaby, a współcześnie z nim $O p p o k o w$ w dorzeczu Dniepru.

Po tych dwóch wybitnych badaczach zajęły się tymi zagadnieniami niemieckie szkoły: $H. K e l l e r a$, a następnie $K a r o l a F i s c h e r a$. Rekapitulacją osiągnięć szkoły niemieckiej jest obszerna książka $H e i n o K a l w e i t a$ ¹⁾, która ukazała się w 1953 r. w Berlinie.

$K a l w e i t$ i jego poprzednicy usiłują rozwiązać równanie bilansu wodnego poprzez określenie związków zachodzących między opadem, odpływem i parowaniem, przy czym opierają się na wynikach pomiarów opadu i odpływu oraz na wynikach pomiarów parowania prowadzonych na lizymetrach.

Szkoła rosyjska, której pierwszym przedstawicielem był $O p p o k o w$, zwróciła obecnie uwagę na związki zachodzące między parowaniem a dopływem energii słonecznej. Według współczesnej szkoły radzieckiej bilans wodny jest ściśle związany z bilansem cieplnym.

Bilans cieplny w dłuższym okresie czasu kształtuje się według $B u d y k a$ następująco:

$$R_o = L V + T \quad [2]$$

gdzie:

- R_o — dopływ energii słonecznej do powierzchni Ziemi, będący różnicą energii przyjętej i wypromieniowanej,
- L — ciepło utajone parowania (około 580 Kal/kg),
- V — ilość wody wyparowanej,
- T — ilość ciepła powierzchni ziemi, zużytego na ogrzanie powietrza.

Z równania [2] oblicza się parowanie z terenu w dłuższym okresie czasu.

$$v = \frac{R_o - T}{L} \quad [3]$$

Chcąc obliczyć parowanie z terenu w krótkim okresie czasu, trzeba uwzględnić jeszcze zmianę ilości ciepła powierzchni Ziemi, prędkość, z jaką przesuwają się masy powietrza nad powierzchnią Ziemi i inne jeszcze czynniki.

¹⁾ $H e i n o K a l w e i t$. Der Wasserhaushalt. Berechnungsverfahren und Anwendungen auf mitteldeutsche Flussgebiete. Berlin, 1953.

Na odmiennej drodze szuka rozwiązania szkoła polska. Przedstawiciele tej szkoły, której pierwszym wyrazicielem był $R. R o s ł o ŋ s k i$, starają się obliczyć parowanie terenu przez przyjęcie stosownych wskaźników tego parowania. Chwilowe stany retencyjne obliczają oni przy pomocy obserwacji stanów wody gruntowej i przepływów rzecznych. Na tej podstawie rozwija się w Polsce metoda rozwiązywania równań bilansu wodnego, polegająca na równoczesnym wyznaczaniu wskaźników parowania i retencji, nazwana przez $R o s ł o ŋ s k i e g o$ metodą kontrolowanego bilansu wodnego.

Praca $O s t r o m ę c k i e g o$ pt. „Obliczenie surowych bilansów wodnych przy łącznym uwzględnieniu wskaźników parowania i retencji” jest przykładem takiego właśnie sposobu rozwiązywania bilansu wodnego zlewni. $O s t r o m ę c k i$ opisuje swą metodę na przykładzie Pilicy w Przedborzu. Za punkt wyjścia obliczeń przyjmuje $O s t r o m ę c k i$ równanie ogólne, nazwane przez siebie warunkowym równaniem retencji w postaci:

$$S = aND + b\Delta h \quad [4]$$

W równaniu tym:

- S — różnica ilości opadu i odpływu w okresie bilansowania,
- N — ilość opadu w tym samym okresie czasu,
- D — suma średnich dobowych niedosytów wilgotności powietrza w tym samym czasie,
- h — przyrost stanów wody na ciekach badanej zlewni w danym czasie,
- a, b — wielkości stałe, przywiązane do warunków fizjograficznych zlewni i do pór roku.

Pierwszy składnik sumy po prawej stronie równania określa ilość wody wyparowanej, składnik drugi określa ilość wody zmagazynowanej w zlewni lub ze zlewni oddanej.

Podstawiając w równaniu warunkowym znane wielkości $S, N, D, \Delta h$ oblicza $O s t r o m ę c k i$ wielkości stałe a, b dla okresu całorocznego, dla półrocza zimowego i dla poszczególnych miesięcy półrocza letniego, a następnie ilość wody wyparowanej i zmianę ilości wody retencjonowanej w zlewni, w tych samych okresach czasu.

