

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII  
AL REPUBLICII MOLDOVA**

**INSTITUTUL DE ECOLOGIE ȘI GEOGRAFIE**

Cu titlu de manuscris

C.Z.U: 556.166 (478)(043.3)

**JELEAPOV ANA**

**EVALUAREA IMPACTULUI ANTROPIC ASUPRA VIITURILOR  
PLUVIALE DE PE RÎURILE REPUBLICII MOLDOVA**

**166.02 PROTECȚIA MEDIULUI ȘI FOLOSIREA RAȚIONALĂ A  
RESURSELOR NATURALE**

Autoreferatul tezei de doctor în științe geonomice

**CHIȘINĂU, 2019**

Teza a fost elaborată în cadrul laboratorului Geografia Peisajelor al Institutului de Ecologie și Geografie

**Conducător științific:**

**MELNICIUC Orest**, doctor habilitat în geografie, conferențiar universitar (Institutul de Ecologie și Geografie)

**Consultant științific:**

**FINK Manfred**, doctor în geografie (rerum naturalium), cercetător științific, lector (Universitatea Friedrich-Schiller din Jena, Institutul de Geografie, Germania)

**Referenți oficiali:**

**DROBOT Radu-Victor**, profesor universitar, doctor inginer (Universitatea Tehnică de Construcții, București, România);

**SÎRODOEV Ghennadi**, doctor în geologie-mineralogie, conferențiar cercetător (Institutul de Ecologie și Geografie)

**Componența Consiliului științific specializat:**

**NEDEALCOV Maria, președinte**, membru corespondent, doctor habilitat în geografie, profesor universitar (Institutul de Ecologie și Geografie)

**BEJAN Iurii, secretar științific**, doctor în geografie, conferențiar universitar (Institutul de Ecologie și Geografie)

**BULIMAGA Constantin**, doctor habilitat în biologie, conferențiar cercetător (Institutul de Ecologie și Geografie)

**BOIAN Ilie**, doctor în științe agricole, conferențiar universitar (Universitatea de Stat Dimitrie Cantemir)

**CODREANU Igor**, doctor în geografie, conferențiar universitar (Universitatea de Stat din Tiraspol)

**Susținerea tezei va avea loc la 10 iunie 2019, ora 14<sup>00</sup>,  
în ședința Consiliului Științific specializat D 12. 166.02 - 09,  
din cadrul Institutului de Ecologie și Geografie al Ministerului Educației, Culturii și Cercetării,  
adresa: MD 2028, Chișinău, str. Academiei, 1, et. 3, aula 352.**

Teza de doctor și autoreferatul pot fi consultate la Biblioteca Națională a Republicii Moldova, Biblioteca Științifică „A. Lupan” și pe pagina web a ANACEC ([www.cnaa.md](http://www.cnaa.md)).

Autoreferatul a fost expediat la „ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019

**Secretar științific al Consiliului Științific specializat**

**BEJAN Iurii**, doctor în geografie, conferențiar cercetător \_\_\_\_\_

**Conducător științific:**

**MELNICIUC Orest**, doctor habilitat în geografie, conferențiar universitar \_\_\_\_\_

**Consultant științific:**

**FINK Manfred**, doctor în geografie, cercetător științific \_\_\_\_\_

**Autor**

**JELEAPOV Ana** \_\_\_\_\_

(© Jeleapov Ana, 2019)

## ASPECTELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

**Actualitatea temei.** Inundațiile sunt cele mai frecvente dezastre naturale înregistrate pe teritoriul Republicii Moldova [23, 32]. Daunele cauzate de acestea, pe parcursul anilor 1947-2014, se ridică la cifra de 583 mil. \$ SUA, dintre care prejudicii de 232 mil. \$ SUA au fost cauzate de viiturile estivale de pe râurile mari, iar pierderi de 331 mil. \$ SUA - peste 55% - au fost provocate de viiturile rapide cauzate de căderea ploilor torențiale locale [32]. Astfel, inundațiile de origine pluvială produc cele mai mari pierderi materiale, dar și cel mai mare număr de victime. Intensificarea impactului antropic asupra mediului rămâne a fi unul din principalii factori ce determină, la rândul său, variația regimului scurgerii de viitură.

Importanța și actualitatea temei de studiu este determinată de presiunea umană semnificativă asupra mediului, ce se exprimă prin procesele de urbanizare, activitățile agricole (>70% din teritoriul țării este utilizat în agricultură, terenurile naturale păstrându-se doar insular), modificările hidromorfologice ale râurilor, problemele asociate de funcționarea lacurilor de acumulare, starea digurilor de protecție, schimbările climatice exprimate prin majorarea frecvenței și intensității de manifestare a ploilor torențiale declanșatoare de inundații, necesitatea elaborării unor planuri de management al inundațiilor la nivel național și bazinal, insuficiența studiilor actuale ce țin de impactul antropic asupra scurgerii de viitură și necesitatea perfecționării bazei metodologice cu privire la scurgerea maximă. Astfel, această temă prezintă un interes deosebit pentru cercetare, dar și identificare a soluțiilor de diminuare a impactului antropic asupra scurgerii maxime, cât și a efectelor negative ale inundațiilor asupra societății.

Prezentul studiu se integrează perfect în direcția de cercetare a comunității științifice europene pentru decada științifică 2013-2022 din cadrul Asociației Internaționale a Științelor Hidrologice (IAHS) “Panta Rhei – Everything Flows: “Change in Hydrology and Society” [38]. De asemenea, lucrarea reprezintă o modalitate de argumentare a necesității de trecere de la abordarea tradițională de *apărare împotriva inundațiilor* la cea modernă de *management integrat al inundațiilor*, propusă în cadrul Inițiativei Internaționale privind Inundațiile [24, p.1, 29]. Pentru Republica Moldova, trecerea la această abordare este de o importanță majoră, însă, modalitatea de aplicare a sistemului de management integrat al inundațiilor necesită nu doar cercetări aprofundate, dar și reconștientizarea populației și factorilor de decizie a importanței zonelor potențial inundabile.

**Descrierea situației în domeniul de cercetare și identificarea problemelor de cercetare.** Cercetările viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova se bazează pe aplicarea principiilor metodologice locale și regionale. Primele studii dedicate scurgerii maxime au fost efectuate de: Slastihin V., Befani A., Gopcenco E., Lalîkin N., Melniciuc O. ș.a. [14, 53]. Conținutul principal al acestor cercetări constă în aplicarea și adaptarea metodelor empirice, genetice și volumetrice pentru determinarea caracteristicilor scurgerii maxime de pe râurile Republicii Moldova și Ucrainei. Primele tentative de evaluare a impactului antropic asupra scurgerii râurilor au apărut în a doua jumătate a sec. al XX-lea și au fost consolidate în formă de recomandări normative publicate în 1986 [56], care nu au cunoscut însă o dezvoltare ulterioară.

La momentul actual, în cadrul documentelor normative naționale [3, 4] sunt incluse două grupe de metode pentru evaluarea scurgerii maxime: analiza șirului de date hidrologice și modelarea viiturilor pluviale. Primul grup de metode constă în *evaluarea calității șirurilor de date* prin determinarea omogenității și staționarității acestora. În cazul lipsei informației hidrologice, sunt recomandate spre utilizare *metoda reduțională și genetică* de modelare a debitelor maxime probabile. Acestea conțin coeficienți ce permit evaluarea *influenței lacurilor de acumulare și utilizării terenurilor* asupra scurgerii de viitură. Specificul metodelor existente de evaluare a *impactului urbanizării* se bazează pe determinarea directă a scurgerii de apă provenite din ploi prin normalizarea pierderilor apei prin infiltrare pentru diverse suprafețe de teren din cadrul localităților. Modelul de calcul a scurgerii viiturilor pluviale de pe teritoriul urbanizat este bazat pe structura ecuațiilor modelelor reduțională sau genetică.

Procesul de formare a scurgerii de viitură este supus modificărilor cauzate de activitățile umane, în special, exprimate prin *practicile de amenajare a bazinelor hidrografice*, pe când procesul de propagare a undelor de viitură este puternic influențat de impactul antropic manifestat prin *regularizarea albiilor râurilor, construcțiile hidrotehnice* (diguri, lacuri de acumulare etc.). Luând în considerare faptul, că problema identificării și înțelegerii modificărilor caracteristicilor scurgerii maxime de pe râurile Republicii Moldova este fragmentar cercetată și reflectă experiența deceniilor anterioare, iar metodele moderne nu au fost aplicate, considerăm că este extrem de importantă elaborarea unei baze științifico-informaționale privind simularea proceselor de formare și propagare a undelor de viitură pentru ulterioara aplicare în vederea evaluării impactului schimbărilor climatice, amenajărilor de albie, utilizării terenurilor bazinelor hidrografice asupra scurgerii de viitură.

**Scopul studiului** constă în evaluarea modificărilor caracteristicilor viiturilor pluviale în condițiile impactului antropic.

**Obiectivele cercetării:** identificarea și aprecierea modificărilor regimului scurgerii de viitură sub acțiunea activităților antropice în baza metodelor statice; simularea impactului antropic asupra proceselor de formare și propagare a undelor de viitură de pe râurile pilot, utilizând modele hidrologice și hidrodinamice; aprecierea modificărilor zonelor riscului la inundații în condițiile schimbărilor de mediu.

**Metodologia cercetării științifice.** Pentru realizarea scopului și obiectivelor studiului au fost utilizate următoarele metode: metoda comparativă, abordarea Indicatorii Modificărilor Hidrologice, Componentele Scurgerii de Mediu, metoda genetică, metoda volumetrică, metoda Numărul de Curbă (SCS-CN), modelul hidrologic JAMS/J2000, modelul hidrodinamic HEC-RAS. De asemenea, în lucrare se aplică analiza factorială, SIG și metode statistice.

**Noutatea și originalitatea științifică.** Pentru prima dată pentru teritoriul Republicii Moldova, au fost estimate caracteristicile scurgerii de viitură în condiții staționare și nestaționare, precum și determinarea dinamicii temporale a viiturilor pluviale sub acțiunea modificărilor antropice în acoperirea terenului și funcționării lacurilor de acumulare. A fost apreciat și cartografiat potențialul de formare, acumulare și propagare a viiturilor pluviale pentru teritoriul țării. Utilizând metoda Numărul de Curbă, metoda volumetrică și modelul hidrologic fizic distributiv JAMS/J2000 a fost demonstrat impactul utilizării terenului și activităților agricole asupra caracteristicilor viiturilor pluviale. În baza utilizării SIG și modelului HEC-RAS a fost estimat impactul schimbărilor climatice și a construcțiilor hidrotehnice: lacurilor de acumulare și a digurilor de protecție asupra propagării undei de viitură prin albie și luncă și a distribuției spațiale a riscului la inundații.

**Problema științifică importantă soluționată** constă în evaluarea modificărilor caracteristicilor temporale și spațiale ale scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova determinate de activitatea antropică.

**Semnificația teoretică.** Au fost identificați și analizați comparativ Indicatorii Modificărilor Hidrologice și Componentele Scurgerii de Mediu și evaluat impactul utilizării terenului și a lacurilor de acumulare asupra caracteristicilor scurgerii de viitură. A fost modelată repartiția spațială a indicilor potențialului viiturilor rapide, inundării și propagării undei de viitură pe teritoriul Republicii Moldova. A fost estimat aportul categoriilor acoperirii terenurilor și activităților agricole în formarea viiturilor pluviale și apreciate modificările proceselor de formare și propagare a undei de viitură sub acțiunea construcțiilor hidrotehnice, schimbărilor climatice și managementului terenurilor.

**Valoarea aplicativă a lucrării.** Rezultatele obținute pot fi utilizate pentru elaborarea planurilor de amenajare a teritoriului în vederea diminuării scurgerii maxime, optimizarea managementului viiturilor pluviale, implementarea măsurilor structurale și nonstructurale de protecție contra inundațiilor. De asemenea, rezultatele pot servi drept bază metodologică pentru perfecționarea documentelor normativelor naționale pentru determinarea caracteristicilor hidrologice de calcul.

### **Rezultatele științifice propuse spre susținere:**

- evaluarea dinamicii temporale a caracteristicilor scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova sub acțiunea modificărilor în acoperirea terenului și funcționării lacurilor de acumulare;
- modele matematice și cartografice ale indicilor potențialului de formarea a viiturilor rapide, de inundare și de propagare a undei de viitură și ale stratului scurgerii de viitură, precum și aprecierea particularităților distribuției regionale ale acestora;
- modele matematice perfecționate de calcul a caracteristicilor scurgerii de viitură în condiții staționare și nestaționare, precum și a volumului scurgerii viiturilor utilizate pentru evaluarea modului de influență a categoriilor de acoperire a terenului în formarea viiturilor pluviale;
- aprecierea cantitativă a componentelor modelului genetic de calcul a debitelor maxime probabile, în special, evaluarea valorilor actuale a coeficientului forme hidrografului viiturilor și a coeficientului de reglare a debitelor maxime cu ajutorul lacurilor de acumulare;
- modele hidrologice și hidrodinamice de simulare a proceselor de formare a scurgerii de viitură și de propagare a undelor de viitură și aplicarea acestora pentru estimarea efectului modificării acoperirii terenului asupra dinamicii temporale a viiturilor pluviale la nivel local și regional și evaluarea impactului lacurilor de acumulare, a digurilor de protecție și schimbărilor climatice asupra dinamicii undei de viitură prin albie și a distribuției spațiale a zonelor de hazard/risc la inundații.

**Aprobarea rezultatelor științifice** Valoarea științifică a cercetării a fost confirmată în cadrul conferințelor științifice naționale și internaționale: Бассейн реки Днестр: экологические проблемы и управление трансграничными природными ресурсами (2010, Tiraspol), Water – History, Resources, Perspectives (2010, Chișinău), Conferința Internațională a Tinerilor Cercetători (ed. a VIII-a) (2010, Chișinău), Академику Л. С. Бергу – 135 лет (2011, Tiraspol), Географические исследования: история, настоящее, перспективы (2011, Harcov), Екологічні проблеми Чорного моря (2011, Odesa), Актуальні проблеми сучасної гідрометеорології (2012, Odesa), Vulnerability and risk assessment using G.I.S. (2012, 2016, Cluj-Napoca), Conferința a V-cea a Academiiilor Dunărene (2014, Chișinău), Modern Hydrometeorology: Topical Issues and the solutions (2014, Odesa), SIG (2014, Chișinău; 2016, Cluj; 2017, Iași), Conferința științifică anuală a Institutului Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor din România (2015, București), Mediul și dezvoltare durabilă (ediția a III-a) (2016, Chișinău), Expoziția Internațională și Summitul cu ocazia Zilei Internaționale a SIG (2016, Istanbul), Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice (2016, Chișinău), Mediul actual și dezvoltare durabilă (ediția a XII-a, XIII-a) (2017, 2018, Iași), Интегрированное управление трансграничным бассейном Днестра: платформа для сотрудничества и современные вызовы (2017, Tiraspol), American Geophysical Union Fall Meeting (2018, Washington).

**Implementarea rezultatelor științifice.** Hărțile digitale privind scurgerea de viitură au fost implementate de Consiliile Raionale Glodeni și Fălești pentru elaborarea planurilor de amenajare a teritoriului și gestionarea bazinului hidrografic Camenca. Unele rezultate obținute au fost utilizate pentru managementul durabil al resurselor de apă și a situațiilor de risc hidrologic, optimizarea funcționării lacurilor de acumulare de către Direcția bazinieră de Gospodărire a Apelor, Agenția ”Apele Moldovei”.

**Publicații la tema tezei.** Rezultatele cercetărilor au fost publicate în 23 lucrări științifice dintre care: capitole în monografii - 1, articole în: reviste cotate ISI - 2 (2 fără coautori), reviste de categoria B - 2 (2 fără coautori), reviste de categoria C - 3 (1 fără coautori), articole în diferite reviste științifice - 12 (7 fără coautori), teze la foruri științifice - 3 (2 fără coautori).

**Cuvinte-cheie:** viituri pluviale, modelare hidrologică și hidrodinamică, impact antropic, acoperirea terenului, lacuri de acumulare, SIG.

**Structura și volumul lucrării:** Teza este formată din introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, 264 surse bibliografice, 150 pagini de text de bază, 165 figuri, 17 tabele, 191 anexe, declarația privind asumarea răspunderii și CV-ul autorului. Teza este scrisă în limba română și engleză.

## CONȚINUTUL TEZEI

În **introducere** este evidențiată importanța studiului regimului viiturilor pluviale și a impactului antropic asupra acestuia, este formulat scopul și obiectivele cercetării, este argumentată noutatea științifică, semnificația teoretică și valoarea aplicativă, este descrisă pe succint structura lucrării.

### 1. VIITURILE PLUVIALE ÎN CONDIȚIILE IMPACTULUI ANTROPIC (REVIUL LITERATURII)

#### 1.1. Procesele de formare și propagare a viiturilor

Activitatea antropică provoacă modificări ale proceselor de formare și de propagare a scurgerii de viitură, ce se manifestă în mod diferențiat în cadrul bazinului hidrografic (b. h.). Condițiile naturale din partea superioară a bazinului, în asociere cu ploile torențiale, determină scurgeri masive de pe pantă, ce provoacă crearea viiturilor rapide, efectul cărora poate fi amplificat prin despăduriri sau pășunat excesiv. În partea de mijloc a bazinului hidrografic, unde activitatea antropică este mai proeminentă, despădurirea, pășunatul, lucrările agricole contribuie la intensificarea scurgerii maxime de pantă. *Procesele de urbanizare* diminuează capacitatea de reținere a apei de către vegetație și sol, și determină formarea viiturilor urbane, care, în cazul lipsei sistemelor de *canalizare pluvială* eficiente, provoacă daune considerabile și victime umane. În partea inferioară a bazinului, *activitățile agricole*, practicate în luncile râurilor, devin vulnerabile în fața viiturilor pluviale, din cauza extinderii foarte mari a suprafețelor inundabile. Intensificarea procesului de urbanizare și costurile mici ale terenurilor din zonele potențial inundabile, ce atrag deseori, populația nevoiașă, determină majorarea expunerii și vulnerabilității umane la inundații. Propagarea undelor de viitură din amonte bazinului, în combinație cu viiturile locale și efectul de remuu, creează condiții favorabile pentru formarea viiturilor complexe ce se mențin, de regulă, perioade mai îndelungate, de la câteva zile la câteva săptămâni. Lipsa/starea neadecvată a *structurilor hidrotehnice* de protecție contra viiturilor poate cauza inundarea masivă a luncii și, respectiv, daune economice și sociale enorme [modificat 16, p.10]. Astfel, se constată că modificarea regimului scurgerii de viitură în condițiile impactului antropic este cauzată de:

- Activități antropice de pe suprafața terestră:
  - Schimbări ce au loc la nivelul bazinului hidrografic: despădurirea, urbanizarea, ș.a.;
  - Lucrări de amenajare a albiei (construcția lacurilor de acumulare, a digurilor ș.a.)
- Modificări ce au loc în sistemul climatic:
  - Variația/schimbarea climei cauzate de activitatea antropică.

