

UTILIZAREA RADARULUI ȘI A SISTEMELOR INFORMAȚIONALE TERESTRE ÎN ANALIZA FORMĂRII INUNDAȚIILOR PE RÂURILE MICI DIN REPUBLICA MOLDOVA

Nicolae Boboc*, Tatiana Constantinov*, Orest Melniciuc*

Republica Moldova, ca parte componentă a Europei de Sud-Est, reprezintă o regiune unde ploile torențiale, determinate, în mare parte, de specificul activității ciclonale, creează condiții favorabile pentru declanșarea unor riscuri hidrologice cum sunt inundațiile catastrofale. Un pericol deosebit în declanșarea acestor fenomene îl prezintă așa numitele ploi torențiale locale care formează în râurile mici, inclusiv și în sistemele hidrografice de ordin inferior (de ordinul doi, trei și patru în sistemul Horton-Strahler) mari scurgeri torențiale.

În ultimii 50 de ani în bazinele râurilor mici din interfluviul Prut-Nistru s-au înregistrat câteva zeci de inundații locale care au adus nu numai mari daune economiei, dar și jertfe omenești. O creștere substanțială a numărului inundațiilor în râurile mici se înregistrează îndeosebi în ultimele două decenii. De exemplu, în iunie a. 1991 aversele locale au cauzat inundații catastrofale în bazinul r. Răut și al r. Cerna (afluent de dreapta al fluviului Nistru), aducând daune economiei naționale și populației de 70 mil. dolari SUA, numărul celor decedați fiind de 21 persoane. Ploaia torențială din 26 august a. 1994 a declanșat inundații catastrofale în văile râurilor Călmățui și Lăpușna, afluenți de stânga ai r. Prut, când pierderile materiale au fost de 78,8 mln. dolari SUA, iar pierderile omenești, după date incomplete, au fost de 29 de persoane [2, 3]. După datele Institutului „ACVAPROECT” valoarea daunelor medii anuale, cauzate de inundații, întrece 43 mil. dolari SUA.

Dar, ne cătând la rolul extrem de mare al acestor riscuri hidrologice în viața și activitatea societății, cercetările modului de formare a acestora în Republica Moldova se efectuează într-o măsură insuficientă. Lucrările publicate în această direcție tratează, de obicei, doar daunele aduse de către inundații activităților sociale și economice și conțin propuneri menite să faciliteze elaborarea unor măsuri hidrotehnice în scopul protecției populației și a obiectivelor economice de la aceste hazarduri hidrologice.

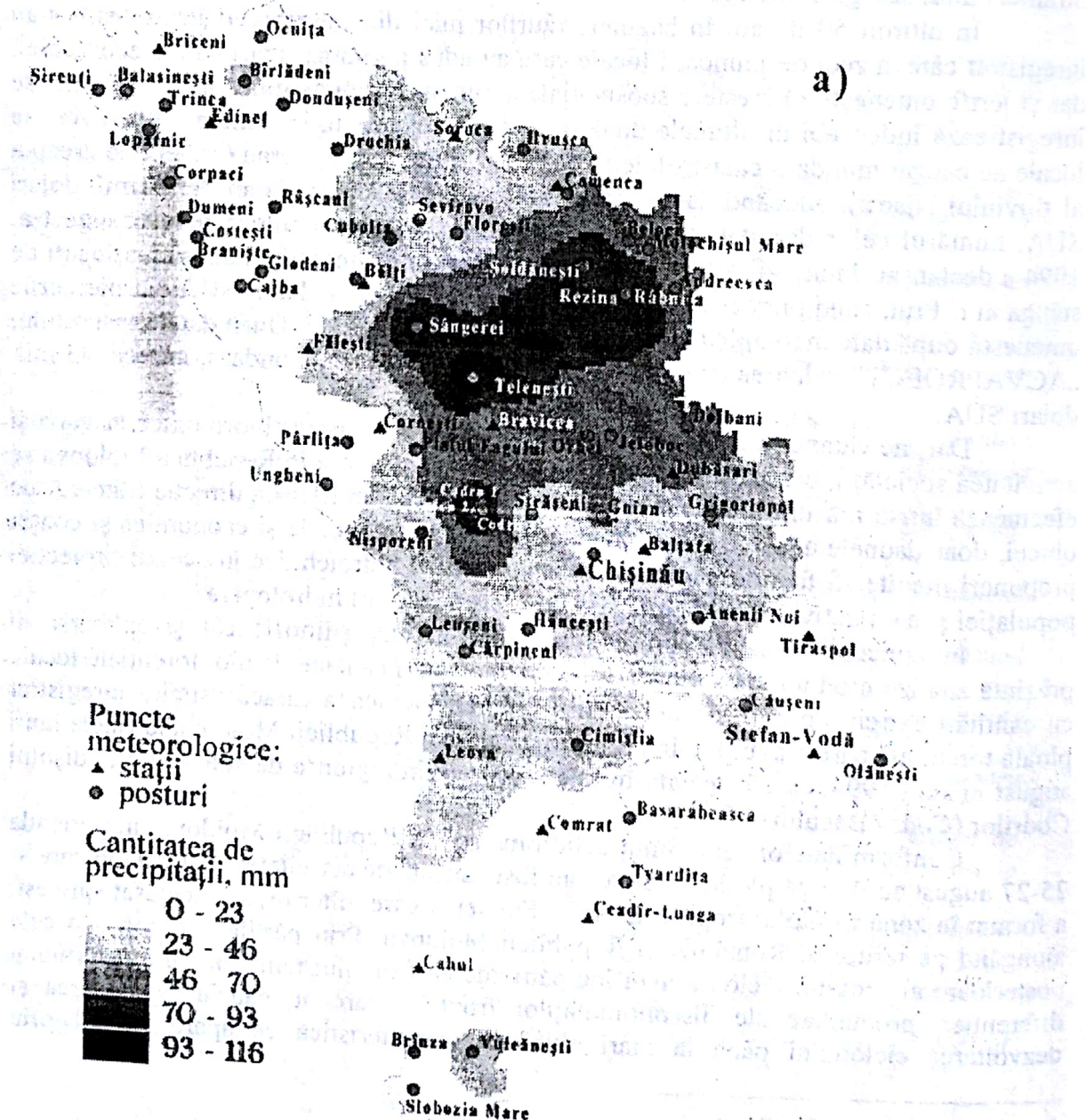
În concepția noastră, un interes deosebit, atât științific cât și aplicativ, îl prezintă analiza modului de formare a inundațiilor mari cauzate de ploi torențiale locale cu cantități extrem de mari de precipitații diurne. Asemenea caracteristici a înregistrat ploaia torențială care a avut loc în regiunea centrală a Republicii Moldova la finele lunii august în anul 1994, cu efecte catastrofale îndeosebi în regiunea de sud-vest a Podișului Codrilor (Codrii Bâcului).

