

**MINISTERUL EDUCAȚIEI CULTURII ȘI CERCETĂRII
INSTITUTUL DE ECOLOGIE ȘI GEOGRAFIE**

Cu titlu de manuscris
C.Z.U.: 56.5:551.583(478)(043.2)

IVANOV VIOLETA

**APELE DE SUPRAFAȚĂ ÎN CONDIȚIILE
ARIDIZĂRII CLIMEI REPUBLICII MOLDOVA**

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

Teză de doctor în științe geonomice

CHIȘINĂU, 2018

Teza a fost elaborată în laboratorul Climatologie și Riscuri de Mediu, Institutul de Ecologie și Geografie

Conducător științific:

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

Consultant științific:

DUCA Gheorghe, academician, doctor habilitat în chimie, profesor universitar (Academia de Științe a Moldovei)

Consiliul științific specializat a fost aprobat de către Consiliul de Conducere al ANACEC prin decizia nr.7 din 11.05.2018, în următoarea componență:

URSU Andrei, președinte, academician, doctor habilitat în științe geografice, profesor universitar (Institutul de Ecologie și Geografie).

BEJAN Iurie, secretar științific, doctor în științe geografice, conferențiar cercetător (Institutul de Ecologie și Geografie).

MELNICIUC Orest, doctor habilitat în științe geografice, profesor universitar (Institutul de Ecologie și Geografie).

BULIMAGA Constantin, doctor habilitat în științe biologice, profesor universitar (Institutul de Ecologie și Geografie).

LUPAȘCU Tudor – academician, doctor habilitat în științe chimice, profesor universitar (Institutul de Chimie).

Referenți oficiali:

APOSTOL Liviu, doctor în științe geografice, profesor universitar, Universitatea „Al. I. Cuza”, Iași, România.

BOIAN Ilie, doctor în științe agricole, conferențiar universitar, Universitatea de Stat „D.Cantemir”.

Susținerea tezei va avea loc la 7 septembrie 2018 ora 11⁰⁰, în ședința Consiliului științific specializat D 12. 166.02- 03 din cadrul Institutului de Ecologie și Geografie al AȘM, pe adresa: MD 2028, Chișinău, str. Academiei1, bir.352.

Teza de doctor și autoreferatul pot fi consultate la Biblioteca Centrală a AȘM (Chișinău, str. Academiei, 5) și pe pagina web a CNAA/ANACEC (www.cnaa.md).

Autoreferatul a fost expediat la 23 iulie 2018.

Secretar științific al Consiliului științific specializat,

BEJAN Iurie – dr. în geografie, conf. cerc.

semnătura

Conducător științific:

NEDEALCOV Maria, m.c.,dr. hab. în geografie, prof. univ.

semnătura

Consultant științific:

DUCA Gheorghe, acad.,dr. hab. în chimie, prof. univ.

semnătura

Autor **IVANOV Violeta**

semnătura

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Actualitatea și importanța problemei abordate. Problemele de mediu cu privire la protecția resurselor de apă prezintă o adevărată provocare la adresa dezvoltării durabile și necesită politici și măsuri de protecție. Situațiile vulnerabile din cadrul resurselor de apă, cu precădere cele de suprafață, rămân a fi obiectul discuției nu numai la nivel internațional, dar și la cel național. Apele de suprafață de pe teritoriul Republicii Moldova sunt constituite în mare parte (circa 98% din suprafața totală a resurselor de apă potabilă) din apele bazinului râului Nistru și Prut. Regimul natural al apelor, atât din râurile mari, dar mai ales din cele mici, a fost modificat prin construcția de baraje și rezervoare pentru prevenirea inundațiilor, captarea sedimentului, asigurarea de apă pentru consumul agricol, industrial și domestic, precum și pentru gospodăria piscicolă. În același timp, asupra stării apelor de suprafață o influență directă o au și schimbările climatice, în special intensificarea procesului de aridizare din ultimii ani, de care trebuie să se țină cont în vederea utilizării adecvate a resurselor de apă limitate. În condițiile reliefului dezmembrat (75% din teritoriu), a ritmului accelerat al schimbărilor climatice, a resurselor de apă limitate și a caracterului transfrontalier ale arterelor fluviale importante (Nistru și Prut), apare necesitatea cunoașterii particularităților specifice de manifestare a climei, exprimată prin evidențierea gradului de aridizare și a impactului acesteia asupra stării apelor de suprafață.

