

CALCULUL PRECIPITAȚILOR GENERATOARE DE VIITURĂ LA DETERMINAREA DEBITELOR MAXIME DE APĂ PE RÂURILE MICI ÎN REPUBLICA MOLDOVA

Orest MELNICIUC*, Gherman Bejenaru**

În literatura hidrologică contemporană, care se referă la studierea și calculul scurgerii viiturilor pluviale, un accent deosebit este pus pe elaborarea metodelor determinării caracteristicilor ploilor și averselor, ultimele fiind unii din factorii principali de formare a viiturilor.

Structura modelelor cunoscute de formare a scurgerii pluviale se bazează, în primul rând, pe aprecierea caracteristicilor principale ale ploilor și averselor. Acestea sunt așa-numitele valori ale stratului de precipitații care generează scurgerea de o durată anumită de formare a lor, egală, ca regulă, cu durata de propagare a undei de viitură până la secțiunea de calcul a cursului. Pentru aprecierea stratului extrem al precipitațiilor care formează o viitură este necesară cercetarea reducerii lor în timp. Modelele elaborate se bazează pe dependențele regionale între intensitatea precipitațiilor, durata lor și probabilitatea depășirii, adică curbele strat-durată-frecvență (SDF). Pentru aceasta se utilizează datele observărilor ploilor de către pluviografele rețelei stațiilor și posturilor meteo, din care se selectează câte un strat maxim de precipitații H_t , pentru intervale concrete de timp ($t = 4, 10, 20, 60, \dots, 720, \dots, 1440$ min), la fel și stratul maxim de precipitații diurne din an, conform datelor pluviometrului (H_{cm}). Analiza statistică specială a acestor date permite determinarea

starturilor probabile de diferită durată, apoi și intensitatea medie de calcul $\bar{i}_t = \frac{H_{t(p)}}{t}$.

Graficele funcției $\bar{i}_t = f(p)$ sunt baza calculului intensității precipitațiilor cu durata respectivă de calcul și probabilitatea depășirii $p\%$.

În CSI această metodologie a fost elaborată încă în 1966 (G. A. Alexeev) la Institutul Hidrologic de Stat (IHS). S-a propus ca valoarea intensității extreme medii a precipitațiilor $\bar{i}_{t(p)}$ cu probabilitatea depășirii dată să fie exprimată în părți din suma maximă diurnă de precipitații de aceeași probabilitate $H_{24(p)}$, fapt ce a permis obținerea curbelor regionale tipice a reducerii precipitațiilor în timp $\bar{\psi}(t)$. În total, pentru teritoriul fostei URSS au fost propuse 34 curbe tipice. Teritoriul Republicii Moldova ocupă a 7-a regiune torențială, pentru care ordonatele $\bar{\psi}(t)$ sunt indicate în tabelul 1. Tot aici sunt indicate datele care s-au generalizat de noi în baza materialului mai precis, prin folosirea materialelor poligonului torențial al Stației de Scurgere a RM (bazinul de recepție al r. Bălțața), la fel și datele propuse de documentele normative.

Tabelul 1.

| Ordonatele $\bar{\psi}(t) = \bar{i}_t / H_{24}$ | t, min | | | | | | | |
|--|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 60 | 120 | 720 | 1440 |
| Datele normative IHS | 0,040 | 0,032 | 0,027 | 0,018 | 0,011 | 0,0065 | 0,0013 | 0,001 |
| Datele precizate | 0,024 | 0,021 | 0,017 | 0,012 | 0,008 | 0,005 | 0,001 | 0,001 |
| Normativele României* | 0,030 | 0,023 | 0,019 | 0,013 | 0,008 | 0,005 | 0,001 | 0,001 |

* Instrucțiuni pentru calculul scurgerii maxime în bazinele mici, București, 1997, referitor la zona "c", malul drept al r. Prut și teritoriul premontan al r. Siret

Din datele tabelul 1 reiese că valorile precizate ale funcției $\bar{\psi}(t)$ în intervalul valorilor mici t posedă o reducere în timp mai dură. De menționat că coinciderea ordonatelor $\bar{\psi}(t)$ cu datele care au fost prelucrate independent de recomandările noastre indică faptul că în bazinul Prutului, în general, și a cursurilor mici de pe interfluviul Nistru-Prut, datele precizate descriu caracterul real al reducerii în timp a precipitațiilor torențiale pluviale.