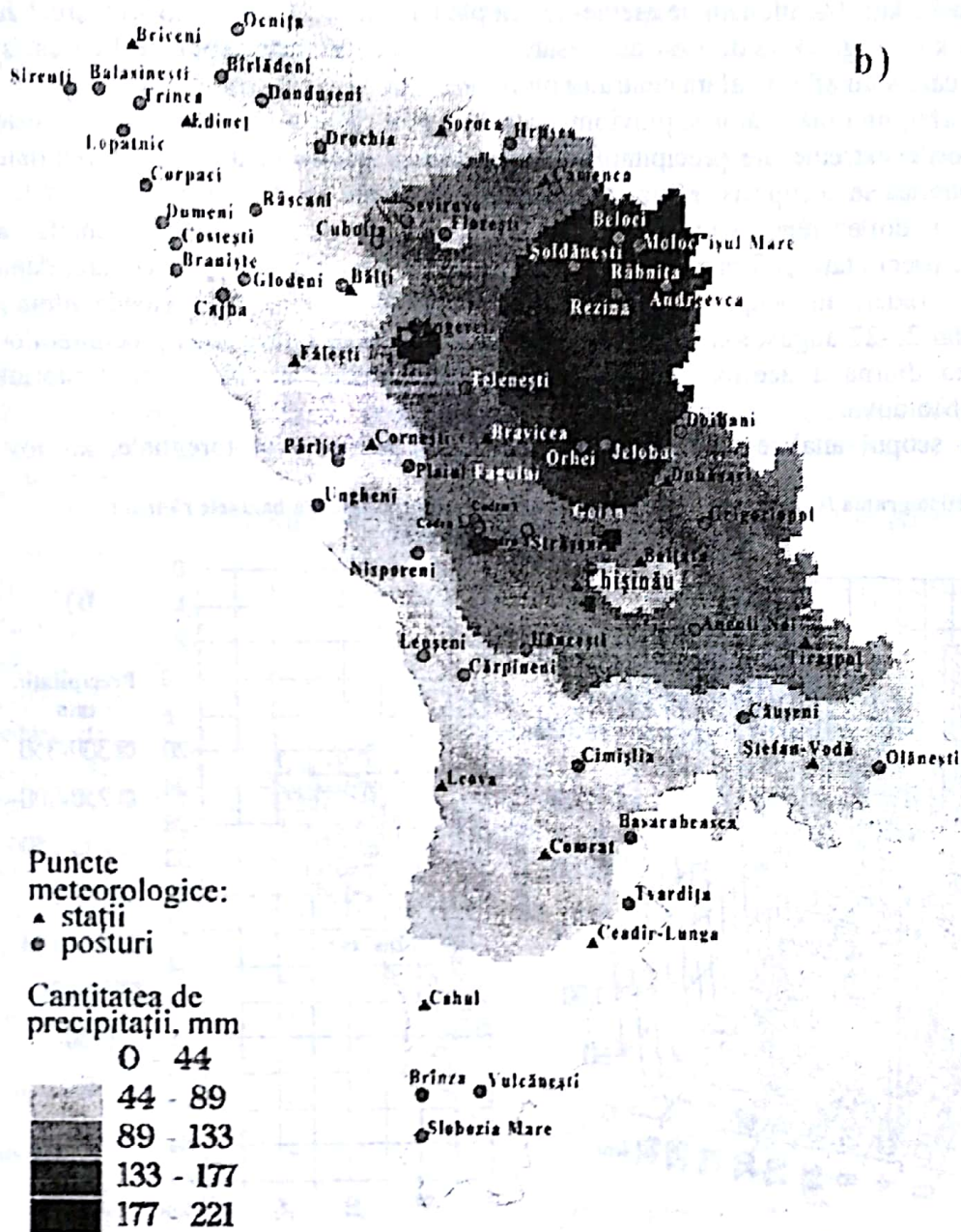
Conform datelor serviciului „Hidrometeo” al Republicii Moldova, în perioada 25-27 august anul 1994 ploile torențiale au fost cauzate de activitatea unui ciclon care s-a format în zona frontului tropical în sudul Franței și care, ulterior, s-a deplasat spre est, ajungând pe teritoriul României și Republicii Moldova. Prin părțile anterioare și cele posterioare ale acestui ciclon a avut loc pătrunderea frontului temperat ce a determinat diferențieri pronunțate ale discontinuităților frontale, care au cauzat regenerarea și dezvoltarea ciclonului până la mari altitudini, caracteristică ce apare la categoria