Specificul de formare a viiturilor pluviale diferă atât la nivel de bazin hidrografic (cele mai devastatoare fiind viiturile pluviale complexe), cât și din punct de vedere al dimensiunii propriu-zise ale acestuia, astfel încât modificările de mediu determină schimbări mai accentuate ale caracteristicilor viiturilor pluviale generate în cadrul bazinelor hidrografice mici, urmate de cele medii și, mai puțin, de cele mari. Cu toate acestea, relația dintre manifestarea viiturilor în partea superioară a bazinului și evoluția lor la nivelul întregului bazin hidrografic este de obicei foarte complexă și uneori nu este pe deplin înțeleasă [45, p. 97].

#### 1.2. Evaluarea nivelului actual de cercetare a scurgerii de viitură

Cercetarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale a fost determinată de creșterea rapidă a numărului populației (și, respectiv, a presiunilor asupra mediului) precum și de dezvoltarea hidrologiei moderne, caracteristică pentru perioada ultimelor 150 ani.

O imagine generală a dimensiunilor și frecvenței inundațiilor catastrofale de pe râurile Republicii Moldova este oferită de *datele monitoringului hidrologic* și documentele de arhivă. Un număr mare de autori: Melniciuc O., Boian I., Cazac V., Mihailescu C., Bejenaru Gh., Lalîkin, N., Arnaut N., Shvets V., ș.a. au dedicat o serie de lucrări *descrierii și analizei informațiilor despre viiturile pluviale* și caracteristicile acestora. Studii asupra proceselor de formare a scurgerii maxime au fost efectuate de: Slastihin V., Befani A., Gopcenco E. Lalîkin N., Melniciuc O. [14, 53, 54]. Rezultatele acestor cercetări au fost integrate în documentele normative naționale existente la moment [3, 4].

Încercări de dezvoltare a metodologiei de *estimare a impactului reglării scurgerii, urbanizării și activității agricole* asupra regimului viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova se regăsesc în lucrările lui Lalîkin N., Melniciuc O., în care autorii propun integrarea în cadrul structurii operaționale a formulelor de evaluare a scurgerii de viitură un set de coeficienți de determinare a impactului activităților enumerate [14, 53].

Evaluările *impactului schimbărilor climatice* asupra viiturilor de pe râurile Europei, inclusiv, ale Republicii Moldova, efectuate recent în baza proiecțiilor din cadrul raportului al V-lea al grupul de experți IPCC [19, p. 2253], arată că debitele maxime de 1% probabilitate au tendința de creștere către sfârșitul secolului, o mai mare majorare fiind specifică pentru râurile interne ale țării situate în partea centrală și de nord.

Una din cele mai eficiente metode de protecție contra inundațiilor este *funcționarea lacurilor de acumulare* (l. a.), însă, în pofida prezenței unui număr mare de iazuri și lacuri de acumulare (peste 3000), ele joacă un rol minor în protecția împotriva inundațiilor de pe râurile mici ale țării [55, p. 85]. În sensul reglării scurgerii maxime de pe râurile mari, cel mai eficient este l. a. Costești-Stânca construit pe râul (r.) Prut, ce trebuie să reducă debitul de intrare de 1% cu 76%, iar pe cel de 0,1% cu 40%. L. a. Dubăsari, situat pe fl. Nistru, are un efect minor asupra reglării scurgerii de probabilitate rară (0,1-1%), reducând debitele maxime cu 4-7% [53, 55].

Elaborarea studiilor la nivel național și efectuarea lucrărilor de construcție și/sau reconstrucție a structurilor hidrotehnice menite să protejeze localitățile și terenurile agricole de inundațiile catastrofale este impulsionată, în principal, de prejudiciul cauzat de către acestea. Astfel, în rezultatul efectelor distructive ale viiturilor din anii '40 și '70 (1969) ai secolului trecut au fost construite lacurile de acumulare și digurile de protecție pe Nistru, Prut, Bâc, Botna etc. Viiturile catastrofale de pe râurile mici și mijlocii din anii 1991 și 1994 au determinat apariția schemei de protecție împotriva inundațiilor a localităților din Republicii Moldova [10]. Inundațiile din anii 2008 și 2010 au impulsionat dezvoltarea unor studii ample în domeniu [5, 6, 42], pentru care au fost utilizate metode și softuri specializate (HEC-RAS, InfoWorks) ceea ce a constituit o nouă etapă de cercetare și evaluare a scurgerii de viitură.

### **1.3. Clasificarea metodelor de evaluare a impactul antropic asupra viiturilor pluviale**

În literatura de specialitate, pentru evaluarea modificărilor regimului viiturilor pluviale, sunt recomandate două grupe de metode de bază: analiza șirului de date a caracteristicilor hidrologice ale viiturilor și modelarea proceselor de formare a viiturilor pluviale și de propagare a undei de viitură prin albie [3, 4, 24, 25, 27]. Primul grup de metode include *metode de evaluare directă* a modificărilor regimului scurgerii de viitură în baza analizei datelor măsurătorilor hidrologice. Cele mai eficiente abordări în acest sens sunt: Indicatorii Modificărilor Hidrologice, Componentele Scurgerii de Mediu [51]. Informația hidrologică poate fi analizată și în baza abordărilor: (1) Perechile Până-După Control-Impact, (2) Până-După, (3) Control-Impact, (4) Clasificarea hidrologică și (5) Indicatori Hidrologici preziși [41].

Un alt grup de metode de evaluare a impactului factorilor antropici asupra scurgerii pluviale include *metode indirecte* de modelare a proceselor de formare și propagare a viiturilor pluviale. Numărul mare și configurația diferențiată a modelelor hidrologice se datorează numeroaselor obiective pentru care ele au fost create. Studiarea complexă a impactului antropic asupra scurgerii maxime poate fi efectuată prin aplicarea modelelor ce integrează, atât modelele matematice, cât și cele spațiale, și poate reprezenta, în mod explicit, gama întregă a factorilor ce determină formarea scurgerii de viitură. Printre cele mai cunoscute modele hidrologice sunt următoarele: Wasim-ETH, SWAT, MIKE SHE, LISTFLOOD, JAMS/J2000 ș.a [22, 37, 49]. Cele mai populare modele hidrodinamice se consideră a fi: MIKE11/21, HEC-RAS, LISFLOOD-FP, SOBEK [37, 49].

## **2. METODE ȘI MATERIALE DE CERCETARE**

### **2.1.Strategia cercetării**

Analizând experiența centrelor de cercetare mondiale și naționale în studiul impactului antropic asupra viiturilor pluviale, s-a constatat că, la moment, nu există o metodologie unică recunoscută ca obligatorie sau recomandabilă în acest domeniu. Însă, în baza evaluării rezultatelor cercetărilor internaționale și posibilităților locale, au fost stabilite și aplicate un set de abordări



metodologice de bază pentru identificarea efectului activității antropice asupra formării și propagării viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova. Acestea s-au bazat pe utilizarea metodelor de analiză statistică a datelor hidrologice, a indicilor de estimare a potențialului viiturilor rapide și inundării, pe aplicarea modelelor clasice matematice, precum și a modelării hidrologice și hidrodinamice complexe.

## 2.2. Zonele de studiu

Identificarea zonelor de studiu (a râurilor și bazinelor hidrografice ale acestora) s-a efectuat prin prisma proceselor de formare și propagare a scurgerii de viitură, bazei de date existente, metodelor de estimare a scurgerii maxime, lungimii râurilor, suprafeței bazinelor hidrografice, ponderii tipurilor de acoperire a terenului. Ca urmare, pentru studiul viiturilor rapide au fost selectate bazinele hidrografice elementare (delimitate în mod semiautomat) (fig. 1) și unitățile teritorial-administrative elementare (comunele) [15]. O analiză aprofundată a impactului modificărilor utilizării terenului asupra scurgerii de viitură a fost efectuată pentru 8 râuri-pilot (bazine) (fig. 2) și 102 afluenți ai acestora. Aprecierea potențialului de propagare a undei de viitură, a valorilor debitelor maxime probabile și a volumelor viiturilor a fost efectuată pe exemplul a 50 de râuri-pilot nemonitorizate (fig. 3), iar modificarea dinamicii undei de viitură în detaliu a fost evaluată pe exemplul r. Nistru și Bâc.

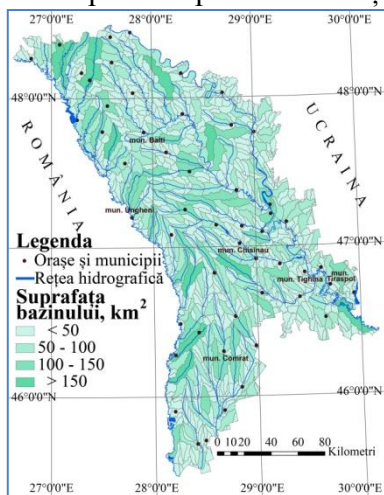


Fig. 1. Suprafața bazinelor râurilor mici

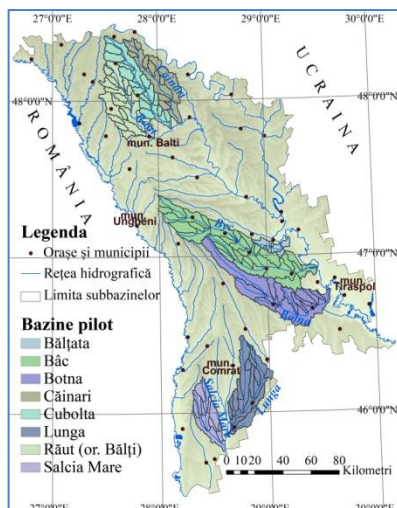


Fig. 2. Bazinele pilot selectate

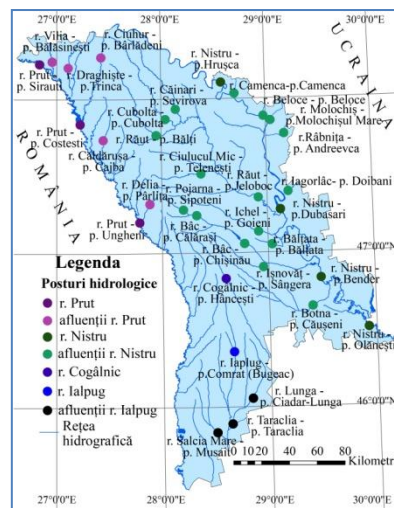


Fig. 3. Râurile pilot selectate și posturile hidrologice [în baza 9]

## 2.3. Metode directe de cercetare

### Metode de apreciere a calității și surilor de date hidrologice

Calitatea șirului de date a caracteristicilor hidrologice a fost estimată prin testarea staționarității și omogenității acestuia. Evaluarea omogenității acestuia a fost efectuată utilizând criteriul statistic Fisher, descris în standardul național [3]. Pentru estimarea staționarității funcțiilor aleatorii, a fost utilizat coeficientul de autocorelare propus în [53].

### Metode de determinare a caracteristicilor hidrologice de calcul

Pentru estimarea probabilității empirice a valorilor caracteristicilor viiturilor, a fost utilizată ecuația Weibull, iar pentru cea teoretică - distribuția binominală de asimetrie sau Pearson de tipul III și gamma - distribuția cu trei parametri conform ordonatelor Krițki-Menkel [3]. Parametri necesari pentru analiza statistică a datelor sunt următorii: valoarea medie aritmetică a caracteristicilor scurgerii de viitură, coeficientul de variație  $C_v$ , coeficientul de asimetrie  $C_s$ , eroarea accidentală medie pătratică  $\varepsilon$ , coeficientul de autocorelare  $r(\tau)$ .

### Indicatori ai modificărilor hidrologice

Din totalitatea abordărilor existente, cea mai sigură modalitate de apreciere a impactului antropic asupra scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova este analiza informației hidrologice pentru perioadele de timp de pre/post-impact, pre/post-control. Din aceste considerente, au fost descrise și propuse spre utilizare abordările Indicatorilor Modificărilor Hidrologice și Componentele Scurgerii de Mediu [51] și indicatori alternativi, cum ar fi coeficientul de atenuare a debitelor maxime ( $K$ ), coeficientul formei hidrografului ș.a.



## 2.4. Metode statice

### *Indicii potențialului viiturilor rapide, inundării și propagării undei de viitură*

Evaluarea potențialului de formare și propagare a viiturilor de pe râurile Republicii Moldova este realizată prin combinarea spațială a 19 factori naturali și antropici, clasificați în funcție de potențialul de scurgere și aplicarea Indicelui Potențialului Viiturilor Rapide (FFPI) [44], Indicelui Potențialului Inundării (FPI) [50] și Indicelui Potențialului de Propagare a undei Viiturilor (FPPI). Clasificarea factorilor a fost efectuată în funcție de impactul acestora asupra formării scurgerii maxime de suprafață prin atribuirea unui scor de la 1 (potențial mic) la 5 (potențial ridicat). Valorile ponderate a fiecărui factor au fost obținute prin estimarea ponderii suprafețelor ocupate de diferite clase, integrată în Matricea Decizională din cadrul Microsoft Excel [21]. Cartarea și derivarea factorilor necesari, precum și modelarea indicilor, a fost efectuată cu ajutorul ArcGIS, QGIS și SAGA GIS [20, 40, 43].

### *Metoda SCS-CN*

Modelul SCS-CN [46] a fost utilizat pentru a estima variația regională a scurgerii de viitură din cadrul bazinelor hidrografice mici și unităților administrativ-teritoriale elementare ale Republicii Moldova. Luând în considerare faptul, că toți factorii integrați în modelul SCS-CN (solul, precipitațiile, acoperirea terenurilor), precum și caracteristicile calculate, sunt reprezentați spațial folosind tehnicile SIG, utilizarea acestui modelului este potrivită pentru evaluarea impactului antropic asupra scurgerii, exprimat prin modificări ale acoperirii terenului, ale texturii și umidității solului, activități agricole, variații climatice.

### *Metoda genetică*

Conform [3], modelarea debitului maxim probabil al viiturilor se efectuează utilizând metoda genetică, aplicată pe larg la nivel regional și local pentru râuri nemonitorizate [57, 58]. Aceasta integrează coeficienți ce reflectă activitatea antropică. Impactul *activităților agricole asupra scurgerii de viitură* poate fi exprimat din perspectiva modificărilor scurgerii de pantă, care este determinată de variabila ce stabilește forma hidrografului scurgerii de versant  $n$ , integrată în formula de calcul al coeficientului de neregularitate în timp a scurgerii de pantă. Un alt factor antropic, ce se regăsește în acest model, reflectă *funcționarea lacurilor de acumulare*, exprimat prin coeficientul specific ce se bazează pe informații despre caracteristicile spațiale ale acumulărilor de apă situate în cadrul bazinelor hidrografice.

### *Metoda volumetrică*

Volumul total al scurgerii reprezintă suma volumelor formate de pe toate suprafețele din cadrul bazinelor hidrografice. Conform recomandărilor din [4, 17], acesta este reprezentat ca produs dintre stratul scurgerii de viitură și suprafața bazinului. La rândul său, stratul scurgerii este estimat prin produsul dintre suprafața teritoriului, funcția reducerii în timp a precipitațiilor de aversă și coeficientul mediu ponderat al scurgerilor de pe teritoriul urbanizat  $\eta_S$  [4]. În cadrul prezentei cercetări, pentru evaluarea aportului adus de diferite categorii de acoperire a terenului în formarea volumului viiturii, ecuația tradițională de estimare a  $\eta_S$  a fost înlocuită cu următoarea [18, p. 9]:

$$\eta_S = \frac{(PP_{m,\%} - 0,2 * Sp)^2}{PP_{m,\%}(PP_{m,\%} + 0,8 * Sp)} \quad (1)$$

$PP_{m,\%}$  – valoarea maximă a stratului zilnic de precipitații cu asigurarea  $P$ , %, mm

$Sp$  - retenția maximă potențială de apă calculată în baza modelului SCS-CN, mm

## 2.5. Metode dinamice

### *Simularea proceselor de formare a scurgerii de viitură utilizând modelul hidrologic JAMS/J2000*

În cadrul modelului hidrologic JAMS/J2000 simularea proceselor de formare a scurgerii se bazează pe formula de bilanț a apei și pe date atât temporale cât și spațiale a factorilor de mediu. Etapa inițială constă în elaborarea reprezentărilor spațiale a componentelor de mediu prin delinierea Unităților de Răspuns Hidrologic (HRU) în GRASS HRU web, precum și a datelor meteorologice prin interpolarea acestora cu ajutorul modulului respectiv din modelul J2000. Ulterior, sunt estimate pierderile/acumulările apelor pluviale din cadrul bazinului prin evapotranspirație, retenție în sol, vegetație, substrat geologic. Ultima etapă constă în determinarea rezultatului final: scurgerea de

pantă și de albie [30, 34]. Calibrarea modelului este realizată combinat, atât prin metode manuale, cât și automate. Pentru evaluarea calității modelului au fost utilizate funcția de eficiență Nash-Sutcliffe ( $E$ ), precum și forma logaritmică a acestuia ( $\ln E$ ), coeficientul de determinare a corelării datelor modelate și reale ( $R^2$ ), eroarea medie în % ( $PBIAS$ ) [39].

### Simularea proceselor de propagare a undei de viitură utilizând modelul hidraulic HEC-RAS

În cadrul modelului hidrodinamic HEC-RAS, simularea undei de viitură se bazează pe reprezentarea virtuală a luncii și modelarea prin aceasta a scurgerii râurilor, utilizând diverse metode de propagare: ecuația energiei, continuității, etc. [28]. Aplicarea modelării hidrodinamice este necesară pentru modelarea hazardului și a caracteristicilor acestuia: repartiția spațială, adâncimea și viteza apei, durata inundației pentru scenariile prezentei și lipsei digurilor de protecție, precum și pentru evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra riscului la inundații. Calibrarea și validarea a fost efectuată în baza hidrografelor reale, iar evaluarea calității modelelor a fost determinată utilizând funcțiile aplicate în cazul modelării hidrologice.