Astfel, prin aprecierea valorii duratei de calcul a ploii t , se determină funcția reduțională $\bar{\psi}(t)$ (tab. 1), fapt ce permite ulterior determinarea valorii stratului de precipitații generator de viitură $H_{t(p)}$ cu asigurarea $P\%$ cu ajutorul valorii stratului maxim de precipitații diurne $H_{24(p)}$ calculat deja.

$$H_{t(p)} = \bar{\psi}(t) t H_{24(p)} \quad (1)$$

În afară de curbele tipice ale reducerii în timp a precipitațiilor, un loc de vază în calculele hidrologice ale scurgerii de viitură revine și modelelor empirice de tipul "formula ploii"

$$\bar{i}_{t(p)} = \frac{S_p}{(t+1)^{n_1}} = \frac{A_1 + B_1 \lg\left(\frac{100}{P}\right)}{(t+1)^{n_1}}, \quad (2)$$

unde $\bar{i}_{t(p)}$ - intensitatea extremă medie a precipitațiilor cu probabilitatea depășirii p , în mm/min; S_p , A_1 , B_1 , n_1 - parametri regionali, valoarea cărora se determină pe calea prelucrării pluviogramelor ploilor și rezultatul final fiind raionarea. Modelul (2) este inclus în recomandările normative ale României, menționate anterior. Pentru aceasta se recomandă o serie de hărți ale parametrilor S_p , A_1 , B_1 și n_1 . De exemplu, pentru bazinele Siretului și partea dreaptă a Prutului parametrul A_1 și B_1 au aceeași configurație a izoliniilor și variază de la 4,0, la nord, până la 6,0, la sud. De menționat că și configurația izoliniilor parametrului $S_{p(1\%)}$ coincid cu caracterul configurației izoliniilor parametrilor A_1 și B_1 și descresc de la sud spre nord de la 18,0 până la 12,0. Indicele gradului n aici este mai stabil - 0,60-0,67.

Presupunem că un astfel de caracter de repartizare spațială a parametrilor nominalizați, incluși în modelul (2), ascunde în sine elemente de subiectivism, deoarece pe măsura acumulării datelor noi despre ploile excepționale, legitatea dată se poate schimba esențial. Sub acest aspect modelul (2), care nu conține atât de mulți parametri empirici, ar fi mai argumentat și fizic veridic, chiar și în cazul lărgirii volumului informației nominale.

Într-un șir de țări din Asia și America, la calculele scurgerii de viitură se aplică modele mai complicate. De exemplu, în Japonia pentru determinarea intensității extreme a precipitațiilor se propune ecuația Kuno:

$$\bar{i}_{t(p)} = \frac{H_{60(p)} P^a}{\sqrt{t+b}}; \quad (3)$$

$$\text{unde } b = \frac{\sqrt{60} - \beta_p' \sqrt{\frac{t}{60}}}{\beta_p' - 1}; \quad a = \sqrt{60} + b;$$

$H_{60(p)}$ - precipitațiile orare (mm) cu probabilitatea depășirii $P\%$;

β_p' - parametrul curbei reducerii în timp a precipitațiilor, care variază pe teritoriul Japoniei de la 1,5 la 2,8. Ambele caracteristici se cartează.

În SUA drept bază pentru prelucrarea precipitațiilor servesc hărțile izohietelor ale stratului de precipitații pentru intervale anumite de timp, adică aici se soluționează concomitent două probleme: problema reducerii spațiale și în timp a precipitațiilor. De exemplu, National Weather Service din SUA propune modelul exponențial, care apreciază factorul reducerii spațial-temporale a precipitațiilor pluviale

$$K_{t(F)} = 1 - \exp\left(-1,1t^{1/4}\right) + \exp\left(-1,1t^{1/4} - 0,01F\right). \quad (4)$$

Aici t este prezentat în ore iar F în mile pătrate. Determinând $K_{t(F)}$ și cunoscând valoarea stratului de precipitații în punctul de observare $H_{t(o)}$, se obține valoarea stratului redus de precipitații pe suprafața bazinului de recepție F , adică:

$$H_{t(F)} = K_{t(F)} H_{t(o)}. \quad (5)$$

Sub acest aspect un interes deosebit prezintă cercetările referitoare la variabilitatea spațială a precipitațiilor de diferite durate.