* Institutul de Geografie al AȘM, Chișinău

ciclونilor puțin mobili. În consecință, a avut loc diminuarea bruscă a vitezei de deplasare a ciclونului. După măsurătorile radar, viteza de mișcare a maselor de aer de deasupra teritoriului Republicii Moldova, în perioada căderii acestor ploii torențiale, s-a diminuat de la 30 km/oră, până la 4 km/oră. Procesul de blocare a mișcării ciclونului a fost influențat și de deplasarea, spre sudul Finlandei și, ulterior, spre regiunea centrală a Rusiei Europene, a unui anticiclون rece din regiunea Mării Albe. În asemenea condiții, deasupra Republicii Moldova și Ucrainei de Sud a avut loc convergența maselor de aer nord-vestice și vestice cu umiditate abundentă ce s-a majorat în continuu odată cu pătrunderea, în zona frontală, a maselor de aer tropical. O atare situație sinoptică a determinat căderea precipitațiilor cu o mare intensitate și cu repartitia extrem de ne omogenă în spațiu.

Fig. 1. Repartitia spațială a precipitațiilor înregistrate la posturile și stațiile meteorologice:
a) în ziua inundațiilor, 26.08.94; b) în 25 - 28.08.94





Fenomenul de repartiție spațială neomogenă a cantității de precipitații, căzute în timpul ploilor torențiale din 25-27 august 1994, a fost înregistrat de către posturile și stațiile meteorologice. Rezultatele acestor măsurători sunt sistematizate pe hărțile respective (fig. 1a,b). Analiza acestora demonstrează că observările terestre nu au înregistrat valorile maxime ale precipitațiilor, care au determinat formarea inundațiilor catastrofale în bazinele râurilor Lăpușna și Călmățui. Acest fenomen poate fi explicat, în primul rând, prin numărul mic al punctelor de observație (pe teritoriul Republicii Moldova rețeaua meteorologică include 17 stații și 55 de posturi meteorologice). Densitatea rețelei meteorologice echivalează, astfel, cu un punct meteorologic la 468 km², distanța medie dintre acestea fiind de 20-30 km. În regiunea cu stratul de precipitații de grosimi catastrofale, din bazinele râurilor Lăpușna și Călmățui, densitatea rețelei de stații și posturi meteorologice este și mai mică, distanța dintre acestea