Riscul la inundație reprezintă o relație dintre hazard, expunerea și vulnerabilitatea populației și a bunurilor materiale la apariția viiturii [8, 36]. În prezentul studiu, în cadrul formulei riscului, hazardul este reprezentat prin intensitatea viiturilor (fig. 4) de 10, 5, 1, 0,5 și 0,1%. Determinarea expunerii la inundații a fost efectuată în baza suprapunerii acoperirii terenului și zonei hazardului, iar vulnerabilitatea a fost identificată în baza aprecierii daunelor materiale potențiale (fig. 5) [42]. Conform acestui principiu, a fost apreciat, că în categoria vulnerabilității mari la inundații se vor include zonele rurale și urbane, în categoria celei medii - terenurile arabile, viile, livezile, iar în cea a vulnerabilității mici - terenurile acoperite de păduri, arbuști, pășuni. În final, suprapunerea informației spațiale provenite din procesul aprecierii intensității viiturii și a vulnerabilității la inundații a rezultat în determinarea riscului la inundații, care a fost clasificat în baza matricei din tabelul 1. Numărul locuitorilor afectați a fost estimat ca produsul dintre densitatea populației și suprafața potențial inundată a localității. Conform [42], populație puternic afectată se va considera cea, care este situată în zona, unde produsul dintre adâncimea și viteza apei (la care a fost adăugat 0,5) va fi între 1,5 și 2,5, iar populația foarte puternic afectată va fi cea din zona, unde acest produs va fi  $>2,5$ .

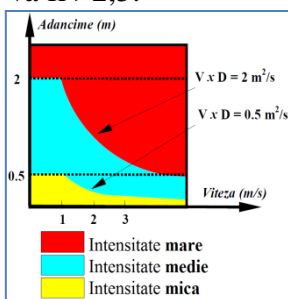


Fig. 4. Intensitatea viiturii [18, p. 28]

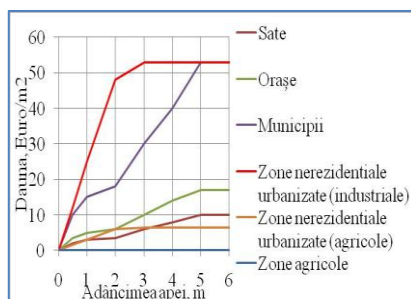


Fig. 5. Corelarea între adâncimea inundației și daunele cauzate [efectuat în baza 42]

Tabelul 1. Matricea de apreciere a riscului la inundații

Riscul la inundații		Vulnerabilitatea la inundații		
		mare	medie	mică
Intensitatea viiturii	mare	mare	mare	mediu
	medie	mare	mediu	mic
	mică	mediu	mic	mic

## 2.6. Materiale de cercetare

Aplicarea metodelor descrise mai sus poate fi efectuată doar în condițiile prezentei unei anumite baze de date, complexitatea căreia depinde de specificul metodelor aplicate. Pentru utilizarea metodelor de apreciere a  $FFPI$ ,  $FPI$ ,  $FPPI$  sunt obligatorii doar baze de date spațiale ale componentelor naturii și rețelei hidrografice, pe când pentru modelarea hidrologică sunt necesare atât date spațiale cât și temporale, precum și o detaliată cunoaștere proceselor de formarea scurgerii de apă. Baza de date temporale necesară studiului hidrologic în J2000 constă din șirul de date zilnice: temperatura aerului, precipitațiile, viteza vântului, umiditatea relativă a aerului, durata strălucirii solare și debitul de apă [1, 2]. Pentru crearea  $HRU$  sunt utilizate: acoperirea terenurilor ( $LU$ ) [7], modelul numeric al terenului ( $DEM$ ) [47], solurile [7] și substratul geologic [52]. Pentru simularea proceselor de propagare a undei de viitură a fost utilizat  $DEM$ -ul realizat cu ajutorul LIDAR din cadrul proiectului [42]. Calibrarea și validarea modelelor a fost efectuată utilizând datele de la posturile hidrologice ale rețelei de monitoring (fig. 3).

### 3. EVIDENȚIEREA IMPACTULUI ANTROPIC ASUPRA SCURGERII DE VIITURĂ ÎN BAZA METODELOR DIRECTE ȘI STATICE

#### 3.1. Analiza calitativă a informației hidrologice

##### *Aprecierea variației temporale a caracteristicilor viiturilor pluviale*

În baza analizei informației hidrologice, au fost calculate valorile medii ale caracteristicilor scurgerii maxime, precum și evidențiate cele mai semnificative viituri pluviale evaluate în funcție de debitul maxim și probabilitatea empirică a acestuia ( $\leq 15\%$ ). Cele mai mari viituri sunt înregistrate pe râurile mari Nistru și Prut, urmate de cele medii și mici. Tendința de modificare temporală a debitelor maxime anuale variază de la un râu la altul. Un trend descendent este specific pentru majoritatea râurilor monitorizate, evidențiindu-se, în special, râurile din partea stângă a Nistrului, precum și pentru Ciulucul Mic și Cogâlnic. Stratul scurgerii de viitură se diferențiază de la valori de peste 22 mm, pentru râurile mari, la mai puțin de 10 - pentru râurile medii și mici. Corelarea duratei de creștere și duratei totale a viiturii a arătat o dependență logică evidentă între aceste caracteristici, de unde rezultă că din perioada totală a viiturii 25-35% revine perioadei de creștere, iar 65-75% celei de descreștere a unde de viitură. Luna apariției maxime a viiturilor, în prezent, este iulie - pentru partea de nord a republicii, iunie pentru regiunea centrală și cea de sud. De asemenea, în ultimele decenii, s-a observat că viiturile pluviale se manifestă în lunile nespecifice lor, cum ar fi cele de primăvară/toamnă, dar și faptul că s-a intensificat apariția viiturilor pluviale în alte luni decât luna cu numărul maxim al acestora.

##### *Calculul caracteristicilor hidrologice în condiții staționare și nestacionare*

Utilizând șirurile de date hidrologice existente, au fost apreciate caracteristicile viiturilor pluviale în condiții staționare și nestacionare. Ca urmare, a fost elaborat *coeficientul de modificare a caracteristicilor scurgerii de viitură sub acțiunea activității antropice*  $k_a$  pentru aprecierea modificărilor acestora în cazul nerespectării legităților de staționaritate, în baza calculării coeficientului de autocorelare ( $r_{(\tau)}$ ), erorii accidentale medii pătratice ( $\varepsilon$ , egalată la 10%), dispersiei șirului de date ( $\sigma_x$ ) și numărului de ani de observații ( $n$ ):

$$k_a = Q' / Q'' \quad (2)$$

unde:

$Q'$  - valoarea medie a debitului maxim calculat în condiții staționare ( $r_{(\tau)} = 0$ )

$Q''$  - valoarea medie a debitului maxim calculat în condiții nestacionare ( $r_{(\tau)} \leq 0,5$ ):

$$Q' = \frac{\sigma_x}{\varepsilon \sqrt{n}} \quad (3)$$

$$Q'' = \frac{\sigma_x}{\varepsilon \sqrt{n}} \sqrt{\frac{1+r_{(\tau)}}{1-r_{(\tau)}}} \quad (4)$$

Compararea rezultatelor analizei scurgerii viiturilor în condiții staționare și nestacionare a arătat că modificările debitului maxim sunt de 4%, iar a stratului scurgerii de viitură - 12%.

##### *Determinarea caracteristicilor hidrologice de calcul*

Pentru estimarea caracteristicilor hidrologice de calcul pentru 26 râuri-pilot monitorizate, au fost, inițial, apreciați parametrii statistici. Astfel, coeficientul de variație  $C_v$  și de asimetrie  $C_s$  constituie 0,85-2,22 și, respectiv, 2,2-7,8 în cazul debitului maxim, 0,5-1,9 și 1,25-7,4 pentru stratul scurgerii de viitură, și 0,15-1,25 și 0,45-6 pentru stratul scurgerii de vară. Erori  $>25\%$  sunt înregistrate, în mare parte, pentru râurile din partea de sud a țării. Valorile erorilor indică un grad de încredere destul de nesatisfăcător în caracteristicile scurgerii de viitură în cazul  $C_v \geq 0,5$ . Ulterior, au fost determinate valorile debitelor maxime și stratului scurgerii de probabilitate de 0,001, 0,01, 0,1, 0,3, 0,5, 1, 3, 5, 10% și au fost apreciați coeficienții de trecere de la o probabilitate la alta. De asemenea, au fost elaborate reprezentările spațiale ale stratului scurgerii de viitură de 1% și a debitului specific elementar de 1% probabilitate.

#### 3.2. Aprecierea modificărilor caracteristicilor viiturilor pluviale în baza datelor de monitoring

##### *Utilizarea terenurilor și viiturile pluviale de pe râurile mici*

Impactul utilizării terenului asupra scurgerii de viitură formate pe râurile mici a fost efectuat prin analiza informației hidrologice de la stația de bilanț Bălțata. În cadrul acesteia, în perioada 1954-1994, au fost monitorizate 2 perechi de stații (platforme) de scurgere. Acestea sunt

caracterizate de condiții naturale practic identice, diferența fiind doar în acoperirea terenului. De asemenea, au fost luate în calcul și șirurile de date hidrologice ale râulețelor Staționii, Vișnevi, Vinogradnii, Sagaidacini (afluenți r. Bălțata) și descrierea anuală detaliată despre utilizarea terenurilor. Pentru identificarea anumitor legități în modificarea scurgerii sub acțiunea utilizării terenului au fost analizate 347 hidrografe ale viiturilor. A fost demonstrat că, în cadrul stațiilor 3 și 4 ale căror suprafețe au fost acoperite de pășuni pentru întreaga perioadă, valorile debitului mediu sunt mai mici de 35-70 ori, ale debitului maxim mediu - de 50-85 ori, ale volumului și stratului scurgerii de viitură - de 30-53 ori, comparativ cu cele de la stațiile 1 și 2, ale căror suprafețe au fost utilizate ca teren arabil. Durata scurgerii de viitură este mai mare de 1,5 ori pentru stațiile 3 și 4, ceea ce determină o reducere a vitezei scurgerii de pantă și a efectului dezastruos al viiturii. Analiza comparativă a caracteristicilor hidrologice a afluenților r. Bălțata nu a rezultat în identificarea unor modificări majore în perioadele diferențierii LU.

### Reglarea viiturilor pluviale cu ajutorul construcțiilor hidrotehnice

Aprecierea impactului lacurilor de acumulare a fost efectuată prin analiza informației hidrologice pre/post-impact, pre/post-control existentă pentru râurile mari și medii. A fost realizată evaluarea impactului a patru lacuri de acumulare asupra viiturilor: l.a. Novodnestrovsk (parțial) și l.a. Dubăsari, situate pe r. Nistru, l.a. Costești-Stânca, de pe r. Prut și l.a. Ghidighici (parțial) de pe r. Bâc. Modificarea debitelor maxime, precum și a formei hidrografelor undelor de viitură pentru perioade de până și după construcția lacurilor de acumulare, precum și de la posturile din amonte și avalul acestora, pentru cele 3 râuri-pilot, sunt reprezentate în figurile 6, 7, 9, 10, 12, 13. Valoarea medie a  $K$  a viiturilor pe r. Nistru în condiții naturale (1887-1955) este de 0,4, care în perioada funcționării l.a. Dubăsari (1956-1982) crește la 0,58 și scade la 0,52, după darea în exploatare a l.a. Novodnestrovsk.  $K$  estimat pentru r. Prut este de 0,41 până la construcția l.a. Costești-Stânca și se reduce la 0,3 după darea în funcționare a acestuia, fapt ce arată că managementul viiturilor pe r. Prut este mai eficient decât cel pe r. Nistru. Sub acțiunea funcționării l.a. Novodnestrovsk debitele de probabilitate 0,1-20% de la p. Hrușca descresc cu 35-41%. Distribuția debitelor probabile de la p. Bender pentru 3 perioade de timp arată, însă, o creștere a debitelor maxime de probabilitate medie și mică (0,1-10%), cu ~22-44% în perioada funcționării l. a. Dubăsari, și cu 1-21% în perioada întregului sistem anti-viitură, comparativ cu perioada scurgerii naturale. Analiza comparativă a debitelor probabile de la posturile de pe r. Prut arată că debitele de 0,1-10% de la postul din amonte sunt de 3,5-8 ori mai mari decât cele de la postul din aval. Distribuția debitelor probabile pentru r. Bâc este reprezentată în figura 14. Impactul lacurilor de acumulare a fost evaluat și prin prisma analizei modificărilor caracteristicilor Componentelor Scurgerii de Mediu. Frecvența fluctuațiilor de apă mari și a viiturilor mici este reprezentată în figurile 8, 11, 15.

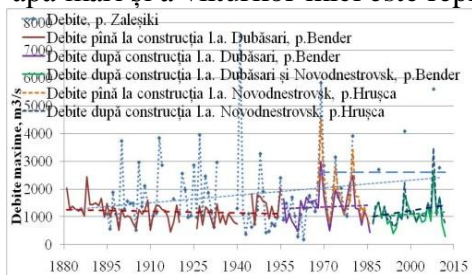


Fig. 6. Debite maxime anuale ale viiturilor pluviale, r. Nistru

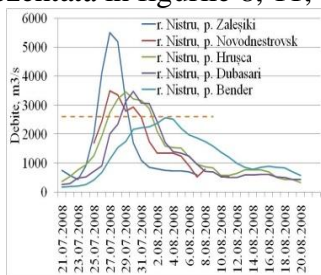


Fig. 7. Hidrografele viiturii din 2008, r. Nistru

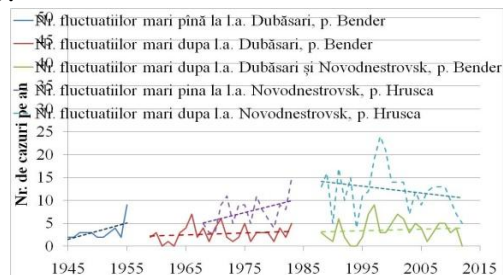


Fig. 8. Numărul de cazuri a viiturilor mici și fluctuațiilor mari ai apei r. Nistru

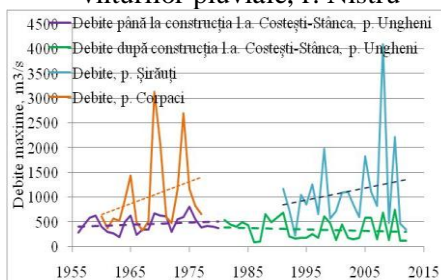


Fig. 9. Debite maxime anuale ale viiturilor pluviale, r. Prut,

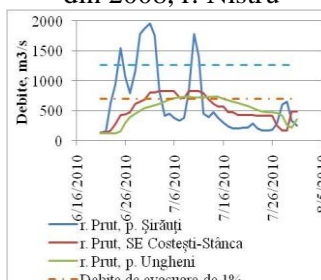


Fig. 10. Hidrografele viiturii din 2010, r. Prut

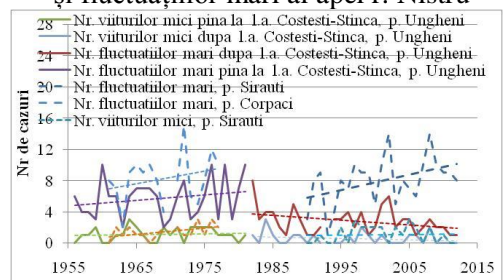


Fig. 11. Numărul de cazuri a viiturilor mici și fluctuațiilor mari ai apei r. Prut



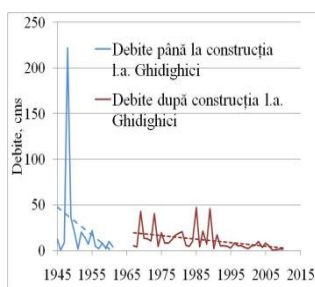


Fig. 12. Debite maxime anuale, r. Bâc, p. Chișinău

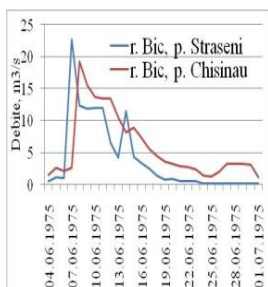


Fig. 13. Hidrografele viiturii din 1975

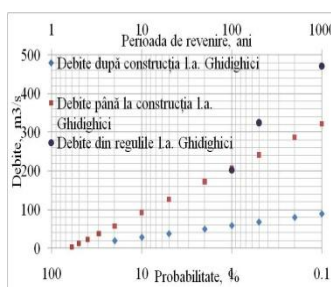


Fig. 14. Distribuția debitelor maxime probabile, r. Bâc, p. Chișinău



Fig. 15. Numărul de cazuri a viiturilor mici și fluctuațiilor mari ai apei r. Bâc

### 3.3. Potențialul de formare, acumulare și propagare a viiturilor pluviale

Pentru a estima zonele supuse inundației și formării viiturilor rapide, sunt elaborați indicii, care pot fi rapid aplicați și pot oferi o înțelegere preliminară a proceselor hidrologice ce se manifestă în timpul viiturilor. Pentru modelarea *FFPI* și *FPI* au fost dezvoltate și aplicate ecuațiile:

$$FFPI = (PP_{1\%} * 1,8) + (Sl * 1,0) + (LS * 0,8) + (CI * 1,5) + (PC * 1,4) + (ST * 1,8) + (LU * 1,6) \quad (5)$$

$$FPI = (PP_{1\%} * 1,8) + (Sl * 1,9) + (CI * 1,4) + (TWI * 1,4) + (ST * 1,8) + (LU * 1,6) \quad (6)$$

unde: *LS* - factorul înclinației și lungimii pantei *PC* - curbura în profil *CI* - indicele de convergență *Sl* - panta *TWI* - indicele topografic de umiditate *ST* - solul (textura) *LU* - acoperirea terenului

Conform aceluiași principiu aplicat pentru estimarea *FFPI* și *FPI*, a fost elaborat *FPPI* aplicat pentru cele 50 râuri-pilot. Au fost aleși și clasificați factorii naturali și antropici ce caracterizează cursul principal cum sunt: panta, căderea, sinuozitatea râului, ponderea lungimii râului transformat în lacuri de acumulare, ponderea lungimii râului îndiguit, ponderea lungimii râului ce traversează localități și păduri, precum și precipitațiile maxime de 1% (*PP*<sub>1%</sub>).

A fost apreciat că aprox. 29% din suprafața țării se caracterizează prin potențial mare și foarte mare de formare a viiturilor rapide (fig. 16). Pentru 30% din teritoriul țării este specific potențialul mare și foarte mare de inundare (fig. 17), zonele caracteristice fiind luncile râurilor. *FFPI* și *FPI* sunt, în general, medii pentru aprox. 80-90% din bazine și comune. A fost stabilit că aprox. 56% din râurile studiate indică un potențial mediu de propagare a undelor de viitură, 36% sunt caracterizate de un *FPPI* mare, 4% - de unul foarte mare. Majoritatea râurilor cu *FPPI* mare sunt situate în regiunea de podiș, în partea centrală și sudică a țării (fig. 18).