$W. S t e p h a n$ stara się o rozwiązanie tego samego bilansu wodnego w inny sposób. Wzoruje się mianowicie na metodzie zastosowanej w opracowaniu bilansu wodnego Wisły w Warszawie²⁾ i przystosowuje tę metodę do opracowania bilansu Pilicy.

Do rozwiązywania bilansu wodnego Wisły służyło równanie związku zachodzącego między chwilowymi stanami retencji a chwilowym odpływem wody gruntowej ze zlewni.

Z równania tego obliczono stany retencyjne w końcu każdego roku hydrologicznego (31.X.), a następnie znając stany retencyjne określono zmiany retencji w poszczególnych latach i wielkości parowania w tych latach.

$W. S t e p h a n$ starała się w swoim opracowaniu pójść tą drogą, ale jej zadanie było odmienne.

Zlewnia Wisły w Warszawie liczy 85 176 km², gdy zlewnia Pilicy w Przedborzu liczy tylko 2 646 km² powierzchni.

Poza tym bilans wodny Wisły opracowany był dla przedziałów rocznych, bilans Pilicy miał być opracowany dla przedziałów miesięcznych.

Autorka zmodyfikowała nieco metodę zasadniczą i obliczyła stany retencyjne przy końcu poszczególnych miesięcy. Stąd określiła wielkość parowania w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego i w całym roku. Uzyskanych wyników nie porównywała autorka ze wskaźnikami parowania określono-

²⁾ $K. D ę b s k i$. „Bilans wodny rzeki Wisły po Warszawie”. Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej. Warszawa, 1950, z. 2.

nymi w inny sposób i z tego powodu obliczenia przez nią wykonanego nie można uważać za zakończone.

Trzecia praca J. Lambora jest próbą adaptacji niemieckiej metody obliczenia bilansów wodnych, opisanej przez Kalweita.

J. Lambor wybrał spośród sposobów Kalweita ten, który jego zdaniem może być stosowany w Polsce, nazwał go metodą korelat i zilustrował również na przykładzie Pilicy. Jako pozycję wyjściową przyjął Lambor w swoim opracowaniu różnicę opadu i odpływu, wypośrodkowaną za szereg lat.

Tę średnią roczną wielkość parowania rozdzielił on następnie na poszczególne miesiące przeciętnego roku. Do wykonania podziału sumy rocznej na transze miesięczne służyły liczby stosunkowe, określone na podstawie wyników pomiarów prowadzonych na lizymetrach niemieckich w Eberswalde i na podstawie wyników opracowań bilansów wodnych w niektórych zlewniach Niemieckiej Republiki Demokratycznej.

Do obliczenia parowania w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego służyło Lamborowi równanie

$$V_L = e + fd - gK^2 \quad [5]$$

w którym: d — oznacza niedosyt wilgotności, $K = \frac{1000 d}{P + W}$

(P = opad, W_n — zapas wilgoci gruntowej, dostępnej dla parowania), e , f , g — wielkości stałe.

Wyniki uzyskane za pomocą tego równania różnią się od wyników otrzymanych w inny sposób przez pozostałych autorów.

W tabeli I zestawiono wg wielkości wzrastających wysokości warstwy wody wyparowanej w poszczególnych latach, obliczone przez Ostromeckiego z wynikami obliczeń W. Stephana i J. Lambora.

TABLICA I

Rok	Parowanie terenowe (w milimetrach) wg autorów					Amplituda mm
	Lambor	Stephan	Ostromecki	Lambor	Stephan	
1925	382	—	412	—	417	35
1926	—	440	454	473	—	33
1927	—	388	407	430	—	42
1928	—	315	324	328	—	13
1929	—	345	350	449	—	104
1930	441	—	486	—	512	71
1931	369	—	429	—	429	60
1932	—	341	357	388	—	47
1933	399	—	414	—	461	62
1934	476	473	503	—	—	30

Amplituda wyników trzech różnych obliczeń wynosi 1 z tylko 13 mm, a poza tym jest z reguły znacznie większa (30 do 104 mm). Duża dyspersja świadczy o małej dokładności wyników.

Wydaje się, że najbliższe rzeczywistości są wyniki obliczeń dokonanych przez Ostromeckiego, albowiem utrzymują się one w dziewięciu przypadkach na 10 wewnątrz granic wyznaczonych przez inne obliczenia.

Świadczyłoby to zarazem o przewadze metody zastosowanej przez Ostromeckiego nad metodami przyjętymi przez pozostałych autorów.