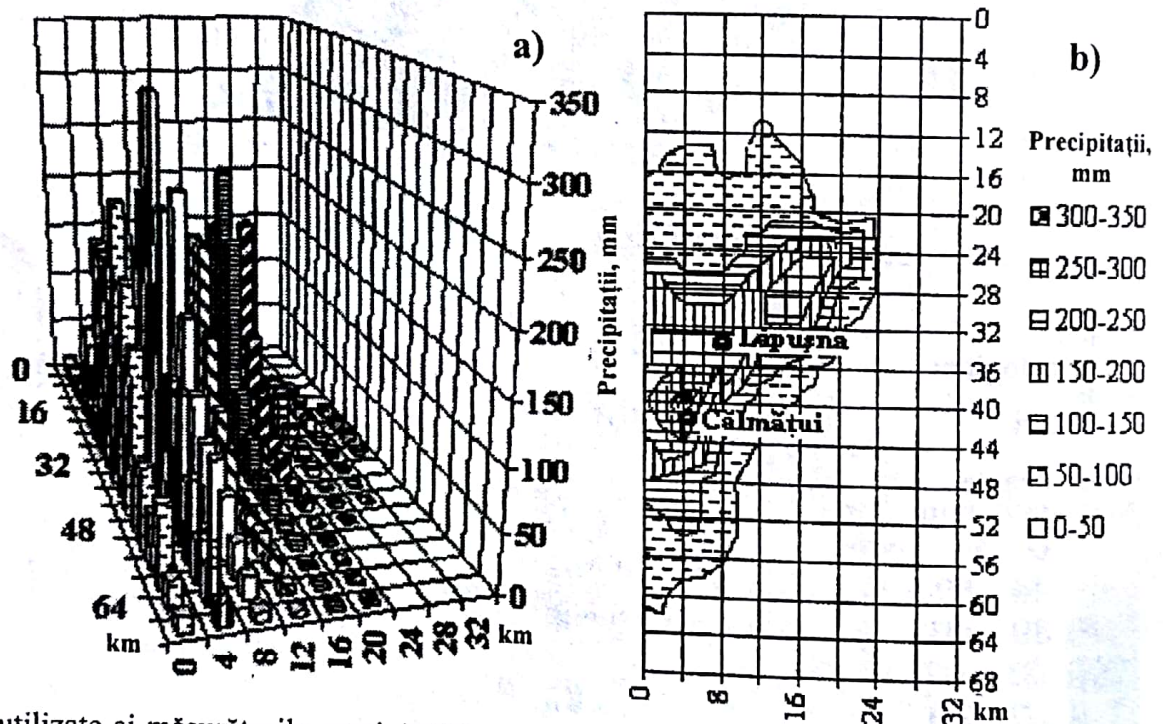
ajungând la 32 km. Menționăm de asemenea că ploaia catastro-fală a ocupat un areal de circa 1360 km² (fig. 2), unde sunt amplasate doar posturile meteorologice Leușeni și Nisporeni, care s-au aflat în afara centrului ploii torențiale.

Astfel, nici măsurătorile pluviometrice, nici cele radar n-au înregistrat în aceste puncte valorile extreme ale precipitațiilor caracteristice pentru centrul ploii torențiale care, în dinamica sa, a cuprins regiunile megieșe din bazinele acestor râuri.

În al doilea rând, aceasta se explică și prin reducerea spațială pronunțată a cantității de precipitații și formarea unor centre locale ale averselor de ploaie, care, după măsurătorile radar, au ocupat suprafețe relativ mici, de 16 km². În perioada ploilor torențiale din 25-27 august s-au înregistrat câteva areale unde intensitatea precipitațiilor și cantitatea diurnă a acestora au atins valorile maxime înregistrate pe teritoriul Republicii Moldova.

În scopul analizei condițiilor de formare a acestor ploi torențiale, au fost

Fig. 2. Histograma (a) și cartograma (b) epicentrului ploii torențiale din bazinele râurilor Lăpușna și Călmățui din 26.08.1994.



utilizate și măsurătorile precipitațiilor, efectuate de Serviciul Antigrindină al Republicii Moldova. Complexul radar AKSOPRI-MRL-5, în afară de principalele sale funcții, efectuează și măsurători ale cantităților de precipitații pe raza de 200 km. Fiind localizat în Chișinău, el cuprinde cu măsurători tot teritoriul republicii.

În ceia ce urmează, vom analiza rezultatele măsurătorilor radar ale precipitațiilor ploii torențiale care a avut loc la 26 august 1994 de la orele 12 până la orele 18. Măsurătorile radar exprimă intensitatea medie a ploii în mm/oră pe intervale de 10 minute, într-un pătrat de 4 km x 4 km. Paralel cu aceasta, sistemul computerului permite să se calculeze valoarea medie a intensității ploii torențiale și a cantității de precipitații pentru orice interval de timp.

Analiza cartogramelor radar demonstrează că ploaia torențială din 26 august a cuprins un areal mare al teritoriului Republicii Moldova și a celui din sud-estul României. Dar, pe fondul general al repartiției precipitațiilor, se evidențiază două centre

cu ploi mai puternice. Primul, cel mai puternic, a ocupat bazinele râurilor Lăpușna și Călmățui din partea stângă a Prutului și bazinele afluenților din dreapta râului Prut, din Depresiunea Huși. Al doilea centru a cuprins bazinele râurilor Ciuluc și Cula, afluenți de dreapta ai râului Răut.

Bazinele râurilor Lăpușna și Călmățui au reprezentat epicentrul ploii torențiale. Măsurătorile radar demonstrează că pe o suprafață de 16 km², în 5,5 ore, la 26 august 1994, au căzut 240-250 mm precipitații – cantitatea maximală, de pe teritoriul Republicii Moldova, care a întrecut valoarea maximală diurnă (218 mm), înregistrată la stația meteorologică Chișinău pe 10.06.1948.