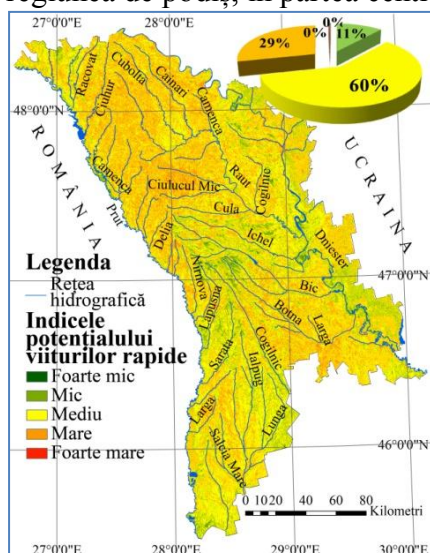


Fig. 16. Indicele potențialului viiturilor rapide

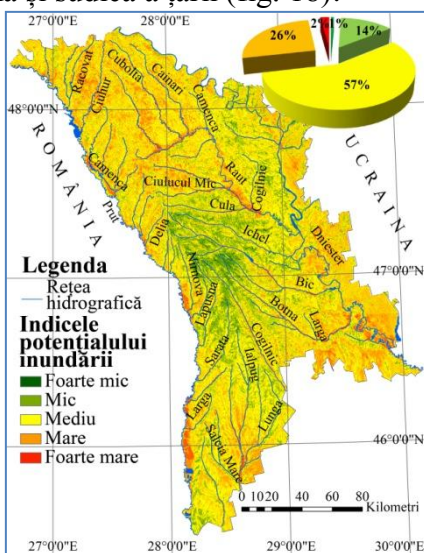


Fig. 17. Indicele potențialului de inundare

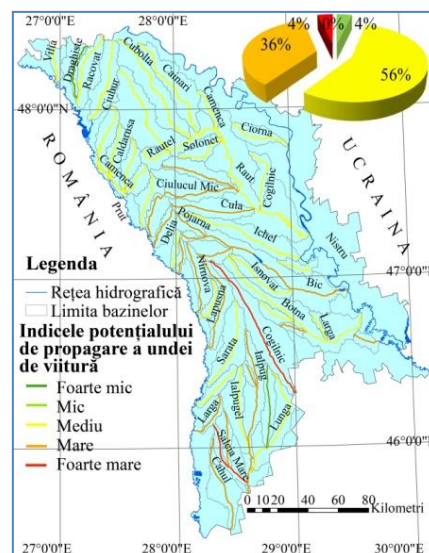


Fig. 18. Indicele potențialului de propagare a undelor de viitură

### 3.4. Variațiile regionale ale stratului scurgerii de viitură determinate de activitatea antropică

*Repartiția spațială a stratului scurgerii de viitură sub acțiunea factorilor naturali și antropici*

O modalitate de apreciere a impactului acoperirii terenului asupra scurgerii de viitură este aplicarea modelului SCS-CN. Inițial modelul a fost validat pe exemplul celor 26 de râuri monitorizate. Ulterior, modelul a fost aplicat pe exemplul bazinelor elementare și comunelor pentru cazul în care precipitațiile vor fi de 1% probabilitate, iar pentru a evita impactul variației spațiale ale acestora, ele au fost egalate cu 100 mm pentru întreaga suprafață a țării. Pentru ambele scenarii, umiditatea solului a fost considerată ca mică (ASM I), medie (ASM II) și mare (ASM III), iar utilizarea terenului a rămas constantă. În rezultat, au fost obținute 6 modele cartografice în baza cărora au fost apreciate valorile medii ale scurgerii de viitură pentru teritoriul țării. Pentru scenariile I și II, acestea sunt de 31,4 mm și 24 mm în cazul solului uscat, 90,7 și 79,3 mm în cazul umidității mari a solului și egale cu 63,8 și 53,5 mm pentru solul cu umiditate medie. Cele mai mari valori ale scurgerii sunt, evident, cele unde valorile precipitațiilor sunt peste 150 mm (fig. 19). Condițiile de umiditate, dar și structura solurilor, au un impact semnificativ asupra scurgerii de viitură. Valorile acestea pot crește de la 30 la 60% în cazul când solurile sunt bine umezite, fie de precipitațiile anterioare, fie de procesul de irigare, și, respectiv, se pot diminua cu 35-56%, în cazul când solurile sunt uscate complet. Gradul continuu de tasare a solului sub influența prelucrării acestuia de tehnica agricolă va determina o majorare a scurgerii de viitură cu circa 26% în condițiile ASM II, 38% pentru solurile cu ASM I și 17% pentru solurile cu ASM III. Aprox. aceleași legități se mențin și în cazul modelării scurgerii de viitură, egalând valorile precipitațiilor maxime cu 100 mm (fig. 20). A fost determinat că scurgerea maximă formată în bazine și comune cu unde suprafața localităților ocupă ½ din total va fi de 2-3 ori mai mare decât cea formată în ariile unde predomină păduri (fig. 21).

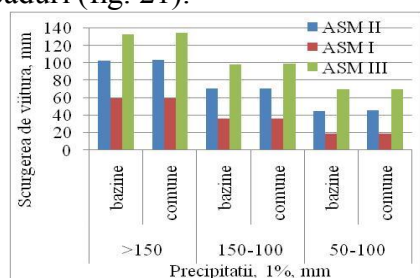


Fig. 19 Scurgerea de viitură în condițiile precipitațiilor maxime de 1% probabilitate

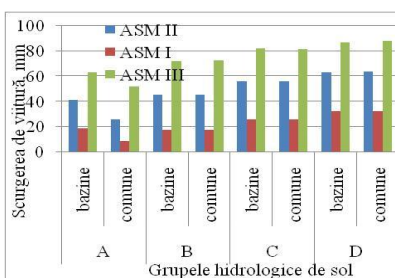


Fig. 20. Scurgerea de viitură (PP 100 mm), influențată de textura solului

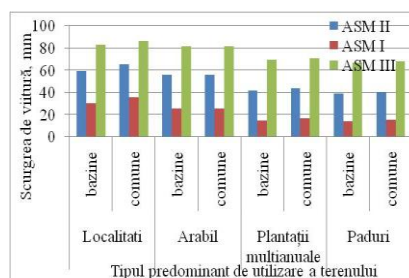


Fig. 21. Scurgerea de viitură în condițiile PP 100 mm, modificată sub acțiunea LU

Pentru determinarea legăturii între acoperirea terenurilor și scurgerea de viitură, s-a recurs la construcția ecuației regresiei multiple (utilizând programul STATGRAPHICS [48]) între stratul scurgerii maxime, ponderea ( $Pr$ ) categorii de LU care, nemijlocit, determină retenția de suprafață, precum și valoarea precipitațiilor de 1%, estimate pentru cele 789 bazine mici. O altă ecuație a regresiei multiple a fost elaborată pentru cazul când precipitațiile au fost egalate pentru toată suprafața cu 100 mm. Ecuațiile pentru cele două cazuri au primit formele 7 și 8. Pentru corelarea valorilor scurgerii de viitură estimată în baza SCS-CN și formulele 7 și 8, au fost construite grafice corespunzătoare, ce arată că legătura este destul de mare între caracteristicile modelate [32]. Astfel, ecuațiile propuse pot fi utilizate pentru aprecierea variației scurgerii de viitură sub acțiunea schimbării destinației terenurilor din cadrul bazinelor hidrografice sau altor suprafețe (cum sunt comunele).

$$Y_{reg1} = -118.841 + 0.622161 * Pr_{păduri} + 0.946481 * Pr_{pășuni} + 0.973797 * Pr_{sate} + 0.587012 * Pr_{vii} + 0.882476 * PPm1\% + 0.891529 * Pr_{arabil} + 0.756157 * Pr_{livezi} + 1.04003 * Pr_{orașe} \quad (7)$$

$$Y_{reg2} = -25.2683 + 0.920384 * Pr_{sate} + 0.975952 * Pr_{orașe} + 0.58122 * Pr_{păduri} + 0.899814 * Pr_{pășuni} + 0.542697 * Pr_{vii} + 0.83569 * Pr_{arabil} + 0.692535 * Pr_{livezi} \quad (8)$$

Aprecierea impactului modificării utilizării terenului pe parcursul ultimilor 30 ani (1982 - 2013) asupra scurgerii de viitură a fost efectuată pentru 8 râuri-pilot și 102 afluenți ai acestora. S-a calculat, că majorarea scurgerii are loc în cadrul subbazinelor situate în partea de mijloc a b.h. Bâc, unde se observă extinderea terenurilor urbane, iar micșorarea este specifică subbazinelor din b.h. Botna, Căinari, unde terenurile arabile abandonate s-au transformat în pășuni și arbuști. La nivel local, se pot observa creșteri, dar și descreșteri semnificative ale scurgerii de viitură cu -94-85,6 (-7-56,7 mm în cazul solurilor uscate,  $\pm 99$  mm pentru soluri umede) (fig. 22-24).



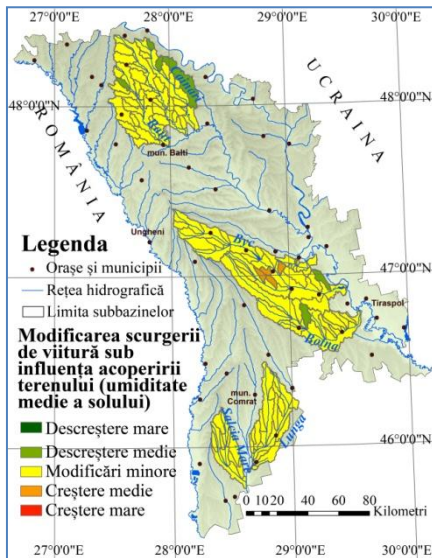


Fig. 22. Modificarea scurgerii de viitură sub influența schimbării LU, în condițiile ASM II

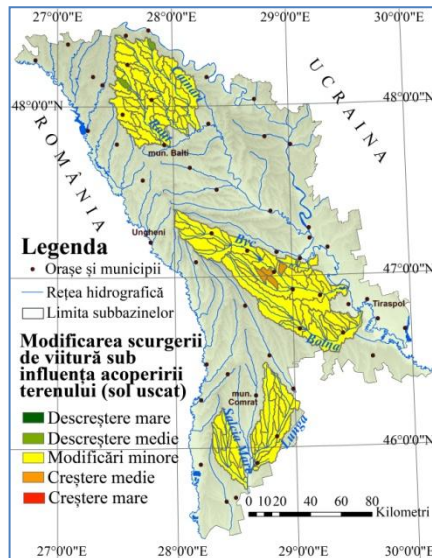


Fig. 23. Modificarea scurgerii de viitură sub influența schimbării LU, în condițiile ASM I

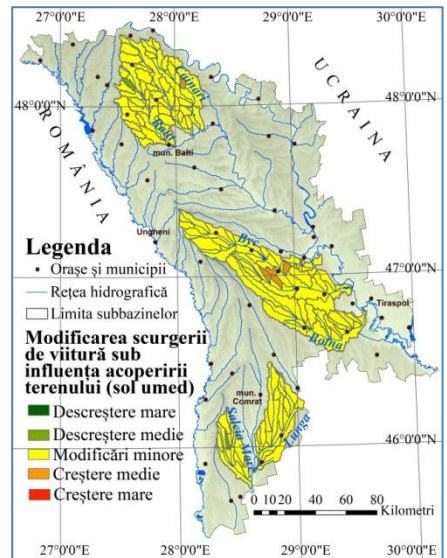


Fig. 24. Modificarea scurgerii de viitură sub influența schimbării LU, în condițiile ASM III

În rezultatul analizei impactului modificărilor în acoperirea terenului asupra scurgerii maxime a fost determinat că deosebiri esențiale pe parcursul ultimilor 30 ani nu au fost observate pentru râurile medii și afluenții acestora, însă este semnificativă la nivel local. În pofida faptului că în anumite bazine hidrografice mici se observă schimbări destul de mari a ponderii diferitelor categorii de terenuri, scurgerea de viitură se schimbă neesențial.

### 3.5. Modelarea debitelor maxime în condițiile impactului utilizării terenului și funcționării lacurilor de acumulare

#### Influența utilizării terenului

În cadrul metodei genetice, evaluarea impactului LU asupra scurgerii de viitură este determinată prin calculul formei hidrografului viiturii  $n$ . În documentul normativ național  $n$  este 0,4 [3]. În baza analizei informației de la stațiile de scurgere și afluenții r. Băltața a fost identificat că această valoare corespunde hidrografelor formate, în special, pe terenuri arabile. De asemenea, a fost determinat că în condițiile diversificării acoperirii terenului, valoarea formei hidrografului viiturii crește la 0,5-0,7. În baza experimentului numeric efectuat, a fost depistat că acest fapt va contribui la diminuarea debitului specific elementar cu 14-30%, ce va determina reducerea costurilor construcțiilor hidrotehnice potențiale, pentru care sunt necesare aceste calcule. Astfel, s-a considerat importantă identificarea unei modalități de determinare a valorii formei hidrografului viiturii. Pentru extrapolarea valorii  $n$  pentru râurile mai mari, a fost determinată ecuația regresiei multiple între  $n$  și ponderea suprafețelor ocupate de diferite tipuri de utilizare a terenurilor prezente în cadrul bazinului stației de bilanț Băltața, utilizând STATGRAPHICS [48]: În final, a fost primită următoarea ecuație:

$$n = 1.55701 - 0.046558 * P_{\text{panta}} - 0.0318469 * Pr_{\text{pasuni}} + 0.00070026 * Pr_{\text{pasuni}}^2 - 0.0167192 * Pr_{\text{arabil}} + 0.00009631 * Pr_{\text{arabil}}^2 + 0.00759181 * Pr_{\text{pl\_multianuale}} - 0.000165105 * Pr_{\text{pl\_multianuale}}^2 \quad (9)$$

Coeficientul de determinare ( $R^2$ ) al ecuației regresiei multiple este de 0,99, valoarea căruia poate fi considerată în limite rezonabile. Pentru validarea ecuației, raportul debitului specific elementar, unde valoarea  $n$  a fost determinată cu ajutorul regresiei multiple și celui unde  $n$  este evaluat în baza analizei generale a bazei de date de la 26 posturi hidrologice, a rezultat într-un  $R^2 = 0,58$ , iar diferența medie între rezultate este de aprox. 1,21 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>.

#### Efectul lacurilor de acumulare

În cadrul modelului genetic, determinarea efectului exploatării sistemului lacurilor de acumulare asupra debitului maxim este efectuată prin aplicarea coeficientului de reglare a debitului maxim. Pentru estimarea acestuia, a fost calculat gradul mediu ponderat de acoperire cu acumulări de apă a bazinului hidrografic, utilizând informația spațială (suprafața oglinzii apei și suprafața bazinului hidrografic a lacurilor de acumulare) a peste 2100 de acumulări de apă din cadrul celor 50



bazine ale râurilor-pilot. În rezultat, a fost estimat, că pentru majoritatea râurilor mici și mijlocii ale Republicii Moldova, diminuarea debitelor maxime ale viiturilor pluviale sub acțiunea lacurilor de acumulare este de până la 5%. Micșorarea acestei caracteristici cu 5-10% este specifică pentru râurile Botnișoara (b.h. Botna), r. Șovățul Mare (b.h. Camenca), Delia, Musa, Șoltoiaia, Lăpușna, Călmățui. Cea mai semnificativă diminuare a debitelor maxime ale viiturilor pluviale, peste 10%, este caracteristică pentru r. Brătuleanca și Larga (b.h. Botna).

### 3.6. Estimarea aportului categoriilor acoperirii terenurilor în formarea volumelor de viitură

Apresiasi efectului activității antropice în formarea volumelor scurgerii de viitură ( $W$ ) a fost efectuată prin aplicarea metodei volumetric. Validarea modelului a fost efectuată în baza informației hidrologice de la posturile de monitoring. Apoi, metoda a fost utilizată pentru calculul volumelor pentru cele 50 de râuri pilot. Pentru simplificarea interpretării rezultatelor, volumele formate pe categorii de terenuri au fost transformate în ponderi și comparate cu ponderile categoriilor de teren ( $Pr$ ) din cadrul bazinului hidrografic (fig. 25). De asemenea, ponderile volumelor scurgerii de viitură și a categoriilor  $LU$  au fost corelate între ele (fig. 26-29).

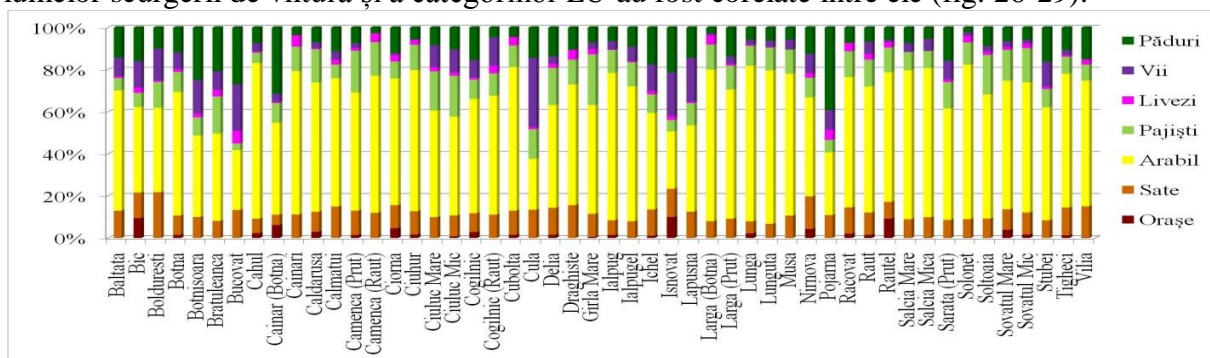


Fig. 25. Ponderea volumelor viiturii generate pe categorii ale acoperirii terenurilor,  $PP=100$  mm

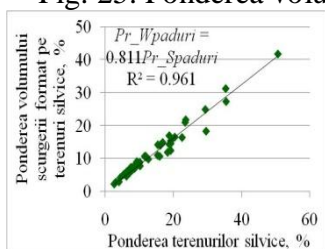


Fig. 26. Raportul dintre ponderea  $W$  de pe terenuri silvice și ponderea terenuri silvice

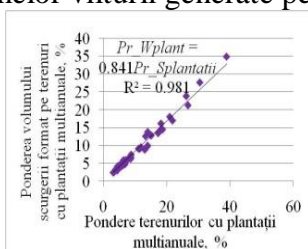


Fig. 27. Raportul dintre ponderea  $W$  de pe terenuri pomi-viticole și  $Pr$  plantații multianuale

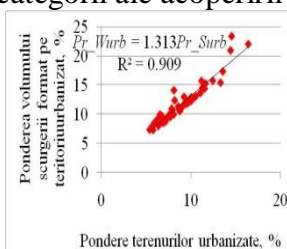


Fig. 28. Raportul dintre ponderea  $W$  de pe teritorii urbanizate și  $Pr$  zonelor urbanizate

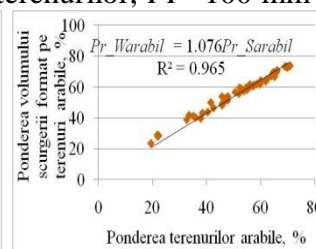


Fig. 29. Raportul dintre ponderea  $W$  de pe terenuri arabile și pondere terenurilor arabile

În final, s-a dovedit că terenurile antropice, pădurile și pajiștile influențează formarea a câte 12% fiecare (aprox. 35%) din volumul total al viiturii, cea mai mare pondere a scurgerii maxime formându-se de pe terenuri agricole.