În afară de cercetările americanilor, merită atenție cercetările interesante efectuate pentru teritoriul României (C. Diaconu, 1994), rezultatul cărora este o schemă de calcul a stratului mediu de precipitații pe suprafața F , descrisă de ecuația

$$H_{t(F)}^{(p)} = \alpha \left(A_p - B_p \lg(F + F_0) \right) \quad (4a)$$

unde $H_{t(F)}^{(p)}$ - stratul mediu de precipitații cu durata t și redus pe suprafața F cu probabilitatea depășirii P , mm; A_p , B_p , F_0 - parametrii zonali, care depind de asigurarea dată; α - coeficient de reducere în timp, care numeric este egal cu indicele reducerii

precipitațiilor în timp, adică $\Psi_{(t)} = \frac{H_{t(p)}}{H_{24(p)}} = \alpha$. Referitor la zona "C" (partea dreaptă a bazinului r. Prut și premontană a bazinului Siretului) parametrii din formula (4a) se obțin din tabelul 2.

Tabelul 2

| P% | 0,01 | 0,1 | 1 | 5 | 50 |
|----------------|------|------|------|------|------|
| A _p | 592 | 446 | 309 | 210 | 79,2 |
| B _p | 79,0 | 57,7 | 38,3 | 24,0 | 7,20 |

F₀ – reprezintă suprafața critică, unde stratul ploii se reduce mai activ. Pentru regiunea nominalizată F₀ = 10 km².

La timpul său, în URSS, pentru aprecierea reducății spațiale a precipitațiilor, se utiliza pe larg ecuația Z.P. Bogomazova și Z.P. Petrova, obținută tot în baza prelucrării hărții izohietelor ploilor excepționale. Însă pentru o rețea rară de puncte de observație, în final, autorii propun formula de tipul

$$H_F = \frac{H_0}{1 + K_1 F^n}, \quad (5)$$

unde H₀ – stratul maxim de precipitații în centrul focarului ploii (convențional stratul pentru suprafața 100 km²); K₁ – pentru ploi scurte (t < 1440 min) se acceptă drept egal cu 0,001, iar suprafața n₁ = 0,8, pentru ploi mai îndelungate K₁ = 0,002-0,03, iar n₁ = 0,55-0,65.

Prelucrarea izohietelor ploilor excepționale, căzute pe teritoriul Republicii Moldova pe 10.06.1948 și 8.07.1948 și a datelor măsurărilor cu radiolocatorul a ploii din 26 august 1994 a indicat, că asemenea ploi se reduc și pe suprafețe mai mici de 20-45 km², unde stratul de precipitații diurne depășește 200 mm iar izohieta stratului de precipitații mai mare de 20 mm s-a repartizat pe un teritoriu mai mare de 40000 km². Valorile parametrului K₁ pentru astfel de ploi oscilează de la 0,004 la 0,006, iar indicatorul n₁=0,72-0,95. Analiza ploilor excepționale, căzute pe versanții de nord-est a Carpaților Ucraineni și pe teritoriul Republicii Moldova, a permis o generalizare a modelului (5) și propunerea lui sub o redactare nouă, diferențiind parametrul K₁ în funcție de durata ploii t, în ore. Ca rezultat noi propunem expresia

$$H_{t(F)} = \frac{H_{t(p)}(1 + 0.2t)}{1 + 0.2t + aF^{n_1}} \quad (6)$$

Aici a – parametru egal cu 0,005; H_{t(p)} – stratul maxim de precipitații în centrul ploii (punctul de observație), apreciat din curba reducăției p_t din centrul ploii (tab. 1 și expresiei (1)).

Din expresiile (1) și (6) reiese că pentru determinarea debitelor viitură, care intră în componența formulelor intensității de precipitații, calculul debitelor maxime probabile ale viiturilor pluviale maxime diurne al precipitațiilor H_{24(p)} cu probabilitatea depășirii

Evaluarea caracteristicilor acestor precipitații poate fi executată printr-o prelucrare specială a materialelor observațiilor multianuale în rețeaua stațiilor și aplicarea aparatului statisticii matematice și teoriei probabilității.

În acest scop, în primul rând, s-a efectuat analiza funcției de corelare spațială (FCS) a straturilor maxime de precipitații diurne (SMPD) și evaluarea uniformității statistice a materialelor observațiilor multianuale de pe 72 pluviometre.

Coordonatele FCS pentru tot teritoriul Republicii Moldova sunt indicate în tabelul 3.