Este necesar de menționat că, în ultimii 10-15 ani, metodele radar se utilizează în efectuarea măsurătorilor precipitațiilor atmosferice atât în cercetări hidrologice cât și în cele meteorologice. Îndeosebi se utilizează pe larg în scopul prognozei inundațiilor, cu utilizarea sistemelor informaționale automate hidrodinamice Project „MOSYM”, model „VIDRA” [5].

În procesul efectuării unor astfel de studii, o atenție deosebită se acordă [1, 7] evaluării posibilelor erori în procesul utilizării radiolocației în studiul precipitațiilor. Unele diferențe dintre valorile măsurătorilor terestre și ale indicatorilor radarului se explică prin deosebirile categoriilor de precipitații (zăpadă, grindină etc.), specificul reliefului, duratei perioadei utilizate pentru determinarea valorilor medii ale precipitațiilor și suprafața ocupată de aversa de ploaie. Eroarea medie a măsurătorilor cantității de precipitații, efectuate cu utilizarea radiolocației, este determinată, în mare parte, de durata perioadei căderii precipitațiilor și de suprafața teritoriului, utilizată în obținerea valorilor medii [7]. Conform acestor date, pe suprafața de 400 km², cu durata de calcul de 2,5 ore, eroarea medie a precipitațiilor obținute prin măsurători radar nu depășește 10% din cele pluviometrice. Confruntarea datelor obținute în procesul calibrării datelor radiolocatorului cu indicii pluviometrici în timpul ploilor convective, conform altor autori [1], denotă că devierile nu depășesc 15-22%.

Rezultatele calibrării datelor măsurătorilor ploii torențiale cu valorile obținute la rețeaua din 9 pluviografe este redată în tabelul 1.

Tabelul 1. Calibrarea rezultatelor măsurătorilor radar și a celor pluviografice ale precipitațiilor din 26.08.1994.

Stația meteo	Timpul ploii, ore-min		Stratul precipitațiilor în mm, după		Diferența dintre măsurători pluviografice și radar	% devierii de la observațiile terestre
	începutul	sfârșitul	pluviograf	radar		
Cornești	13-15	17-08	10,5	13,7	+3,2	+30
Cahul	13-40	16-40	8,1	4,0	-4,1	-50
Bravicea	11-12	17-50	45,5	47,0	+3,5	+9
Comrat	13-21	17-16	3,3	3,3	0,0	0
Ciadâr-Lunga	13-09	17-30	7,6	3,5	-4,1	-52
Chișinău	14-52	17-30	10,2	11,5	+1,3	+12
Dubăsari	12-21	17-50	5,2	5,5	+0,3	+5
Ștefan-Vodă	14-30	17-05	3,5	2,2	-1,3	-37
Râbnia	13-01	17-30	4,4	5,5	+1,1	+25

Analiza tab.1 demonstrează că măsurătorile radar ale ploii torențiale din 26 august anul 1994 reprezintă rezultate care reflectă situația reală ce a provocat apariția inundațiilor catastrofale în bazinele râurilor Lăpușna și Călmățui. Aceasta permite utilizarea rezultatelor radar ale măsurătorilor ploii torențiale în analiza proceselor de formare a scurgerii torențiale, însoțite de inundații catastrofale în bazinele acestor râuri.

În scopul evaluării specificului de repartiție spațială a stratului de precipitații care formează viiturile pe teritoriul Republicii Moldova, a fost efectuată prelucrarea specială a cartogramelor datelor radar, ce permite aprecierea valorii stratului de

precipitații calculat pe o anumită suprafață a unui areal al bazinului de recepție, situat în regiunea epicentrului ploii torențiale. Această legitate poate fi exprimată prin relația:

$$X_f = 290 \exp(-0,0011F), \quad (1)$$

unde F – suprafața arealului bazinului de recepție luat în calcul, km^2 . Valoarea coeficientului de dependență corelativă (R^2) este destul de mare, fiind de 0,976.

Specificul repartiției spațiale a stratului de precipitații în epicentrul ploii torențiale din bazinele râurilor Lăpușna și Călmățui este redat în fig. 2.

Sub aspect temporal, legitățile de creștere maximală a stratului de precipitații în epicentrul ploii torențiale sunt prezentate în fig. 3.

Analiza fig. 3 denotă că grosimea stratului de precipitații și durata acestei ploi torențiale sunt într-o dependență liniară cu coeficientul unghiular egal cu 0,67. Acest grafic a fost construit în baza măsurătorilor radar ale valorilor stratului cumulat adimensional cu media calculată într-un areal de $4 \times 4 \text{ km}^2$, din zece în zece minute în timp de 5,5 ore.