Necătfînd la actualitatea și importanța practică semnificativă a obiectivelor abordate, pînă în prezent pentru teritoriile cu regim de umiditate instabil, rămîne deschisă problema elaborării bazelor științifice privind manifestarea acestui proces, care ar permite în mod operativ să se evidențieze specificul tendințelor actuale, dar și cele din viitorul apropiat, cu scopul managementului corect a resurselor de apă potabilă.

De remarcă, că aridizarea în noile condiții climatice necesită luarea în calcul a unor indici ecometrici, care ar putea explica corect acest proces [1, 4, 9]. Cu atît mai mult, că în condițiile Republicii Moldova pe fondul creșterii temperaturii, în aspect anual, se majorează și cantitățile de precipitații atmosferice [11, p.204]. Alternările frecvente ale perioadelor ploioase declanșatoare de inundații cu perioadele uscate și secetoase, condiționează argumentarea selectării celor mai optimi și senzitivi indici, care ar explica aridizarea pronunțată din ultima perioadă de timp. Evidențierea arealelor vulnerabile către procesul de aridizare ar putea contribui la minimizarea influenței acestui proces, prin reglementarea diferențiată a normelor de irigare.

Scopul lucrării constă în stabilirea interdependenței dintre procesul de aridizare și starea calității apelor de suprafață pe teritoriul Republicii Moldova în condițiile ritmului accelerat al schimbărilor climatice.

Obiectivele cercetării se axează pe:

- abordarea unor indici ecometrici în evidențierea specificului aridizării climei regionale;
- obținerea unui algoritm de estimare a expunerii teritoriului Republicii Moldova către procesul de aridizare;
- elaborarea modelelor regresionale ce scot în evidență teritoriile vulnerabile privind riscul manifestării aridizării climei cu impact asupra calității apelor de suprafață;
- elaborarea măsurilor de redresare a situațiilor ecologice în cazul instalării perioadelor uscate semnificative.

Metodologia cercetării științifice o constituie concepțiile teoretice incluse în estimările temporale și spațiale privind indicii ecometrici ce demonstrează aridizarea climei în Republica Moldova. Utilizarea programelor Statgraphics Centurion XVI, SURFER și ArcGis a permis estimarea complexă a scurgerii totale a apelor de suprafață pe bazine hidrografice, a unor indici ecometrici cu aplicabilitate în premieră pentru teritoriul Republicii Moldova (Indicele Lang, Indicele Diekman, Coeficientul Dantin-Revenge) și evidențierea arealelor vulnerabile în vederea asigurării echilibrului (natural) ecologic cu apă a teritoriului Republicii Moldova.

Problema științifică importantă soluționată constă în estimarea actuală a apelor de suprafață, analiza particularităților regionale specifice de manifestare a aridizării climei regionale,

evidențierea arealelor vulnerabile privind necesarul (natural) în apă a teritoriului cu scopul asigurării echilibrului ecologic a țării cu apă potabilă.

Noutatea și originalitatea lucrării. În condițiile Republicii Moldova, a fost realizată o bază informațională de date ce a permis să se evidențieze impactul aridizării asupra calității apelor de suprafață cu:

- utilizarea unui spectru larg de indici ecometrici ce stau la baza evidențierii gradului de aridizare a climei;
- estimarea complexă a indicilor ecometrici ce caracterizează aridizarea;
- elaborarea unui algoritm de estimare a expunerii teritoriului Republicii Moldova către procesul de aridizare;
- obținerea modelelor cartografice ce caracterizează gradul de ariditate și deficitul de apă climatic la nivel bazinal;
- obținerea hărților digitale ce scot în evidență arealele și necesarul în apă ale acestora în asigurarea echilibrului ecologic pe bazine hidrografice.