Tabelul 3

| Intervalul dintre puncte ΔL, km | Numărul perechilor de observații comune | Volumul stațiilor-an Σn _i | Durata medie a observațiilor comune, \bar{n} ani | Σn _i r _i | Valorile medii ale coeficienților corelării pare, \bar{r}_L |
|---------------------------------|---|--------------------------------------|--|--------------------------------|---|
| 0-50 | 445 | 11600 | 26 | 7460 | 0,645 |
| 51-100 | 807 | 22100 | 27 | 6690 | 0,303 |
| 101-150 | 644 | 17700 | 27 | 3320 | 0,193 |
| 151-200 | 408 | 11600 | 28 | 1530 | 0,132 |
| 201-250 | 196 | 5590 | 28 | 849 | 0,153 |
| 251-300 | 64 | 1840 | 28 | 499 | 0,271 |

Construcția FCS $\bar{r}_L = f(L)$ s-a efectuat după valorile medii ale coeficienților corelării pare în intervalul dat Δl = 50 km, care s-au apreciat prin formula:

$$\bar{r}_L = \frac{\sum_{i=1}^N r_i n_i}{\sum_{i=1}^N n_i}, \quad (6)$$

coordonatele cărora sunt indicate în tab. 3. Aproximarea funcției obținute $\bar{r}_L = f(L)$ a permis determinarea aspectului analitic al acestei funcții:

$$\bar{r}_L = r(0) \exp\left(-\frac{L}{L_0}\right), \quad (7)$$

unde $\bar{r}(0)$ - valoarea extrapolată a FCS la valoarea zero L; L₀ – raza corelației. Aici $\bar{r}(0)=0,90$; L₀=75 km.

De menționat că, precum au indicat lucrările noastre în determinarea parametrilor FCS, acest rezultat corespunde, practic, cu datele stabilite pe poligoanele torențiale ale Ucrainei, fapt ce confirmă veridicitatea rezultatelor obținute.

Cunoscând parametrii FCS, nu este greu de răspuns la chestiunea despre erorile admisibile de determinare a stratului maxim de precipitații diurne pe suprafața dată F, la prezența densității actuale a măsurătorilor.

Pentru demonstrarea structurii FCS valoarea erorii medii pătratică de calcul a stratului mediu de precipitații diurne pe suprafața F se determină din formula (R. L. Kacian, 1966):

$$E = \sigma_{H(F)} \sqrt{\frac{1 - \bar{r}(0)}{n} + \frac{0.23 \bar{r}(0) \sqrt{F}}{n^{3/2} I_0}} \quad (8)$$

Aici $\sigma_{H(F)}$ – abaterea medie pătratică a valorilor punctuale ale precipitațiilor pe suprafața F ; n – cantitatea punctelor cu pluviometre, utilizate pentru analiză. Pentru tot teritoriul Moldovei $n=72$ puncte.

Primul component al expresiei din radical (formula (8)) caracterizează valoarea erorii, legată de greșelile instrumentale și precizia prelucrării informației, la fel și diferențierea condițiilor microclimatice de repartizare a rețelei măsurătorilor. Al doilea component din radical caracterizează eroarea determinării stratului mediu de precipitații pe suprafața F pe contul variabilității lor naturale (reducția spațială). Calculul $\sigma_{H(F)}$ în general pentru teritoriul Republicii a constituit valoarea $\pm 4,2$, corespunzător pentru valoarea medie multianuală a SMPD. Dacă acceptăm că densitatea medie a punctelor meteo alcătuiește 1 stație la 480 km^2 , atunci eroarea calculului SMPD pe această suprafață va alcătui

$$E = 4,2 \sqrt{1 - 0,90 + \frac{0,23 \cdot 0,90 \sqrt{480}}{75}} = 2,0 \text{ mm}.$$

Dacă vom ține cont că schimbările valorii multianuale SMPD în limitele Republicii Moldova este 37-55 mm, atunci eroarea relativă de calcul corespunzător va alcătui 4-5%, adică se află în intervalul preciziei măsurătorilor.

La cartarea valorii medii multianuale SMPD, pasul izoliniilor se alege ținând cont de abaterea medie pătratică a elementului și nu se admite să depășească valoarea dublă a expresiei $2\sigma_{H(F)}$, adică 8 mm.

În cazul nostru, acest pas a fost admis de 5 mm, și pe hartă s-a reușit trasarea izoliniilor SMPD, corespunzător, de 40, 45, 50 mm (vezi des. 1). Orientarea izoliniilor SMPD este în special în direcție de la nord-vest spre sud-est, ocolind arcul Carpaților Românești și, pe măsura îndepărtării spre est de acest arc, valoarea stratului sumei precipitațiilor diurne scade treptat, fapt, care în general nu se contrazice cu natura formării precipitațiilor torențiale aici.