## 4. EVALUARE A IMPACTULUI ANTROPIC ASUPRA PROCESELOR DE FORMARE ȘI PROPAGARE A SCURGERII DE VIITURĂ ÎN BAZA MODELELOR DINAMICE

### 4.1. Modificarea proceselor de formare a viiturilor pluviale sub acțiunea schimbării în utilizarea terenurilor și funcționării lacurilor de acumulare

#### Râurile-pilot și modificările specifice ale acoperirii terenului

Modificările hidrografelor undelor de viitură sub acțiunea schimbărilor utilizării terenurilor din ultimele 3 decenii a fost efectuată prin aplicarea modelului hidrologic JAMS/J2000 [30], pe exemplul a 11 râuri pilot, care reprezintă convențional partea de nord, centrală și de sud a țării (r. Căinari - p. Sevrova, r. Cubolta - p. Cubolta, r. Răut - p. Bălți, r. Bălțata - p. Bălțata, r. Bâc - p. Strășeni și p. Chișinău, r. Pojarna - p. Sîpoteni, r. Ișnovăț - p. Sângera, r. Botna - p. Căușeni, r. Ialpuș - p. Comrat, r. Salcia Mare - p. Musait, r. Lunga - p. Ceadâr-Lunga). Schimbările acoperirii terenurilor pentru perioada 1982-2013 sunt reprezentate în formă procentuală în figurile 30, 31.

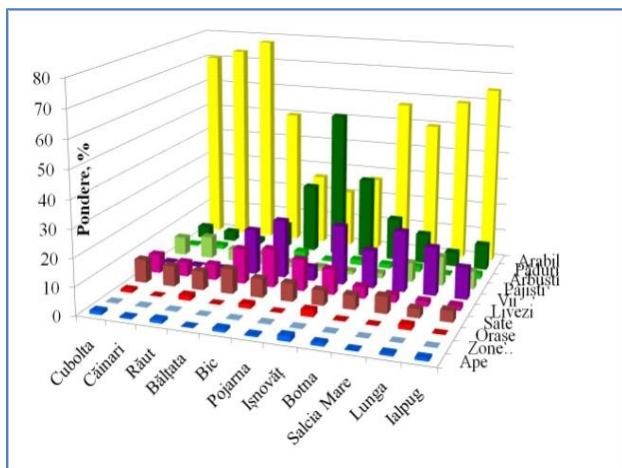


Fig. 30. Ponderea categoriilor de terenuri în bazinele hidrografice, până la post, 1982

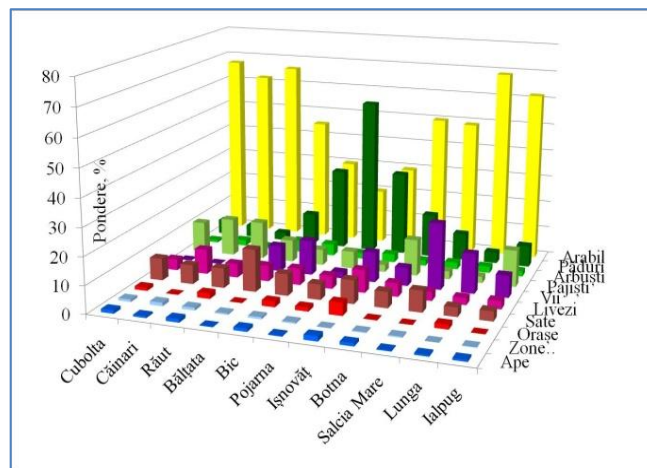


Fig. 31. Ponderea categoriilor de terenuri în bazinele hidrografice, până la post, 2013

### **Aplicarea modelului hidrologic pe râuri-pilot**

O bună reprezentare a specificului mediului în cadrul modelelor virtuale din JAMS/J2000 necesită o bună înțelegere a proceselor care au loc în bazinele hidrografice, în special, în perioada trecerii viiturilor pluviale. În baza analizei factorilor generatori ai inundațiilor și identificării valorilor variabilelor necesare modelării hidrologice, a fost efectuată procedura de construcție, calibrare și validare a modelelor pentru toate râurile-pilot, pentru întreaga perioadă de monitoring hidrologic. Pentru aprecierea calității modelului, au fost utilizate criteriile de eficiență și calificativele atribuite acestora [39]. Calitatea tuturor modelelor efectuate se încadrează în limitele admisibile, atât pentru perioada calibrării, cât și pentru cea a validării.

### **Evaluarea impactului modificărilor acoperirii terenului**

Luând în considerare faptul că situațiile sinoptice ce determină formarea viiturilor pluviale au tendința de repetare și de intensificare în ultimii ani, s-a considerat importantă evaluarea modificărilor debitului maxim, mediu și volumului viiturii pentru toate evenimentele viiturilor pluviale modelate în prezenta cercetate, utilizând pentru modelare consecutiv datele spațiale ale categoriilor terenului din 1982 și din 2013. Așa cum la nivel procentual nu se observă mari modificări în utilizarea terenurilor din cele 2 perioade (fig. 30, 31), se presupune că aceeași tendință este caracteristică și pentru componentele scurgerii.

Pentru generalizarea rezultatelor modelărilor, s-a recurs la calculul diferenței medii pentru toate hidrorafele între modelul simulat în baza LU 2013 și cel modelat în baza LU 1982. Astfel, în baza analizei rezultatelor, se observă, în general, o tendință de creștere a valorilor caracteristicilor scurgerii de viitură pentru râurile din partea centrală și de sud, și o descreștere pentru cele din partea de nord a țării. În cazul formării situațiilor sinoptice similare celor care au determinat viiturile pluviale de pe râurile din partea de nord a țării, caracteristicile scurgerii maxime în condițiile LU actuale vor descrește cu 10% în cazul r. Răut (fig. 32) și Căinari, comparativ cu condițiile LU din 1982, pentru r. Cubolta acestea descreșc cu 4%. Acest fapt este explicat prin procesul de naturalizare a bazinelor hidrografice, în special, prin reducerea ponderii suprafețelor arabile și creșterea celor ocupate de pajiști, păduri. În cazul râurilor din partea de sud a țării, modificarea utilizării terenurilor va determina o reducere a debitului maxim și mediu, precum și a volumului viiturii formate pe r. Ialpug cu circa 10%, dar și o majorare a acestora cu circa 2-10% în cazul r. Lunga și Salcia Mare. Modificarea scurgerii de viitură de pe râurile din partea centrală a țării diferă de la un râu la altul. În cazul viiturilor de pe r. Pojarna nu se atestă modificări majore. Micșorarea debitului maxim și mediu, precum și a volumului viiturii din bazinul r. Botna se datorează diminuării terenurilor arabile și viilor, dar și de mărirea celor ocupate de pajiști și arbuști. Mărirea caracteristicilor viiturilor pluviale de pe r. Bălțata și Ișnovăț este determinată de creșterea suprafețelor localităților și de descreșterea celor ocupate de culturi pomi-viticole. Cea mai semnificativă modificare a debitului maxim și mediu, precum și a volumului viiturii se atestă totuși pentru r. Ișnovăț, această fiind de +35% (fig. 33). Creșterea, practic dublă, a localităților urbane și rurale, descreșterea dublă a terenurilor viticole sunt principalele cauze ale acestei majorări.

### ***Aprecierea impactului funcționării lacurilor de acumulare***

Aprecierea influenței lacurilor de acumulare asupra scurgerii maxime a fost efectuată în baza analizei debitelor r. Bâc, de la p. Chișinău, modificate de funcționarea l.a. Ghidighici. În acest scop, a fost construit, calibrat și validat modelul hidrologic pentru r. Bâc, p. Chișinău, situat în aval de l.a. Ghidighici, și p. Strășeni, amenajat în amonte ale acestui lac de acumulare. Pentru ridicarea acurateții modelelor s-a recurs la procedura de intercalibrare pentru a evalua valorile variabilelor din cadrul modelelor r. Bâc, p. Strășeni și p. Chișinău, ultimul fiind construit pentru perioada scurgerii naturale. Diminuarea caracteristicilor scurgerii maxime de către l.a. Ghidighici se datorează capacității destul de mari de acumulare a apei viiturilor pluviale ce se formează în partea superioară a lacului. Modificarea debitului maxim este semnificativă, acesta fiind de 3, 5, în anumite cazuri, chiar și de 15 și 20 ori mai mic decât în cazul modelării scurgerii naturale. Trebuie menționat și faptul că, transformarea undei de viitură până la începutul anilor '90 se caracterizează prin evacuări mai mari a debitelor, comparativ cu aceasta, în perioada actuală nu se observă o creștere a debitelor evacuate peste 5-6 m<sup>3</sup>/s în pofida majorării frecvenței precipitațiilor maxime (fig. 34).

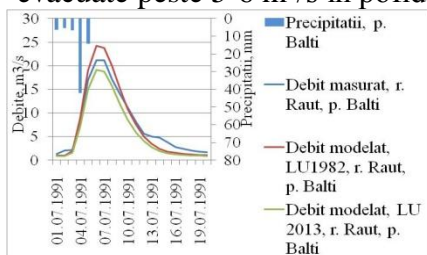


Fig. 32. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, r. Răut, p. Bălți

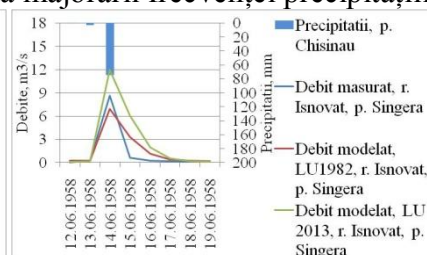


Fig. 33. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, r. Ișnovăț, p. Sângera

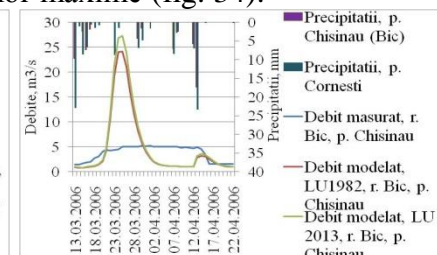


Fig. 34. Hidrografele viiturilor pluviale monitorizate și simulate, 2006, r. Bâc, p. Chișinău

## **4.2. Modificarea proceselor de propagare a undei de viitură sub acțiunea impactului structurilor hidrotehnice și schimbărilor climatice**

### ***Râurile - pilot***

Evaluarea dinamicii undei de viitură în condițiile modificării albiei râurilor a fost efectuată pentru două zone pilot: prima fiind sectorul de pe r. Nistru de la p. Hrușca (amonte de l.a. Dubăsari) până la s. Talmază (bifurcarea Nistrului în Nistru și brațul Turunciuc), iar a doua - sectorul de pe r. Bâc de la l.a. Ghidighici până la gura de vărsare a acestuia. În limitele zonelor de studiu, în cadrul luncilor râurilor Nistru și Bâc sunt prezente construcțiile hidrotehnice de apărare contra inundațiilor: l.a. Dubăsari și Ghidighici și digurile de protecție cu o lungime de 424,1 km (194,4 km pe dreapta/229,7 km pe stânga a r. Nistru) și 127,2 km ce ar trebui să protejeze contra inundațiilor o suprafață de peste 38184 ha și, respectiv, 4591 ha [11].

### ***Aplicarea modelării hidraulice pe râurile-pilot***

Modelul hidrodinamic utilizat pentru aprecierea modificării propagării undei de viitură sub acțiunea lacurilor de acumulare, digurilor, schimbărilor climatice este HEC-RAS 5.0.3 [28]. Pentru modelarea hidrografelor undei de viitură evacuate din l.a. Dubăsari și l. a. Ghidighici au fost aplicate două metode integrate în model: metoda Devensor Controlat în baza Cotei de Nivel al Apei (Elevation Controlled Gates method, *M2*) și metoda Baraj de Navigare (Navigation Dam method *M3*). Aprecierea calității modelului a fost efectuată în baza criteriilor de eficiență utilizate în cazul modelării hidrologice, rezultatele fiind bune și foarte bune (fig. 35, 36).

### ***Evaluarea impactului lacurilor de acumulare asupra dinamicii undei de viitură***

Lacurile de acumulare Dubăsari și Ghidighici au fost construite în anii '60 ai secolului trecut în scopul de irigare, recreere, piscicultură, protecție contra inundațiilor ș.a. Impactul direct al lacurilor de acumulare și, în special, a diminuării volumului acestora ca urmare a proceselor de colmatare, a fost efectuat luându-se în calcul volumul activ și forțat al lacurilor din anul dării în exploatare și din anul 2000, pentru aprecierea scenariilor propagării undelor de viitură de probabilitatea 10, 5, 1, 0,5 și 0,1%. În rezultat, a fost determinat că l.a. Dubăsari modifică debitele probabile cu circa 10-15%, iar l.a. Ghidighici va diminua debitele chiar și cu 40% (fig. 37, 38). Modificarea volumelor lacurilor de acumulare va determina creșterea coeficientului de atenuare a viiturilor. De exemplu, în cazul r. Bâc acesta va crește de la 0,67-0,75 la 0,71-0,78.



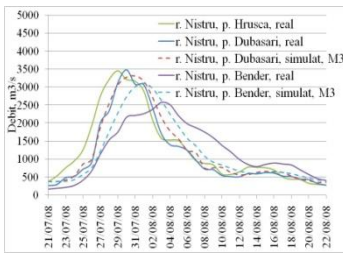


Fig. 35. Hidrografe reale și modelate, viitura 2008, r. Nistru

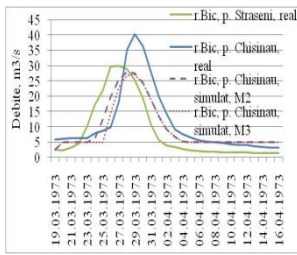


Fig. 36. Hidrografe reale și modelate, viitura 1973, r. Bâc

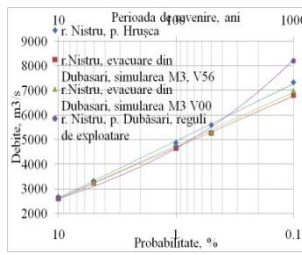


Fig. 37. Modificarea debitului maxim probabil sub influența colmatării l.a. Dubăsari

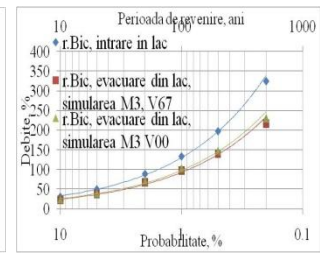


Fig. 38. Modificarea debitului maxim probabil sub influența colmatării l.a. Ghidighici

### Estimarea impactului digurilor de protecție asupra propagării viiturilor pluviale

În baza modelării impactului digurilor de protecție asupra propagării undei de viitură a fost determinat că lipsa acestor structuri hidrotehnice ar majora perioada de parcurs a viiturilor cu 1-2 zile pentru r. Nistru și r. Bâc. Nivelul mediu al apei se va diminua cu 0,5-2,3 m pentru Nistru și 0,2-0,5 m pentru Bâc. Viteza apei va scădea de 1,5 ori. Pentru zona r. Nistru, suprafețele hazardului la inundații vor fi de 82-380 km<sup>2</sup> în cazul prezenței structurilor de protecție și 293-443 km<sup>2</sup> în cazul lipsei acestora. Astfel, aria inundabilă pentru viiturile de 5-10% va fi de 3,5 ori mai mică în cazul prezenței digurilor. În cazul r. Bâc aria hazardului va fi de 5-30 km<sup>2</sup> în cazul prezenței digurilor și, respectiv, 11,3- 34 km<sup>2</sup> în cazul lipsei acestora. Modificarea debitelor maxime și a zonelor hazardului/riscului la inundații este reprezentată în figurile 40-49. În cazul r. Nistru numărul populației afectate de inundații se poate ridica la 10000-45000 mii, în dependență de probabilitatea de depășire și gradul de protecție. Ponderea populației foarte puternic afectate în cazul prezenței digurilor de protecție este de 31-41%, iar în cazul lipsei acestora - 20-36%, iar a populației afectate mediu va fi de 41-53% pentru primul scenariu și 47-66% pentru cel din urmă. Dauna potențială cauzată de viituri se va ridica la 83-330 mil. Euro în cazul prezenței digurilor de protecție și la 102-339 mil Euro în cazul lipsei acestora. În cazul apariției viiturilor de probabilitate 0,1-10% și prezenței structurilor de apărare, ponderea daunelor cauzate zonelor rurale va constitui 26-37%, zonelor urbane - 31-37% și zonelor industriale - 27-35%. În condițiile lipsei digurilor, dauna cauzată localităților rurale va fi de 32-38%, celor urbane - 29-30%, zonelor industriale - 26-29%. Terenurile agricole vor fi prejudiciate cu circa 6-13% din total, valoarea diminuându-se odată cu descreșterea probabilității de apariție.