Cu regret, în această zonă centrală a ploii torențiale, nu avem stații pluviografice. Dintre stațiile meteorologice mai apropiate, această ploaie torențială a fost înregistrată mai complet doar de stațiile Bravicea și Chișinău. Pluviogramele acestei ploi sunt redată în fig. 4. Stația Bravicea a înregistrat un al doilea centru al ploii torențiale, care practic s-a format în același timp cu primul, din bazinele râurilor Lăpușna și Călmățui. Durata ploii, după datele pluviogramei, în regiunea Bravicea a fost de 10 ore și 47 minute, când s-au înregistrat 63,1 mm de precipitații, cu intensitatea medie de 0,1 mm/min și cu valoarea maximală a intensității precipitațiilor de 0,4 mm/min.

Dinamica ploii torențiale la stația Chișinău, reieșind din specificul pluviogramei, se caracterizează prin particularități specifice; aici această ploaie începe cu o anumită întârziere, la orele 14 și 52 minute, având intensitatea medie de 0,26 mm/min și intensitatea maximală de 1,41 mm/min.

Analiza pluviogramelor și a datelor radar ale acestei ploi, după grosimea stratului cumulat adimensional (fig. 5), demonstrează că funcția cumulată are un caracter curbiliniu. Această deosebire se explică prin faptul că pluviograficul înregistrează intensitatea ploii

Fig. 3. Curba cumulativă adimensională a ploii din 26.08.1994, obținută prin măsurători radar

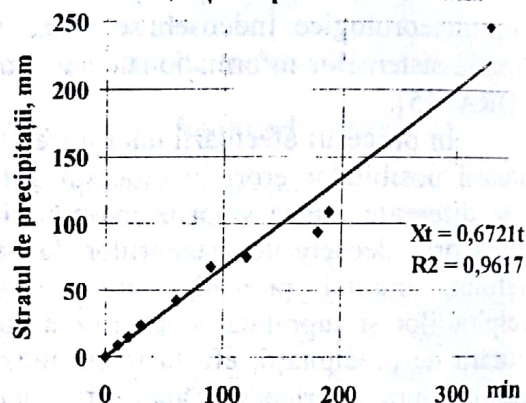


Fig. 4. Pluviogramele ploii torențiale din 26.08.1994, stațiile Bravicea și Chișinău

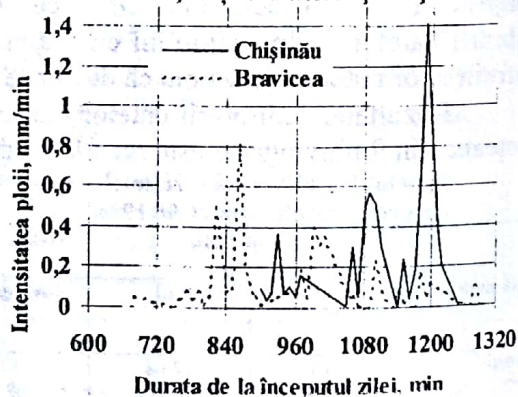
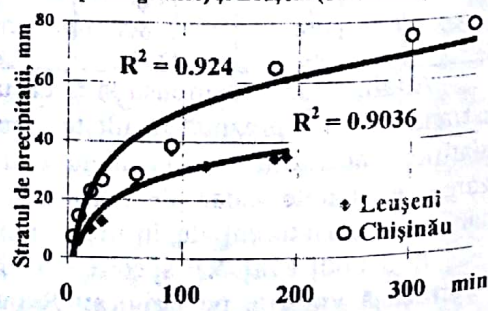


Fig. 5. Curbele cumulative adimensionale ale ploii din 26.08.1994, stațiile Chișinău (date pluviografice) și Leușeni (date radar)



într-un punct stabil, în timp ce centrul ploii torențiale se găsește într-o dinamică continuă. În condițiile când valoarea cumulată adimensională a precipitațiilor se calculează în puncte fixe cu ajutorul radarului sau pluviografului (fig. 5), se evidențiază aceeași legitate curbilinară în repartitia temporală a intensității ploii. Intensitatea maximală a ploii, înregistrată de radar, de asemenea se modifică ne semnificativ, proces confirmat de graficul reprezentat în fig. 3.

Dacă reieșim din calcule sau prognoza scurgerii maxime a viiturilor, în așa caz, în concepția noastră, aprecierea valorii maxime a stratului de precipitații care produce viitura, este necesar să se facă după valoarea maximală a intensității ploii torențiale ce se situează în limitele arealului bazinului colector luat în calcul și nu după măsurătorile efectuate într-un punct fix (stație). Doar în așa caz putem garanta obținerea unor valori mai veridice a caracteristicilor inundațiilor.

Funcția cumulată a precipitațiilor se exprimă, de obicei, în procente din maximul precipitațiilor cu un anumit grad de asigurare. Aprecierea acestor valori maxime necesită o analiză statistică specifică a rezultatelor observațiilor multianuale după măsurători efectuate la stații situate în regiunile susceptibile la inundații. În tab. 2 sunt prezentate rezultatele calculelor efectuate în baza datelor înregistrate la nouă stații, care, sub aspect geografic, reprezintă Podișul Central al Moldovei.