Al doilea parametru statistic SMPD C_{vH} – coeficientul de variație, pentru teritoriul Republicii Moldova, variază în intervalul 0,31-0,87. Valoarea lui medie, pe teritoriul țării, alcătuiește 0,5, iar abaterea medie pătratică $\sigma_{C_{vH}}$ aici nu depășește 0,162, ce în concordanță cu cerințele nominalizate anterior permit efectuarea cartării C_{vH} cu pasul 0,1. Din harta prezentată în desenul 2 se observă că repartizarea teritorială a C_{vH} , repetă, în general, caracterul repartizării valorii medii multianuale a SMPD. De menționat că maximum $C_{vH} = 0,7-0,8$ se referă la raioanele centrale ale Republicii Moldova. Pe măsura deplasării spre est – sud-est, acest coeficient se micșorează, până la 0,4, mergând de-a lungul r. Nistru.

Analiza ne arată că raportul dintre coeficientul de asimetrie SMPD C_{sH} și coeficientul de variație C_{vH} rămâne stabil, în general, pentru teritoriul țării și de aceea el

poate fi acceptat drept $C_{sH}=3C_{vH}$, fapt ce este ilustrat în graficul prezentat în desenul 3. Asigurarea erorii admisibile $\pm 20\%$ la acceptarea raportului $C_{sH}=3C_{vH}$ alcătuiește 81% ce argumentează indiscutabil acest normativ pentru teritoriul Republicii Moldova.

Disponând de metodologia determinării propuse a parametrilor statistici de bază \bar{H}_{24} , C_{vH} și C_{sH} și utilizând curbele teoretice de repartizare a probabilităților cunoscute în hidrometeorologie (Pearson III sau gama-repartizarea triparametrică Krițkii-Menkel), este ușor de determinat valoarea solicitată a stratului maxim diurn de precipitații cu probabilitatea anuală a depășirii din formula

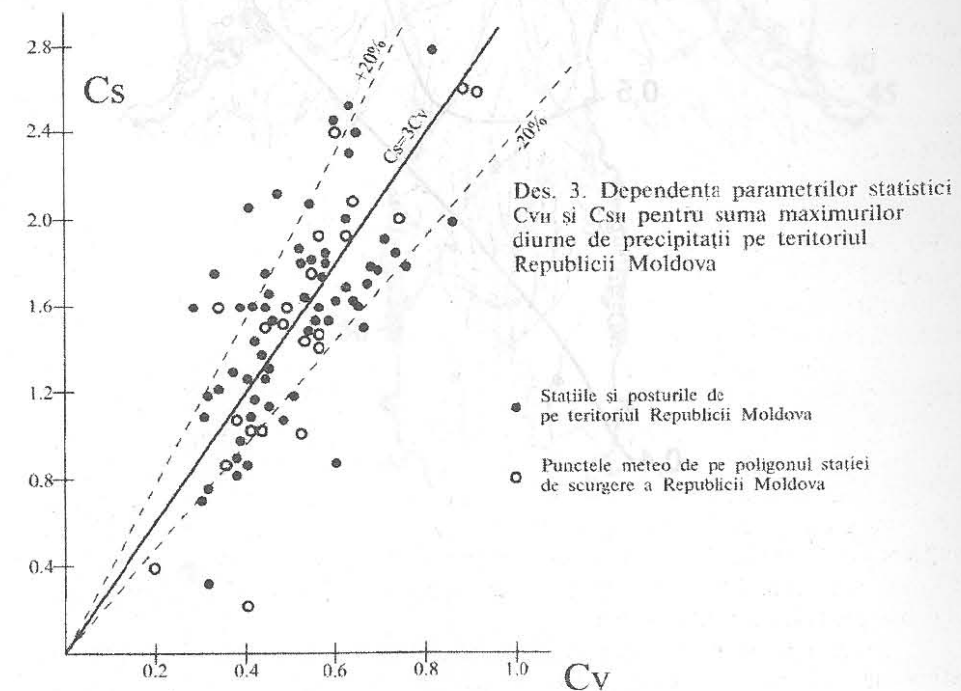
$$H_{24(p)} = K_p \bar{H}_{24} \quad (9)$$

Aici K_p – coeficient modul, apreciat drept funcție de la $P\%$, C_{vH} și C_{sH} din tabele speciale.