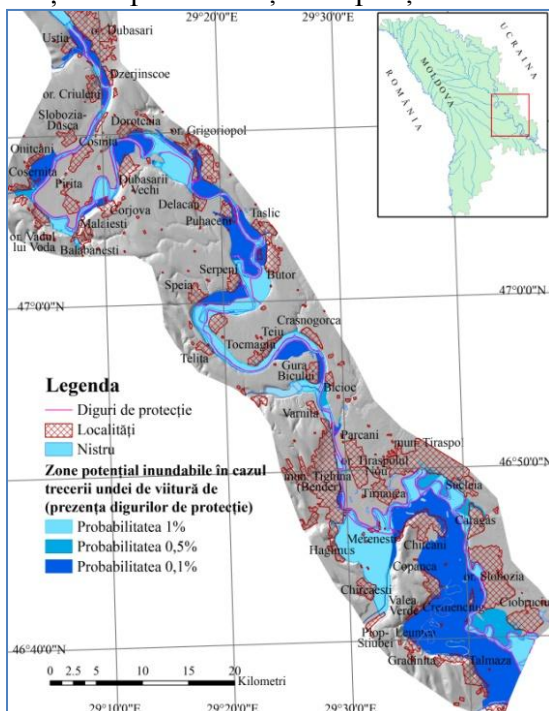


Fig. 40. Zonele hazardului la inundații în condițiile prezenței digurilor, sector p. Dubăsari - s. Talmaza

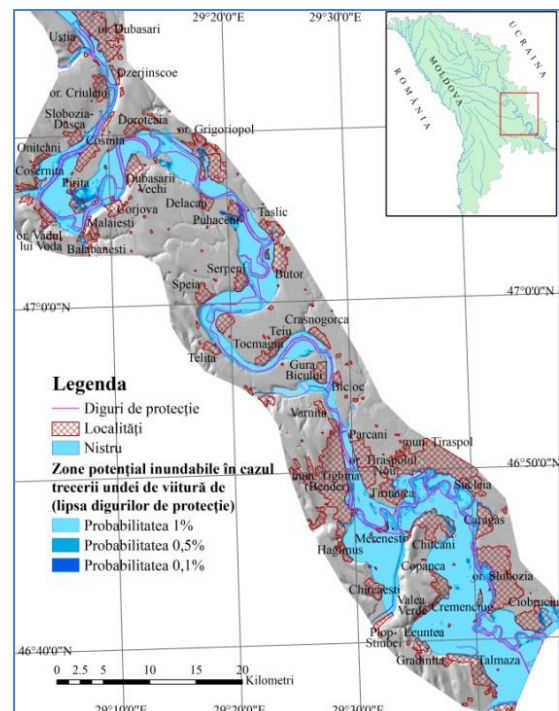


Fig. 41. Zonele hazardului la inundații în condițiile lipsei digurilor de protecție, secțiunea p. Dubăsari - s. Talmaza

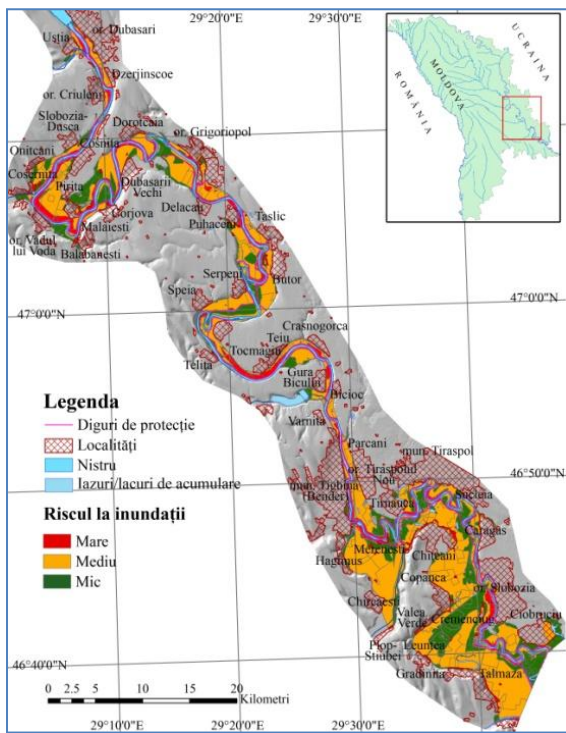


Fig. 42. Zonele cu risc la inundații în condițiile lipsei digurilor de protecție, secțiunea p. Dubăsari - s. Talmază

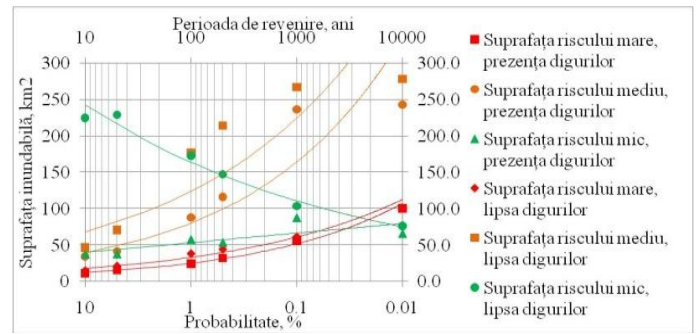


Fig. 43. Modificarea zonelor riscului la inundații în condițiile prezenței / lipsei digurilor de protecție, r. Nistru (secțiunea p. Hrușca - s. Talmază)

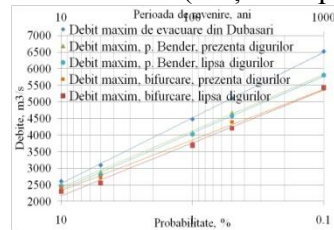


Fig. 44. Modificarea debitelor maxime probabile sub acțiunea digurilor de protecție, r. Nistru

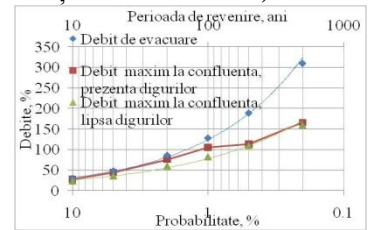


Fig. 45. Modificarea debitelor maxime probabile sub acțiunea digurilor de protecție, r. Bâc

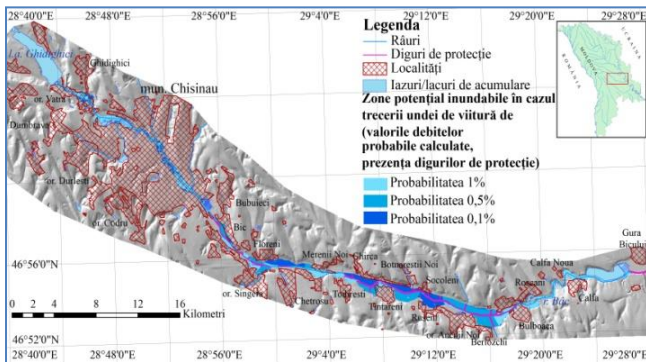


Fig. 46. Zonele hazardului la inundații în condițiile prezenței digurilor de protecție

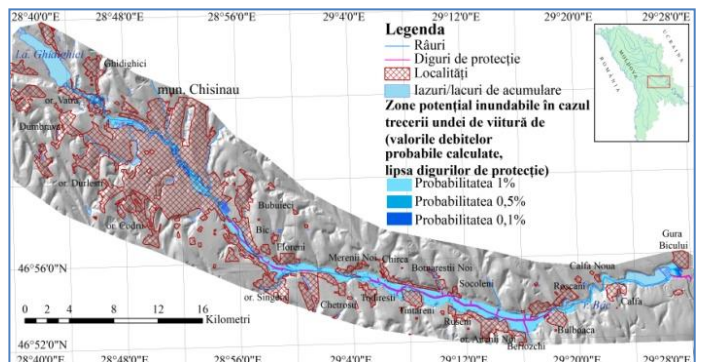


Fig. 47. Zonele hazardului la inundații în condițiile lipsei digurilor de protecție

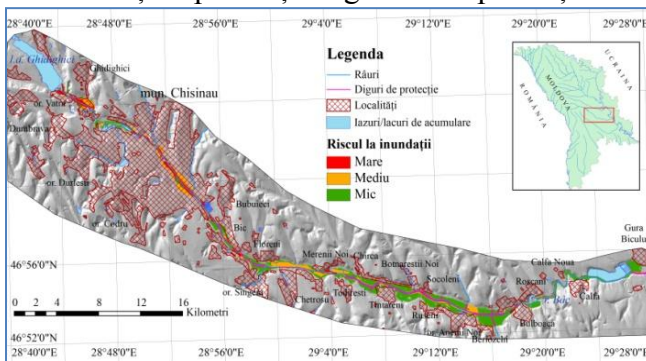


Fig. 48. Zonele riscului la inundații în condițiile lipsei digurilor de protecție

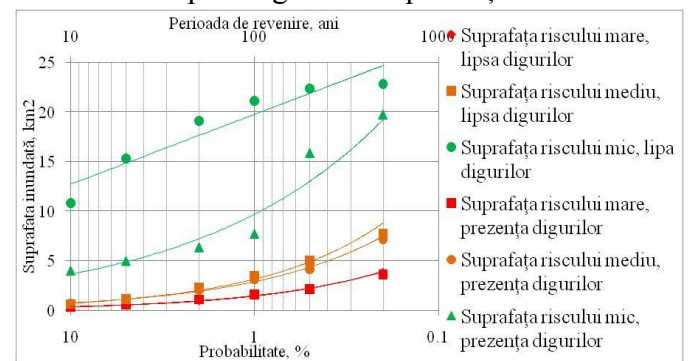


Fig. 49. Modificarea zonelor riscului la inundații în condițiile prezenței / lipsei digurilor de protecție, r. Bâc (secțiunea l. a. Ghidighici - gura de vărsare)

În cazul zonei de studiu de pe r. Bâc, diferențierea în numărul populației afectate în condițiile prezenței și lipsei structurilor de apărare nu este mare, fapt explicat prin poziționarea localităților în cadrul luncii și practic lipsa digurilor în apropierea acestora. Numărul maxim al populației afectate crește la 5000 locuitori, fiind practic nul în cazul trecerii viiturilor medii, din motivul că inundația



nu pătrunde în localități. Majoritatea populației va fi afectată mediu de către viiturilor pluviale, atât în condițiile prezentei, cât și lipsei, digurilor de protecție.

Daunele materiale estimate pentru cele 5 scenarii sunt cuprinse în limitele de 5-95 mil. Euro în cazul prezentei digurilor de protecție și 7-110 mil. Euro în cazul lipsei acestora. Cele mai afectate zone vor fi cele industriale, prejudiciul cauzat acestora va depăși 75% din dauna totală cauzată de viituri. În special, vor fi supuse inundațiilor zonele industriale din regiunea mun. Chișinău. Ponderea prejudiciului cauzat zonelor agricole, comparativ cu celelalte zone, va fi, practic, nesemnificativă.

### **Evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra riscului la inundații**

Schimbările climatice vor determina creșterea caracteristicilor viiturilor pluviale de 1% cu circa 20% în cazul r. Nistru și 30% în cazul r. Bâc către sfârșitul secolului [19]. Debitul maxim de 1% pe viitor se vor egala cu cele actuale de 0,5-0,6%. Suprafețele hazardului vor crește cu 19-25 km<sup>2</sup> în cazul r. Nistru și 3 km<sup>2</sup> în cazul r. Bâc. Nivelul și viteza apei nu se va modifica semnificativ. Modificarea debitelor maxime, zonelor riscului la inundații, a populației afectate și a daunelor potențiale sub acțiunea schimbărilor climatice este reprezentată în figurile 50-57.

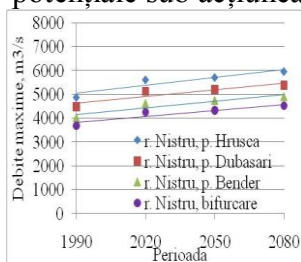


Fig. 50. Modificarea debitelor maxime de 1% sub acțiunea schimbărilor climatice, r. Nistru

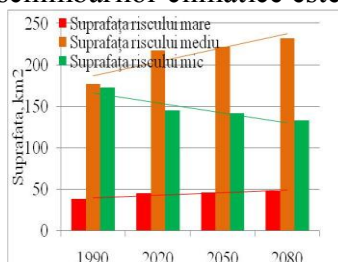


Fig. 51. Modificarea suprafețelor riscului la inundații în cazul undelor de viitură de 1% sub acțiunea schimbărilor climatice, r. Nistru

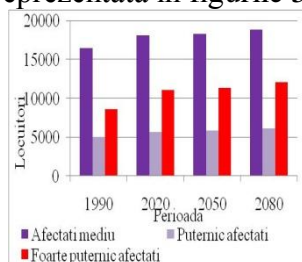


Fig. 52. Modificarea categoriilor populației afectate de viiturile pluviale de 1% ale r. Nistru sub acțiunea schimbărilor climatice

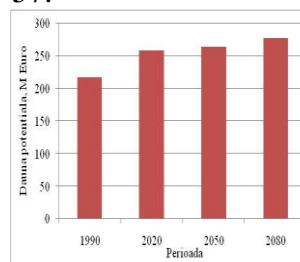


Fig. 53. Modificarea daunelor potențiale cauzate de viiturile pluviale de 1% ale r. Nistru sub acțiunea schimbărilor climatice

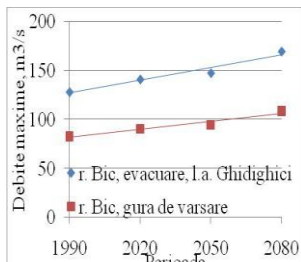


Fig. 54. Modificarea debitelor maxime de 1% sub acțiunea schimbărilor climatice, r. Bâc

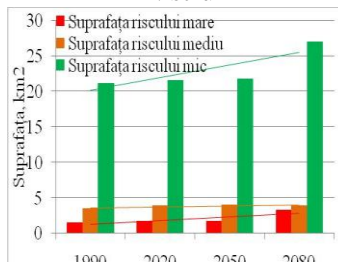


Fig. 55. Modificarea suprafețelor riscului la inundații în cazul undelor de viitură de 1% sub acțiunea schimbărilor climatice, r. Bâc

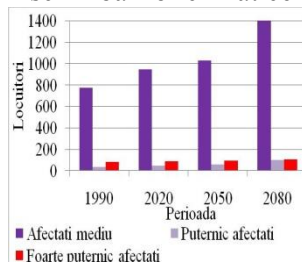


Fig. 56. Modificarea categoriilor populației afectate de viiturile pluviale de 1% ale r. Bâc sub acțiunea schimbărilor climatice

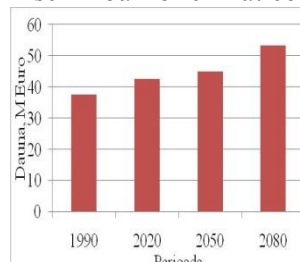


Fig. 57. Modificarea daunelor potențiale cauzate de viiturile pluviale de 1% ale r. Bâc sub acțiunea schimbărilor climatice

Suprafețele cu risc mare vor crește de 2 ori în cazul r. Bâc, iar în cazul r. Nistru suprafețele riscului mic se vor diminua în favoarea celui mediu. Schimbările climatice vor determina creșterea numărului populației afectate de inundații, în special a celei foarte puternic afectate, pentru ambele râuri. Ponderile daunei clasificate pe categorii de utilizare a terenurilor se vor menține la nivelul perioadei actuale.

## **CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI**

### **Concluzii:**

- În rezultatul analizei comparative a caracteristicilor viiturilor pluviale în condiții staționare și nestaționare a fost elaborat coeficientul impactului antropic asupra caracteristicilor scurgerii de viitură. Aplicarea acestuia a arătat că, în condițiile activității umane, stratul scurgerii de vară se va schimba - cu 19%, a scurgerii de viitură - cu 12%, iar debitul maxim al viiturilor pluviale - cu 4%. La momentul actual, totuși, scurgerea de viitură, pentru marea majoritate a râurilor se caracterizează prin procese cvasi staționare [12].

2. Lacurile de acumulare au provocat o ușoară creștere a coeficientului de atenuare a debitului maxim format pe r. Nistru de la 0,30-0,40 (în condiții naturale) la 0,50-0,60 (în condițiile influenței antropice) [35]. Același coeficient, în cazul r. Prut, s-a micșorat de la 0,41 la 0,29. Analiza comparativă a debitelor maxime probabile de 0,1-10% calculate în baza datelor de monitoring cu cele din cadrul regulilor de exploatare a lacurilor de acumulare au arătat că primele sunt mai mici decât cele din urmă, fapt ce atestă posibilitatea perfecționării metodelor de reglare a scurgerii maxime.
3. Rezultatele modelării *FFPI*, *FPI*, precum și a indicelui nou *FPPI* au arătat că ~60% din teritoriul țării și a râurilor studiate se încadrează în clasa potențialului mediu de formare, acumulare și propagare a undei de viitură. Regiunile caracterizate de potențial mare și foarte mare de inundare a terenurilor (~30% din teritoriul republicii) sunt localizate în luncile râurilor mari și medii. Iar potențialul mare și foarte mare de propagare a undei de viitură este specific râurilor din partea centrală și de sud a țării (~40% din cele 50 de râurile studiate) [31].
4. Pentru optimizarea metodei genetice, a fost identificată legătura dintre valorile coeficientului de formă a hidrografului și ponderea categoriilor de terenuri din cadrul bazinelor hidrografice ale stației de bilanț Bălțata și propusă o nouă ecuație de calcul a acestui coeficient pentru estimarea debitelor maxime probabile ale râurilor nemonitorizate. Evaluarea coeficientului de reglare a debitelor maxime sub acțiunea lacurilor de acumulare din cadrul aceleiași metode efectuată prin aprecierea gradului mediu ponderat de acoperire cu acumulări de apă a bazinului hidrografic, a arătat că impactul acestora este minor (maxim 16%) [13].
5. Estimările regionale ale scurgerii de viitură formate în cadrul bazinelor mici, unde prevalează anumite categorii de terenuri, au demonstrat că scurgerea maximă este de 2 ori mai mică, în cazul predominării terenurilor naturale, în comparație cu cele antropice. Impactul antropic exprimat prin schimbarea utilizării terenului pentru ultimele 3 decenii a cauzat modificări minore ale scurgerii de viitură la nivel bazinal (-6,2-4,3mm) însă, la nivel local, creșterea/descreșterea stratului scurgerii maxime este substanțială (-67-57mm). De asemenea, a fost apreciat că în condițiile când solurile sunt caracterizate de umiditate mare cauzată fie de precipitațiile anterioare, fie de procesul de irigare, valorile stratului scurgerii de viitură pot crește de la 30 la 60%. În cazul compactării solului determinate de impactul tehnicii agricole, scurgerea de viitură se va majora cu circa 17-38% (în dependență de umiditatea solului) [32].
6. Aprecierea aportului adus de categoriile de terenuri în formarea volumelor viiturilor a demonstrat că localitățile, precum și pădurile și pajiștile, influențează la formarea a 35% (câte 12% fiecare) din volumul total, marea majoritate a scurgerii de viitură formându-se de pe terenuri agricole, ponderea căroră fiind de 65%. Efectul acoperirii terenului diferă de la un bazin la altul, în dependență de valorile ponderilor diferitor categorii de terenuri [33].
7. Pentru modelarea proceselor de formare a viiturilor pluviale prin aplicarea modelului J2000, a fost determinată și reprezentată în model dinamica acoperirii terenurilor din ultimii 30 ani. Rezultatele estimării impactului acestei dinamici asupra viiturilor pluviale au arătat că, pe de o parte, are loc diminuarea caracteristicilor scurgerii de viitură pentru râurile din partea de nord al republicii, iar pe de altă parte - creșterea acestora pentru cele din sud cu circa 10%. Majorarea substanțială (+35%) a scurgerii de viitură este specifică pentru r. Ișnovăț. Descreșterea caracteristicilor viiturilor este cauzată de procesele de naturalizare a terenurilor agricole, pe când majorarea acestora este determinată de extinderea suprafețelor urbanizate [34].
8. Simularea impactului sistemului digurilor de protecție asupra dinamicii undei de viitură din luncile r. Nistru și Bâc utilizând modelul HEC-RAS denotă că protejarea terenurilor contra inundațiilor este eficientă în cazul apariției viiturilor de probabilitate mare și medie. Îngustarea zonei destinate propagării viiturilor prin îndiguirea luncii a determinat creșterea debitelor maxime, adâncimii și vitezei apei și, respectiv, diminuarea duratei de parcurs a undei de viitură și a zonelor de risc la inundații. Lipsa digurilor poate cauza inundarea unor suprafețe ce în cazul viiturilor de probabilitate mare și medie pot fi chiar de 3 ori mai mari decât în condițiile prezenței structurilor de apărare.