După cum reiese din acest tabel, valorile maxime ale precipitațiilor diurne cu 1% de asigurare, în majoritatea cazurilor, nu corespund cu valorile precipitațiilor diurne care s-au înregistrat în perioada 25-27 august 1994. În același timp, măsurătorile radar (fig. 2) demonstrează că valoarea diurnă a precipitațiilor în timpul acestei ploi în multe regiuni ale Republicii Moldova au întrecut valoarea cu asigurarea de 1% (tab. 2). Este necesar, astfel, de a calcula probabilitatea căderii unei asemenea ploi torențiale catastrofale.

Atât în plan teoretic, cât și aplicativ, calculele hidrologice ale viiturilor cu debite maxime și ale stratului de precipitații se efectuează în conformitate cu unul și același grad de asigurare, dependent de categoria (clasa) construcțiilor capitale proiectate în scopul protecției la viituri catastrofale [6].

Tabelul 2. Rezultatele analizei statistice a valorilor precipitațiilor maxime diurne.

Stația	Anii de observație	Numărul observațiilor, ani	Anul cu precipitații maxime	Precipitații maxime diurne, mm		Coeficienți statistici		Stratul de precipitații, mm, asigurarea 1%
				înregistrate	25-27.08.94	de variație	de asimetrie	
Chișinău	1947-2000	54	1948	219	69,3	0,63	0,56	348
Nisporeni	1951-1967 1969-1973 1975 1977-2000	47	1998	99	14,7	0,38	1,06	92
Chișinău-Bâc	1951-1954 1969-1973 1975 1977-1991 1993-1997 2000	31	1985	115	7,2	0,45	1,77	118
Sângera	1951-1973 1975 1977-1986	34	1967	99	103	0,42	1,19	112
Ungheni	1954-1984 1987-2000	45	1969	128	26,3	0,53	0,96	137

Pârlița	1958-2000	43	1969	122	14,7	0,51	0,93	133
Cârpineni	1951-1986 1996-2000	41	1998	97	-	0,35	0,89	93
Cornești	1951-2000	50	1969	138	30,9	0,47	1,7	136
Hâncești	1958-1973 1975 1977-2000	41	1998	99	54,4	0,37	1,24	105

De obicei, se consideră că, în condiții normale de exploatare, distrugerea barajelor iazurilor și a lacurilor de acumulare are loc atunci când debitele torentului, în timpul viiturilor care produc inundații, întrec valorile debitelor incluse în proiect. Menționăm de asemenea că, în cazul când creșterea debitelor datorită ploilor abundente este mai mică în raport cu valoarea celor incluse în argumentarea proiectului, nu se impun condiții la proiectarea obiectivului hidrologic respectiv.

Pentru explicarea acestor condiții au fost utilizate materialele cercetărilor de teren ale regiunilor supuse inundațiilor din bazinele râurilor Lăpușna și Călmățui, efectuate de Institutul „ACVAPROIECT” și serviciul „Hidrometeo” imediat după inundațiile catastrofale din anul 1994. Conform rezultatelor obținute, declanșarea acestor inundații a decurs în modul următor.

După ploaia torențială catastrofală, când cantitatea diurnă de precipitații a întrecut valoarea de 240-300 mm, în segmentele superioare ale bazinelor râurilor Lăpușna și Călmățui s-a format o viitură, care, în mișcarea sa în aval, a distrus barajul lacului de acumulare situat în amonte de satul Lăpușna, ceea ce a dus la formarea unei unde de viitură cu înălțimea de 3 m și lățimea de 600 m. Această undă, în mișcarea sa spre satele Sofia și Negrea, a distrus barajele a încă 6 iazuri, ajungând la înălțimea de 4-5 m, iar după distrugerea barajului lacului de acumulare din comuna Cârpineni, cu un volum de 1,04 mil. m³, s-a format o viitură cu înălțimea undei de 7 m. Aceasta, ajungând în lacul de acumulare Minjir, a format, în zona barajului, o cădere de apă de 13,9 m, majorând volumul rezervorului de apă de la 12,2 mil. m³ până la 25,7 mil. m³. În consecință, a urmat ruperea barajului și a acestui lac de acumulare și noua undă de inundație, distrugând tot în calea sa și producând multiple jertfe omenești, a ajuns la gura râului.

O situație asemănătoare s-a creat și în valea râului Călmățui. Viitura care s-a format aici în cursul superior al bazinului a distrus barajul iazului din preajma satului Boghicieni, iar în aval încă barajele a cinci iazuri, în regiunea satelor Gălești, Pervomaisk, Krasnoarmeisk și Călmățui.