Zauważyć jeszcze trzeba, że Lambor, a także W. Stephan poszli za wzorem Kalweita przesuwając czasokres roku hydrologicznego o 1 miesiąc wstecz.

Rok hydrologiczny zaczyna się według nich w dniu 1.X, a kończy się w dniu 30.IX., w następnym roku kalendarzowym. Miesiące X — III zaliczone są do półrocza zimowego, miesiące IV — IX do półrocza letniego. Okres wegetacyjny pokrywa się z półroczem letnim.

Tej reformy kalendarza hydrologicznego nie znajdujemy w pracy Ostromeckiego. Rosłoński natomiast proponował w swoich pracach przesunięcie początkowej daty roku hydrologicznego nie o 1 miesiąc wstecz, ale o 1 miesiąc naprzód, tj. na dzień 1.XII.

Naszym zdaniem zarówno obecna propozycja Lambora, jak i dawniejsza propozycja Rosłońskiego, nie odpowiadają wymaganiom statystyki hydrologicznej. Zalety roku hydrologicznego, przyjętego w wydawnictwach Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego i teraz w pracy Ostromeckiego równoważą ewentualne drobne niedogodności. Zmiana kalendarza hydrologicznego nie jest potrzebna i wprowadzenie jej wniosłoby niepożądane zamieszanie.

W czytaniu różnych prac dużym utrudnieniem są coraz to inne symbole literowe na oznaczenie jednakowych pojęć. Potrzebne jest pewne ujednolicenie oznaczeń.

Wyciągając wnioski praktyczne z powyższego przeglądu, możemy przyjąć za słuszne co następuje:

1. Jedynie metoda kontrolowanego bilansu wodnego może doprowadzić do wiarygodnych i pozytywnych wyników obliczeń retencji i parowania terenowego.
2. Za wskaźnik stanów retencyjnych można przyjmować niżówkowe przepływy rzek, jak również niżówkowe stany wody w rzekach i stany wody gruntowej, jednakże konieczne jest w każdym przypadku uzyskanie wyraźnego związku funkcyjnego między wielkościami obserwowanymi i obliczonymi.
3. Parowanie terenowe zależy głównie od temperatury, niedosytów wilgotności, opadów atmosferycznych i wilgotności gruntu, a wskaźnik parowania terenowego może być wyrażony przez stosowną funkcję tych czynników. Dlatego potrzebne jest, ażeby były one przedmiotem systematycznych obserwacji na stacjach hydrologicznych i meteorologicznych. Szczególnie ważne jest, aby rozpoczęte zostały obserwacje wilgoci gruntowej.
4. Wyniki obserwacji lizymetrycznych mogą być dobrym wskaźnikiem parowania terenowego, ale pod warunkiem odpowiedniego zlokalizowania i wyposażenia lizymetrów. Stosowne obserwacje lizymetryczne powinny być rozpoczęte i systematycznie prowadzone.
5. Dotychczasowe wyniki obliczeń bilansowych nie upoważniają do przyjęcia większości dotychczas proponowanych postaci równań funkcyjnych parowania terenowego za słuszne. Należy dążyć do sprecyzowania właściwego kształtu równań funkcyjnych.
6. Rozwiązanie równań bilansowych należy do najtrudniejszych zadań praktyki hydrologicznej. Wymaga ono zawsze wnikliwej analizy wyników obserwacji i ostrożnej syntezy. Dlatego obecnie jeszcze nie może być ono przedmiotem produkcji masowej, prowadzonej w sposób zmechanizowany.
7. Skuteczną kontrolą wyników obliczeń bilansu wodnego w przedziałach miesięcznych może być porównanie krzywej przebiegu stanów retencyjnych zlewni z krzywą przebiegu stanów wody gruntowej albo z krzywą odpływu wody gruntowej, albo wreszcie z krzywą wydajności źródeł. W tym celu wydajność niektórych źródeł powinna być systematycznie mierzona.
8. Rok hydrologiczny przyjmować należy w czasie od dnia 1 listopada do dnia 30 października, a nie od 1 października do 30 września roku następnego.

SPROSTOWANIE

Na życzenie dra A. Reniger, współautorki drukowanego w nr 11/55 Biuletynu IMUZ sprawozdania z konferencji erozyjnej, Kolegium Redakcyjne komunikuje, iż tekst tego sprawozdania został bez porozumienia się z współautorką skrócony, w celu dostosowania go do ram Biuletynu oraz uwypuklenia zagadnienia mechanizacji rolnictwa na terenach erodowanych.