9. Pe parcursul ultimelor decenii, se înregistrează apariția viituri pluviale în lunile nespecifice pentru aceste fenomene (primăvară/toamnă), dar și deplasarea numărului maxim a viiturilor pluviale din iunie în iulie, pentru râurile din partea de nord a republicii. Acest fapt este explicat prin creșterea gradului de instabilitate a proceselor climatice ce favorizează formarea exceselor pluviometrice. Către sfârșitul secolului al XXI-lea, din cauza schimbărilor climatice, valorile debitelor maxime probabile a scurgerii de viitură de pe r. Nistru și Bâc vor crește cu 22-32% [19], astfel determinând inundarea unor arii vaste ce vor cauza pagube potențiale de peste 230 mil. Euro și vor afecta un număr total de 37000 locuitori din luncile acestor două râuri-pilot.

#### **Recomandări:**

1. Pentru studiul viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova, în premieră, au fost utilizate metode/modele noi de calcul/simulare a caracteristicilor scurgerii maxime: FFPI, FPI, FPPI, volumetrică, SCS-CN, JAMS/J2000, HEC-RAS, abordările Indicatorii Modificărilor Hidrologice și Componentele Scurgerii de Mediu și perfecționate cele deja existente și utilizate la nivel național în domeniul proiectării construcțiilor hidrotehnice. Modelele enumerate au fost calibrate, validate și aplicate cu succes și sunt recomandate pentru utilizare ulterioară pentru cercetări hidrologice și pentru evidențierea impactului cauzat de modificările mediului produse/planificate de activitatea umană asupra proceselor de formare și propagare a scurgerii viiturilor pluviale.
2. Ca rezultat al studiilor efectuate, a fost elaborat un set de materiale cartografice ale caracteristicilor scurgerii de viitură. Aceste hărți sunt recomandate pentru completarea documentelor normative naționale și pot fi utilizate la calculul caracteristicilor scurgerii maxime de pe râurile insuficient studiate precum și pentru proiectarea diferitor structuri hidrotehnice, dar și la elaborarea planurilor de amenajare a teritoriilor și de management al inundațiilor la nivel raional, bazinal, național. Rezultatele studiului se recomandă a fi utilizate pentru dezvoltarea planurilor de gestionare a bazinelor hidrografice și la stabilirea programului de măsuri de îmbunătățire a stării/potențialului ecologic al corpurilor de apă.
3. Modelele dinamice utilizate în cadrul cercetării sunt recomandate pentru aplicare în procesul efectuării prognozelor hidrologice, estimării zonelor de hazard/risc la inundații, a pagubelor și populației afectate precum și a evoluției temporale a caracteristicilor scurgerii de viitură. Acestea pot fi aplicate pentru simularea propagării unor viituri reale/modelate sau pentru aprecierea impactului unor posibile schimbări din cadrul complexului de măsuri structurate și nestructurate de protecție contra inundațiilor. Rezultatele cercetărilor, de asemenea, pot servi ca argument în extinderea rețelei de monitoring hidrologic și meteorologic pe baza principiilor bazinale pentru eficientizarea prognozelor hidrologice, mai ales a viiturilor rapide, precum și la elaborarea unor noi modele dinamice pentru râurile mici, medii dar și cele mari transfrontaliere. În condițiile funcționării lacurilor de acumulare, se recomandă elaborarea unor noi regulamente de reglare a scurgerii râurilor în baza estimării Componentelor Scurgerii de Mediu pentru ani cu umiditate mică, medie și mare.

#### **BIBLIOGRAFIE**

1. Arhiva Serviciului Hidrometeorologic de Stat, Anuarele hidrologice și meteorologie pentru perioada observațiilor instrumentale.
2. Cadastru de Stat al Apelor. Date multianuale despre resursele și regimul apelor de suprafață. Chișinău, 2006. 550 p.
3. Determinarea caracteristicilor hidrologice pentru condițiile Republicii Moldova. Normativ în construcții CP D.01.05-2012, ediție oficială. Agenția Construcții și Dezvoltarea teritoriului Republicii Moldova. Chișinău, 2013. 155 p.
4. Determinarea limitelor admisibile de substanțe nocive în debitele (scurgerile) superficiale pentru condițiile Republicii Moldova CP D. 01.06.2012. Ediție oficială. Agenția construcții și dezvoltarea teritoriului Republicii Moldova. Chișinău, 2012. 109 p.

5. Elaborarea modelului unei cinematice a viiturilor și evaluarea zonelor de risc în caz de inundații pe râurile din Republica Moldova. Dare de seamă științifică, IEG ASM. Coordonator: Melnicu O., Chișinău, 2009. 95 p;
6. Elaborarea suportului geoinformațional pentru gestionarea situațiilor de risc hidrologic în bazinul râului Prut. IEG ASM. Coordonator: Boboc N., Chișinău, 2012. 46 p;
7. Fondul național de date geospațiale, <http://geoportal.md/> (vizitat 03.04.2011).
8. Hotărârea Guvernului Republicii Moldova Nr. 887 din 11.11.2013 pentru aprobarea Regulamentului cu privire la gestionarea riscurilor de inundații <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=350280> (vizitat 03.04.2011).
9. Hotărârea Guvernului Republicii Moldova Nr. 932 din 20.11.2013 pentru aprobarea Regulamentului privind monitorizarea și evidența sistematică a stării apelor de suprafață și a apelor subterane <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=350467> (vizitat 03.04.2011).
10. Hotărârea Parlamentului Republicii Moldova Nr. 1030 din 13.10.2000 cu privire la aprobarea Schemei de protecție a localităților din Republica Moldova împotriva inundațiilor, <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=297208> (vizitat 03.04.2011).
11. Informație analitică privind problema inundațiilor în Republica Moldova, Apele Moldovei, Acvaproiect 2010. 11p [http://www.acva.md/uploads/Vodnye\\_problemy/Inundatii\\_2010\\_rom.pdf](http://www.acva.md/uploads/Vodnye_problemy/Inundatii_2010_rom.pdf) (vizitat 03.04.2011).
12. Jeleapov A. Analiza variațională a caracteristicilor scurgerii viiturilor pluviale. In: Buletinul AȘM. Științele vieții, 2017, nr. 1[331], p. 145-153.
13. Jeleapov A. Evaluarea impactului lacurilor de acumulare asupra scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova. In: Materialele conferinței științifice naționale cu participare internațională Mediul și dezvoltare durabilă, Ed. a 3-a, consacrată aniversării a 80 ani de la nașterea prof. univ., dr. hab. A. Lungu. Chișinău: Universitatea de Stat din Tiraspol, 2016. p. 116-120.
14. Jeleapov A. Evaluarea nivelului actual de cercetare a scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova în condițiile impactului antropic accentuat (studiu bibliografic). In: Materialele conferinței științifice cu participare internațională Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice. Chișinău: UnASM, 2016. p. 141-146.
15. Legea Parlamentului Republicii Moldova Nr. 764 din 27.12.2001, privind organizarea administrativ-teritorială a Republicii Moldova. <http://lex.justice.md/viewdoc.php?action=view&view=doc&id=291721&lang=1> (vizitat 03.04.2011).
16. Lucașcu M. Cîte ceva despre inundații. Mic ghid destinat autorităților locale. 81 p. <http://www.informarepreventiva.ro/noutati.htm> (vizitat 03.04.2011).
17. Stănescu V. Hidrologie urbană. București: Ed. didactică și pedagogică, 1995. 99 p.
18. Stematiu D., Drobot R. Metodologia pentru determinarea bazinelor hidrografice cu caracter torențial în care se află așezări umane expuse pericolului viiturilor rapide. București: UTCB, 2007. 29 p.
19. Alfieri L., Burek P., Feyen L., Forzieri G. Global warming increases the frequency of river floods in Europe. In: Hydrol. Earth Syst. Sci., 2015, nr. 19, p. 2247-2260.
20. ArcMap <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/> (vizitat 20.08.2017).
21. Decision Matrix <http://blogs.msdn.com/mswanson/archive/2008/07/20/my-decision-matrix.aspx> (vizitat 03.04.2011).
22. Edsel B. D. și a. Watershed Modeling and its Applications: A State-of-the-Art Review In: The Open Hydrology Journal, 2011, 5, 26-50, p. 1874-3781.
23. EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database, Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium [www.emdat.be](http://www.emdat.be) (vizitat 21.01.2018)
24. Floods in a Changing Climate: Inundation Modelling / Di Baldassarre G. International Hydrology Series. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 122 p
25. Floods in a changing climate: risk management / Simonovic S. International Hydrology Series. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 206 p.
26. Ford D. T., Hamilton D. Computer models for water-excess management. In: Water Resources Handbook, New York: McGraw-Hill, 1996, p. 28.1.
27. Hall B. și a. Understanding Flood Regime Changes in Europe: A state of the art assessment. In: Hydrology and Earth System Sciences, European Geosciences Union, 2014, 18 (7), p. 2735-2772.
28. HEC-RAS model <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/> (vizitat 03.04.2011).
29. International Flood Initiative, UNESCO-IFI, 23p <http://www.ifi-home.info/> (vizitat 03.04.2017).
30. JAMS <http://jams.uni-jena.de/> (vizitat 03.04.2012).
31. Jeleapov A. Assessment of pluvial floods potential on the rivers of the Republic of Moldova, PESD, vol. 12, no. 2, 2018, p. 121-133.

32. Jeleapov A. Assessment of regional variation of flood runoff in the Republic of Moldova. In: PESD, 2018, vol. 12, no. 1, p. 35-47.
33. Jeleapov A. Contribution of land cover types in flood volume generation in the small and medium-sized rivers of the Republic of Moldova. Transboundary Dniester river basin management: platform for cooperation and current challenges, 2017, p. 105-109.
34. Jeleapov A., Fink M., Kralisch S. Assessment of anthropogenic impact on flood dynamics in Moldova using hydrological modeling 2018 <https://fallmeeting.agu.org/2018/abstract/assessment-of-anthropogenic-impact-on-flood-dynamics-in-moldova-using-hydrological-modeling/> (vizitat 10.02.2019).
35. Jeleapov A., Melniciuc O., Bejan Iu. Assessment of Flood Risk Areas in the Dniester River Basin (in the Limits of the Republic of Moldova), Management of Water Quality in Moldova, ed. Duca G. Springer, 2014, p. 157-173.
36. Kubal C., Haase D., Meyer V., Scheuer S. Integrated urban flood risk assessment – adapting a multicriteria approach to a city. In: Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2009, 9, p. 1881-1895.
37. Lastoria B. Hydrological processes on the land surface: a survey of modelling approaches, FORALPS Technical Report, 9. Trento. 2008. 60 p.
38. Montanari A. ș. a. Panta Rhei-Everything Flows: Change in hydrology and society - The IAHS Scientific Decade 2013–2022. In: Hydrological Sciences Journal, 2013, 58 (6), p. 1256-1275;
39. Moriasi D. N. ș. a. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. In: Transactions of the ASABE, 2007, vol. 50(3), p. 885-900.
40. Quantum GIS <https://qgis.org/en/site/> (vizitat 03.04.2011).
41. Peñas F.J., Barquín J., Álvarez C. Assessing hydrologic alteration: Evaluation of different alternatives according to data availability, In: Ecological Indicators, 2016, vol. 60, p. 470-482 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.021> (vizitat 03.04.2018).
42. Reports of Management and Technical Assistance Support to Moldova Flood Protection Project <http://www.betastudio.eu/en/gallery-view/%E2%97%8F-en-%E2%97%8F-moldova-flood-protection-project/> (vizitat 03.04.2015).
43. SAGA GIS <http://www.saga-gis.org/en/index.html> (vizitat 03.04.2011).
44. Smith G. Flash Flood Potential: Determining the hydrologic response of FFMP basins to heavy rain by analyzing their physiographic characteristics. 2003. 11 p.
45. Smith K., Ward R. Floods. Physical processes and human impacts. Chichester: Wiley, 1998. 394 p.
46. Soil Conservation Service: National Engineering Handbook, Sect. 4, Hydrology, Chapt. 10, Estimation of direct runoff from storm rainfall / V. Mockus, 2004, 79 p.
47. SRTM, USGS 2003 <https://earthexplorer.usgs.gov/> <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/> (vizitat 03.04.2011).
48. STATGRAPHICS <http://www.statgraphics.com/> (vizitat 3.04.2017).
49. Textbook of hydrologic models. Upsala: Uppsala University, 2002. 168p.
50. Zaharia L., Costache R., Prăvălie R., Minea G. Assessment and mapping of flood potential in the Slănic catchment in Romania. In: J. Earth Syst. Sci., 2015, 124, n. 6, p. 1311-1324.
51. The Nature Conservancy, Indicators of Hydrologic Alteration Version 7.1. User's Manual. Nature Conservancy, 2009, 81 p.
52. Атлас Молдавской ССР. Кишинев: Штиинца, 1979. Стр. 72.
53. Мельничук О. Поводки и наводнения на реках Молдовы (вопросы теории и практические расчеты. Кишинев: Primex - Com, 2012. 233 с.
54. Мельничук О., Арнаут Н., Швец В., Кишук А. Анализ причин и характеристик катастрофических наводнений в бассейнах рек Днестр и Прут. Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei, nr. 2, 2009, p. 90-98.
55. Мельничук О., Гудумак Ю. Жесткие и мягкие стратегии адаптации рек Молдовы к наводнениям в условиях ожидаемого изменения климата. В: Сборник научных статей Трансграничное сотрудничество в адаптации бассейна Днестра к изменению климата, 2011, 82-97 с.
56. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. Ленинград: Гидрометеиздат., 1986. 166 с.
57. Система нормативных документов в строительстве. Свод правил по гидрологическим расчетам для строительства. Определение основных расчетных гидрологических характеристик (третья редакция). СП 00-000-2002 Государственный Гидрологический Институт. Санкт-Петербург, 2002, 182 с.
58. Соколов А., Рантц С., Рош М., Расчеты Паводочного Стока. (Методы Расчетов На Основе Мирового Опыта). Ленинград: Гидрометеиздат, 1978. 303 с.

## Publicațiile la tema tezei de doctor în științe geonomice

### Monografii

#### Capitole în monografii

1. **Jeleapov A.**, Melniciuc O., Bejan Iu. *Assessment of Flood Risk Areas in the Dniester River Basin (in the Limits of the Republic of Moldova)*, Management of Water Quality in Moldova, ed. Duca G. Springer, 2014, p. 157-173. DOI10.1007/978-3-319-02708-1\_8, ISBN online 978-3-319-02708-1, [http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-02708-1\\_8](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-02708-1_8). (vizitat 10.04.2018).

### Articole în diferite reviste științifice

#### Reviste internaționale cotate ISI

2. **Jeleapov A.** *Assessment of regional variation of flood runoff in the Republic of Moldova*. Present Environment and Sustainable Development, vol. 12, no. 1, 2018, p. 35-47. DOI 10.2478/pesd-2018-0003, [http://pesd.ro/articole/nr.12/nr.1/10432%20-Volume12\\_issue\\_1%2003\\_paper.pdf](http://pesd.ro/articole/nr.12/nr.1/10432%20-Volume12_issue_1%2003_paper.pdf). (vizitat 10.04.2018).
3. **Jeleapov A.** *Assessment of pluvial floods potential on the rivers of the Republic of Moldova*, PESD, vol. 12, no. 2, 2018, p. 121-133. [http://pesd.ro/articole/nr.12/nr.2/10.2478%20-Volume12\\_issue\\_2%2009\\_paper.pdf](http://pesd.ro/articole/nr.12/nr.2/10.2478%20-Volume12_issue_2%2009_paper.pdf) (vizitat 10.02.2019).

#### Reviste categoria B

4. **Jeleapov A.** *Analiza variațională a caracteristicilor scurgerii viiturilor pluviale*. Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții, nr. 1[331], 2017, p. 145-153. ISSN 1857-064X, [https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag\\_file/022\\_Jeleapov%20Ana.pdf](https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/022_Jeleapov%20Ana.pdf). (vizitat 10.04.2018).
5. **Jeleapov A.** *Evaluarea influenței modificărilor în acoperirea terenurilor asupra scurgerii de viitură (studii de caz)*. Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții, nr. 2[332], 2017, p. 159-168. ISSN 1857-064X, [https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag\\_file/159\\_168\\_Evaluarea%20influen%C8%9Bei%20modific%C4%83rilor%20C3%AEn%20acoperirea%20terenurilor%20asupra%20scurgerii\\_0.pdf](https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/159_168_Evaluarea%20influen%C8%9Bei%20modific%C4%83rilor%20C3%AEn%20acoperirea%20terenurilor%20asupra%20scurgerii_0.pdf). (vizitat 10.04.2018).

#### Reviste categoria C

6. Мельничук О., Арнаут Н., Швец В., **Кищук (Желяпов) А.** *Анализ причин и характеристик катастрофических наводнений в бассейнах рек Днестр и Прут*. Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei, nr. 2, 2009, p. 90-98. ISSN 1857-0046, <http://igs.asm.md/sites/default/files/90.pdf>. (vizitat 10.04.2018).
7. Boboc N., Bejan Iu., **Jeleapov A.** *Inundațiile în natură și în viața omului*, Mediul Ambient, nr. 2(62), 2012, p. 10-12. ISBN 978-9975-9632-2-0, [https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare\\_articol/19080](https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/19080). (vizitat 10.04.2018).
8. **Jeleapov A.** *Flood wave modeling and assessment of flood hazard/risk areas in the Byc River Floodplain*. Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei, nr. 1, 2014, p. 57-69. ISSN 1857-0046, [http://igs.asm.md/sites/default/files/57\\_3.pdf](http://igs.asm.md/sites/default/files/57_3.pdf). (vizitat 10.04.2018).