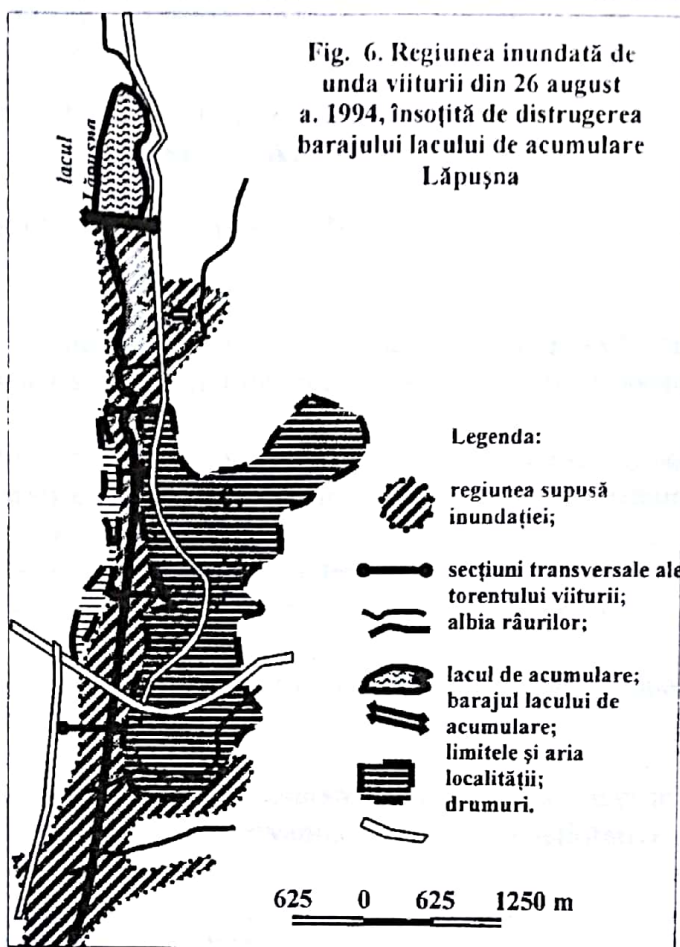
Ridicarea topografică instrumentală a secțiunilor transversale ale torentului din albia și lunca râului, efectuată pe urmele inundațiilor, permite să se reconstituie caracteristicile principale morfometrice și hidrologice ale torentului viiturii. Ca exemplu, prezentăm o schiță a unui fragment al zonei supuse inundațiilor în valea râului Lăpușna în urma distrugerii barajului lacului de acumulare din amonte de comuna Lăpușna (fig. 6).

În procesul de planificare a utilizării terenurilor din talvegul văilor în scopul amplasării obiectelor economice și ale localităților, este necesar, astfel, de ținut cont de reprezentările cartografice ale zonelor supuse inundațiilor, cauzate de formarea undelor de viitură în urma distrugerii barajelor lacurilor de acumulare. În procesul de valorificare a unor astfel de terenuri, este necesar de a lua în considerație că aprecierea regiunilor inundabile doar numai în baza debitului maximal al viiturii cu asigurarea de 1%, cum se propune în documentele normative, duce la creșterea riscului declanșării inundațiilor catastrofale.

Rezultatele analizei modului de formare a inundațiilor locale în văile râurilor mici ale Republicii Moldova demonstrează necesitatea utilizării mai largi a sistemelor informaționale radar în elaborarea prognozelor inundațiilor.

Sunt necesare, de asemenea, analize mai profunde ale rezultatelor observațiilor asupra ploilor torențiale, efectuate la stațiile meteorologice și confruntarea acestora cu informația obținută prin sistemul măsurătorilor radar ale precipitațiilor.

În procesul de elaborare a măsurilor de protecție de la inundații este necesar de evidențiat zonele posibilelor inundații din sectoarele luncilor râurilor și teraselor inferioare, ținând cont de riscurile care pot fi provocate de posibilele distrugerii ale barajelor lacurilor din prezent și ale celor care sunt proiectate pentru viitor.



BIBLIOGRAFIE

1. Facets of Hydrology. Edited by John C. Rodda. (1985) (Traducere din engleză), Hidrometizdat, 1987, 534p.
2. *** (2002) *Ghid pentru determinarea riscului de inundație*, București, 28 p.
3. Melniciuc O.N. (1984) *Analiz profesov formirovania livnevoogo stoka na experimentalinih vodosborah moldavskoi stokovoi stanții*. „Ghidrka i ghidrotehnika”, t. 122, Chișinău, p. 156-162.
4. Melniciuc O.N., Lalikin N.V., Bejenaru Gh. (2002) *Probleme de studiu a inundațiilor in Republica Moldova*. Dare de seamă științifică. Chișinău, 115 p.
5. *** (1998) *Scheme de protecție împotriva inundațiilor localităților din Republica Moldova (etapa a 2-a, partea II)*. „ACVAPROECT”, Chișinău, 156p.
6. Stănescu V.A., Drobot R. (2000) *Măsuri nestructurale de gestiune a inundațiilor*. Ed. HGA, București, 341 p.
7. Wilson I.W. and Brandes E.A. (1979) *Radar measurement of rainfall a summary*. Bull. Am. Met. Soc., 60 (9), p. 1048-1050.