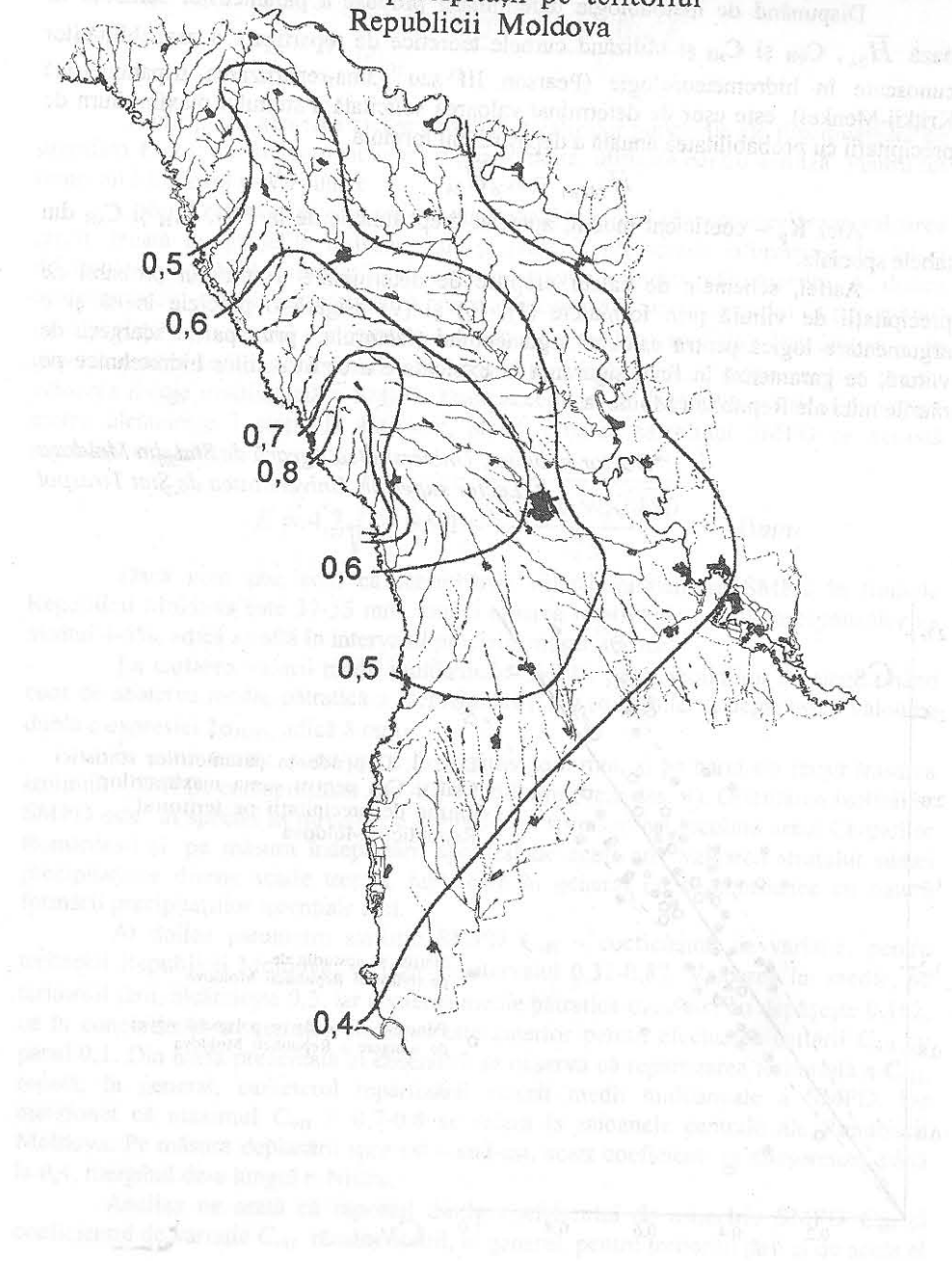
Astfel, schemele de calcul propuse de determinare a stratului probabil de precipitații de viitură prin formulele (1), (6) și (9) asigură o precizie înaltă și o argumentare logică pentru calculul argumentului (factorului) principal al scurgerii de viitură, ce garantează în final siguranța în exploatare a construcțiilor hidrotehnice pe râurile mici ale Republicii Moldova.

*Doctor habilitat, Universitatea Agrară de Stat din Moldova

**Lector superior, Universitatea de Stat Tiraspol



Repartizarea coeficientului de variație a sumelor maxime
diurne de precipitații pe teritoriul
Republicii Moldova



Repartizarea sumei maxime medii multianuale de
precipitații diurne pe teritoriul Republicii Moldova