#### Reviste din străinătate recunoscute

9. Boboc N., Melniciuc O., Bejan Iu., **Jeleapov A.**, Muntean V., Angheluta V. *Utilization of Hec-Ras for flood wave modeling on example of Prut river*, Geographia Napocensis, anul VI, nr. 2, 2012, p. 71-76. ISSN 1843-5920, ISSN online 1844-9840, [http://geographianapocensis.acad-cluj.ro/Revista/volume/nr\\_2\\_2012/pdf/Boboc\\_Melniciuc.pdf](http://geographianapocensis.acad-cluj.ro/Revista/volume/nr_2_2012/pdf/Boboc_Melniciuc.pdf).
10. **Jeleapov A.** *Assessment of flood runoff changes under land cover impact using SCS-CN model and GIS techniques. Case study: the Byc river basin, Moldova*, Geographia Napocensis, anul X, nr. 2, 2016, p. 101-108. ISSN 1843-5920, ISSN online 1844-9840, [http://geographianapocensis.acad-cluj.ro/Revista/volume/nr\\_2\\_2016/pdf/Jeleapov.pdf](http://geographianapocensis.acad-cluj.ro/Revista/volume/nr_2_2016/pdf/Jeleapov.pdf). (vizitat 10.04.2018).

### Articole în culegeri științifice

#### Culegeri de lucrări ale conferințelor internaționale

11. Мельничук О., **Кищук (Желяпов) А.**, Гудумак Ю. *Влияние каскада днестровских водохранилищ на режим фазы высокой водности реки Днестр*, Бассейн реки Днестр: экологические проблемы и управление трансграничными природными ресурсами: Сб. научн. ст., Тирасполь, 2010, с. 143-145. ISBN 978-9975-4062-2-2, <http://www.eco-tiras.org/docs/Dniester-Conf-2010-Proc.pdf>. (vizitat 10.04.2018).



12. Мельничук О., **Кищук (Желяпов) А.** *Анализ катастрофического наводнения на реке Прут летом 2010 года*, Академику Л. С. Бергу – 135 лет: Сборник научных статей, Бендеры, 2011, с. 164-167. ISBN 978-9975-66-219-2, [http://eco-tiras.org/books/berg\\_135let.pdf](http://eco-tiras.org/books/berg_135let.pdf). (vizitat 10.04.2018).
13. **Jeleapov A.** *Pluvial flood hydrographs modeling basing on the Nistru floods in 2008*, Збірник докладів і статей до Міжнародної науково-практичної конференції Екологічні проблеми Чорного моря, Одеса, 2011, с. 200-203. ISBN 978-966-8885-62-5.
14. **Jeleapov A., Fischer C., Fink M., Kralisch S.** *Simulation of the flood dynamics in the Baltata river using the JAMS/J2000 hydrological model*, Materialele Simpozionului Internațional Sisteme Informaționale Geografice, ediția a XXII-a, Chișinău, 2015, p. 84-88. ISBN 978-9975-9774-9-4.
15. **Jeleapov A., Kralisch S., Fink M.** *Evaluarea impactului modificărilor utilizării terenurilor asupra formării viiturilor pluviale în bazinul râului Botna*, Materialele Conferinței științifice anuale a Institutului Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor din România, anul 2015, Panta Rhei – Everything flows, ediție electronică, 2015, p. 93-106. ISBN 978-973-0-20305-9, <http://www.inhga.ro/conferinta-stiintifica/arhiva>. (vizitat 10.04.2018).
16. **Jeleapov A.** *Contribution of land cover types in flood volume generation in the small and medium-sized rivers of the Republic of Moldova*. Интегрированное управление трансграничным бассейном Днестра: платформа для сотрудничества и современные вызовы = Transboundary Dniester river basin management: platform for cooperation and current challenges: Материалы международной конференции, Тирасполь, 2017, p. 105-109. ISBN 978-9975-66-591-9, [http://www.eco-tiras.org/books/dniester\\_web.pdf](http://www.eco-tiras.org/books/dniester_web.pdf). (vizitat 10.04.2018).

#### **Culegeri de lucrări ale conferințelor naționale cu participare internațională**

17. **Jeleapov A.** *Evaluarea impactului lacurilor de acumulare asupra scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova*. Materialele Conferinței științifice naționale cu participare internațională Mediul și dezvoltare durabilă, Ed. a 3-a, consacrată aniversării a 80 ani de la nașterea prof. univ., dr. habilitat Alexandru Lungu, Chișinău, 2016, p. 116-120. ISBN 978-9975-76-170-3.
18. **Jeleapov A.** *Evaluation of human impact on flood regime of the Byc river*. Materialele Conferinței științifice cu participare internațională Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice, Chișinău, 2016, p. 136-140. ISBN 978-9975-108-02-7.
19. **Jeleapov A.** *Evaluarea nivelului actual de cercetare a scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova în condițiile impactului antropic accentuat (studiu bibliografic)*. Materialele Conferinței științifice cu participare internațională Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice, Chișinău, 2016, p. 141-146. ISBN 978-9975-108-02-7.

#### **Culegeri naționale**

20. **Jeleapov A.** *Inundațiile de pe râurile din Regiunea de Dezvoltare Centru*, Dezvoltarea durabilă a Regiunii de Dezvoltare Centru: factori de mediu și contribuții, Chisinau, 2014, p. 25-26. ISBN 978-9975-9642-9-6.

#### **Materiale/teze la forurile științifice**

##### **Conferințe internaționale (peste hotare)**

21. **Jeleapov A.** *Assessment of flood risk in the limits of mun. Chisinau*, Proceedings of the International conference for young scientists on Modern Hydrometeorology: Topical Issues and the solutions, Odessa, 2014, p. 44-45. <http://www.mh.osenu.org.ua/en/conference-materials/downloads/downloads/>. (vizitat 10.04.2018).
22. **Jeleapov A., Fink M., Kralisch S.** *Assessment of anthropogenic impact on flood dynamics in Moldova using hydrological modeling 2018* <https://fallmeeting.agu.org/2018/abstract/assessment-of-anthropogenic-impact-on-flood-dynamics-in-moldova-using-hydrological-modeling/> (vizitat 10.02.2019).

##### **Conferințe internaționale în republică**

23. **Chișciuc (Jeleapov) A.** *Analiza temporală a viiturilor pluviale pe râurile Republicii Moldova*, International Conference of Young Researchers: book of abstracts, VIII editions, Chișinău, 2010, p. 71. ISBN 978-9975-9898-4-8 [www.pro-science.asm.md/conf/conf\\_2010.pdf](http://www.pro-science.asm.md/conf/conf_2010.pdf). (vizitat 10.04.2018).

## ADNOTARE

**Jeleapov Ana „Evaluarea impactului antropic asupra viiturilor pluviale de pe râurile Republicii Moldova”.** Teza de doctor în științe geonomice, Chișinău, 2019.

Teza constă din introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, 264 surse bibliografice, 150 pagini de text de bază, 165 figuri, 17 tabele, 191 anexe. Rezultatele obținute sunt publicate în 23 lucrări științifice.

**Cuvinte cheie:** viituri pluviale, modelare hidrologică și hidraulică, impact antropic, acoperirea terenului, lacuri de acumulare, SIG.

**Domeniul de studiu:** geografie, hidrologie.

**Scopul studiului:** evaluarea modificărilor caracteristicilor viiturilor pluviale în condițiile impactului antropic.

**Obiectivele cercetării:** identificarea și aprecierea modificărilor regimului scurgerii de viitură sub acțiunea activității antropice în baza metodelor statice; simularea impactului antropic asupra proceselor de formare și propagare a undelor de viitură de pe râurile pilot, utilizând modele hidrologice și hidrodinamice; aprecierea modificărilor zonelor riscului la inundații în condițiile schimbărilor de mediu.

**Metodologia cercetării științifice.** Pentru realizarea scopului și obiectivelor studiului au fost utilizate următoarele metode: metoda comparativă, Indicatorii Modificărilor Hidrologice, Componentele Scurgerii de Mediu, metoda genetică, metoda volumetrică, metoda Numărul de Curbă (SCS-CN), modelul hidrologic JAMS/J2000, modelul hidrodinamic HEC-RAS. De asemenea, în lucrare se aplică analiza factorială, SIG și metode statistice.

**Noutatea și originalitatea științifică.** Pentru prima dată pentru teritoriul Republicii Moldova, au fost estimate caracteristicile scurgerii de viitură în condiții staționare și nestaționare, precum și a fost determinată dinamica temporală a viiturilor pluviale sub acțiunea modificărilor în acoperirea terenului și funcționării lacurilor de acumulare. A fost apreciat și cartografiat potențialul de formare, acumulare și propagare a viiturilor pluviale pentru teritoriul țării. Utilizând metoda Numărul de Curbă, metoda volumetrică și modelul hidrologic fizic distributiv JAMS/J2000 a fost demonstrat impactul utilizării terenului și activității agricole asupra caracteristicilor viiturilor pluviale. În baza utilizării SIG și modelului HEC-RAS a fost estimat impactul schimbărilor climatice și a construcțiilor hidrotehnice: lacurilor de acumulare și a digurilor de protecție asupra propagării undei de viitură prin albie și luncă și a distribuției spațiale a riscului la inundații.

**Problema științifică importantă soluționată** constă în evaluarea modificărilor caracteristicilor temporale și spațiale ale scurgerii de viitură de pe râurile Republicii Moldova determinate de activitatea antropică.

**Semnificația teoretică.** Au fost identificați și analizați comparativ Indicatorii Modificărilor Hidrologice și Componentele Scurgerii de Mediu și evaluat impactul utilizării terenului și a lacurilor de acumulare asupra caracteristicilor scurgerii de viitură. A fost modelată repartiția spațială a indicilor potențialului viiturilor rapide, inundării și propagării undei de viitură pe teritoriul Republicii Moldova. A fost estimat aportul categoriilor acoperirii terenurilor și activităților agricole în formarea viiturilor pluviale și apreciate modificările proceselor de formare și propagare a undei de viitură sub acțiunea construcțiilor hidrotehnice, schimbărilor climatice și managementului terenurilor.

**Valoarea aplicativă a lucrării.** Rezultatele obținute pot fi utilizate pentru elaborarea planurilor de amenajare a teritoriului în vederea diminuării scurgerii maxime, optimizarea managementului viiturilor pluviale, implementarea măsurilor structurale și nonstructurale de protecție contra inundațiilor. De asemenea, rezultatele pot servi drept bază metodologică pentru perfecționarea documentelor normativelor naționale pentru determinarea caracteristicilor hidrologice de calcul.

**Implementarea rezultatelor științifice.** Hărțile digitale privind scurgerea de viitură au fost implementate de Consiliile Raionale Glodeni și Fălești pentru elaborarea planurilor de amenajare a teritoriului și gestionarea bazinului hidrografic Camenca. Unele rezultate obținute au fost utilizate pentru managementul durabil al resurselor de apă și a situațiilor de risc hidrologic, optimizarea funcționării lacurilor de acumulare de către Direcția bazinieră de Gospodărire a Apelor, Agenția ”Apele Moldovei”.

## ANNOTATION

**Jeleapov Ana „Assessment of the anthropogenic impact on pluvial floods of the rivers of the Republic of Moldova”.** PhD thesis in Geonomic sciences, Chisinau, 2019.

The thesis consists of introduction, 4 chapters, general conclusions and recommendations, 264 references, 150 pages of basic text, 165 figures, 17 tables, 191 annexes. The obtained results are published in 23 scientific papers.

**Key words:** pluvial floods, hydrological and hydraulic modeling, anthropogenic impact, land cover, reservoirs, GIS.

**Field of study:** geography, hydrology

**Study aim:** assessment of changes in pluvial floods characteristics in conditions of anthropogenic impact.

**Research objectives:** identification and estimation of changes in pluvial flood runoff regime under the influence of anthropogenic activity on the basis of static methods; modeling of anthropogenic impact on flood waves generation and propagation processes of the pilot rivers using hydrological and hydrodynamic models; assessment of flood risk changes in conditions of environmental modifications.

**Research methodology.** The following methods were used to achieve the purpose and objectives of the study: comparative method, Indicators of Hydrological Alterations, Environmental Flow Components approaches, genetic method, volumetric method, Curve Number method (SCS-CN), JAMS/J2000 hydrological model, HEC-RAS hydrodynamic model. Factorial analysis, GIS, and statistical methods were also applied in the research.

**Scientific innovation and originality of the work:** For the first time for the territory of the Republic of Moldova, flood runoff characteristics under stationary and non-stationary conditions were estimated and temporal dynamics of pluvial floods under the influence of land cover changes and reservoirs operations were determined. Flash floods, flooding and flood wave propagation potential was calculated and mapped. Using SCS-CN method, volumetric method and JAMS/J2000 physically-based fully distributed hydrologic model the impact of land use and agricultural activity on flood runoff characteristics was demonstrated. Using GIS and HEC-RAS model, the impact of climate change and hydro-technical constructions: reservoirs and levees on flood wave propagation through the river bed and floodplain and the spatial distribution of flood risk was estimated.

**The important scientific problem solved** consists of assessment of changes in temporal and spatial characteristics of flood runoff on the rivers of the Republic of Moldova caused by the anthropogenic activity.

**Theoretical significance.** Indicators of Hydrological Alterations and Environmental Flow Components were identified and comparatively analyzed and land use and reservoirs impact on flood runoff characteristics was assessed. Spatial distribution of the indexes of flash floods, flooding and flood wave propagation potential on the territory of the Republic of Moldova was modeled. The contribution of land cover types and agricultural activities in pluvial flood generation was estimated and modifications of flood wave generation and propagation processes under the action of hydrotechnical structures, climate change and land management were evaluated.

**Applicative value of the research.** Obtained results can be used for development of territorial planning activities for mitigation of maximum runoff, optimization of pluvial floods management, implementation of structural and nonstructural flood protection measures. Furthermore, the results can serve as methodological basis for improvement of national normative documents for determination of computed hydrological characteristics.

**Implementation of scientific results.** Digital maps on pluvial flood runoff were implemented by the Districts Councils of Glodeni and Faleshti for the development of the urban and territorial planning and management of the Camenca river basin. The obtained results were used for the sustainable management of water resources and hydrological risk situations, reservoirs operation optimization by the Basin Water Management Authority, ”Apele Moldovei” Agency.



## АННОТАЦИЯ

**Желяпов Анна «Оценка антропогенного влияния на сток дождевых паводков рек Республики Молдова».** Диссертация на соискание ученой степени доктора геонаучных наук, Кишинев, 2019.

Диссертация состоит из вступления, 4 глав, общих заключений и рекомендаций, 264 библиографических источников, 150 страниц основного текста, 165 рисунков, 17 таблиц, 191 приложений. Полученные результаты опубликованы в 23 научных работах.

**Ключевые слова:** дождевые паводки, гидрологическое и гидравлическое моделирование, антропогенное влияние, ландшафтный покров, водохранилища, ГИС.

**Область исследований:** география, гидрология

**Цель исследования:** оценка изменений характеристик дождевых паводков в условиях антропогенного влияния

**Задачи исследования:** выявление и определение изменений режима стока дождевых паводков под воздействием антропогенной деятельности на основе статических методов; моделирование антропогенного влияния на процессы формирования и распространения паводочных волн на пилотных реках используя гидрологические и гидродинамические модели; оценка изменений зон риска наводнений в условиях преобразования окружающей среды.

**Методология научных исследований.** Для реализации задачи и целей исследования были использованы следующие методы: сравнительный метод, подходы Показатели Гидрологических Изменений, Компоненты Стока Окружающей Среды, генетический метод, объемный метод, метод Число Кривой (SCS-CN), гидрологическая модель JAMS/J2000, гидравлическая модель HEC-RAS. Факторный анализ, ГИС и статистические методы также применяются в работе.

**Научная новизна и оригинальность:** Впервые для территории Республики Молдова, были оценены характеристики стока дождевых паводков в стационарных и нестационарных условиях, а также была определена временная динамика дождевых паводков под влиянием изменений ландшафтного покрова и функционирования водохранилищ. Потенциал формирования ливневых паводков, затопляемости и распространения паводочных волн для всей территории страны был оценен и картографирован. Используя метод Число Кривой (SCS-CN), объемный метод и гидрографическую модель с физическими распределенными параметрами JAMS/J2000 было доказано влияние землепользования и сельскохозяйственной деятельности на характеристики стока дождевых паводков. На основе ГИС и модели HEC-RAS было оценено влияние изменения климата и гидротехнических сооружений: водохранилищ и защитных дамб на распространение паводочных волн через русло- пойменную систему и пространственное распределение риска наводнений.

**Разрешенная важная научная проблема** заключается в оценке изменений временных и пространственных характеристик стока дождевых паводков рек Республики Молдова обусловленных антропогенной деятельностью.

**Теоретическая значимость.** Были выявлены и проведен сравнительный анализ Показателей Гидрологических Изменений и Компонентов Стока Окружающей Среды и оценено влияние использования земель и водохранилищ на характеристики паводочного стока. Было смоделировано пространственное распределение показателей потенциала ливневых паводков, затопляемости и распространения паводочных волн на территории Республики Молдова. Была оценена роль категорий ландшафтного покрова и сельскохозяйственной деятельности в формировании дождевых паводков и определены изменения процессов формирования и распространения паводочных волн под воздействием гидротехнических сооружений, изменения климата и управления земельными ресурсами.

**Прикладная ценность работы.** Полученные результаты могут быть использованы для разработки проектов территориального планирования с целью снижения максимального стока, оптимизации управления дождевыми паводками, внедрения структурных и неструктурных мер защиты от наводнений. А также, результаты можно применить в качестве методологической основы для совершенствования национальных нормативных документов для определения расчетных гидрологических характеристик.

**Внедрение научных результатов.** Электронные карты паводочного стока были внедрены Районными Советами Глодень и Фалешты для разработки планов землеустройства и управления бассейном реки Каменка. Полученные результаты были использованы Бассейновым Правлением по Управлению Водными Ресурсами, Агентством "Апеле Молдовой" для устойчивого менеджмента водными ресурсами и гидрологическими опасными явлениями, и для оптимизация функционирования водохранилищ.

**JELEAPOV ANA**

**EVALUAREA IMPACTULUI ANTROPIC ASUPRA VIITURILOR  
PLUVIALE DE PE RÎURILE REPUBLICII MOLDOVA**

**166.02 PROTECȚIA MEDIULUI ȘI FOLOSIREA RAȚIONALĂ A  
RESURSELOR NATURALE**

Autoreferatul tezei de doctor în științe geonomice

---

Aprobat spre tipar: 17.04.2019  
Hârtie ofset. Tipar ofset.  
Coli de tipar: 2,0

Formatul hârtiei 60x84 1/16  
Tiraj 100 ex..  
Comanda nr. 71

---

SRL „PRINT-CARO”  
Chișinău, str. Astronom N. Donici, 14