Semnificația teoretică: a fost argumentată științific utilizarea spectrului de indici ecometrici ce au stat la baza evidențierii procesului de aridizare în noile condiții climatice pe teritoriul Republicii Moldova; au fost obținute o serie de hărți digitale la nivel de bazin hidrografic ce relevă arealele vulnerabile către procesul de aridizare.

Valoarea aplicativă a lucrării este desemnată de faptul că hărțile digitale ce reflectă gradul de ariditate, deficitul climatic de apă și necesarul în apă, în vederea menținerii echilibrului ecologic la nivel de bazin hidrografic, au aplicabilitate la gestionarea corectă a apelor de suprafață și la atenuarea impactului aridizării climei asupra calității acestora.

Rezultatele științifice propuse spre susținere includ:

- argumentarea științifică a utilizării spectrului de indici ecometrici ce stau la baza evidențierii gradului de aridizare a climei;
- elaborarea modelelor cartografice privind estimarea arealelor cu gradul înalt de expunere a teritoriului către aridizare;
- analiza temporală complexă a indicilor ecometrici ce caracterizează aridizarea climei;
- elaborarea unui algoritm de estimare a expunerii teritoriului Republicii Moldova către procesul de aridizare;
- elaborarea modelelor cartografice la nivel bazinal privind estimarea teritoriilor vulnerabile către procesul de aridizare;
- obținerea hărților digitale ce scot în evidență arealele și necesarul în apă ale acestora în asigurarea echilibrului ecologic pe bazine hidrografice.

Implementarea rezultatelor științifice. Unele rezultate științifice au fost implementate în cadrul Oficiului Scimbarea Climei, certificate cu act de implementare.

Publicații la tema tezei. Rezultatele obținute sunt publicate în 11 lucrări științifice, dintre care 3 articole sunt indexate ISI.

Aprobarea rezultatelor științifice. Valoarea științifică a cercetării a fost confirmată în cadrul următoarelor conferințe științifice internaționale: Simpozionul Internațional “Mediul și dezvoltarea durabilă”, Iași, România, 4-5 iunie 2016; Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice. Materialele Conferinței științifice cu participare internațională 25 noiembrie 2016; Simpozionul Internațional “Mediul și dezvoltarea durabilă”, Iași, România, 2-4 iunie 2017; Simpozionul internațional “Sisteme Informaționale Geografice”, Iași, Universitatea “Al. I. Cuza”, 28-29 octombrie 2017; Simpozionul Internațional “Mediul și dezvoltarea durabilă”, Iași, România, 1-3 iunie 2018.

Volumul și structura tezei. Teza este compusă din: Introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 160 titluri, 126 pagini de text de bază, 1 anexă, 46 figuri, 29 tabele.

Cuvintele-cheie: aridizarea climei, apele de suprafață, deficitul de apă climatic, evaporabilitate, bilantul de apă, schimbări climatice.

CONȚINUTUL TEZEI

În **Introducere** este argumentată actualitatea și importanța problemei abordate, expus gradul de studiu a problemei înaintate, formulat scopul și trasate obiectivele corespunzătoare, relatată semnificația teoretică și valoarea aplicativă a lucrării, expusă informația privind aprobarea și implementarea rezultatelor, informația privind volumul și structura tezei.

1. MONITORINGUL APELOR DE SUPRAFAȚĂ PE TERITORIUL REPUBLICII MOLDOVA

1.1 Starea actuală a resurselor de apă de suprafață pe teritoriul Republicii Moldova

Actualmente, în limitele teritoriului Republicii Moldova, se observă o tendință de scădere a scurgerii totale de la 14 km³ (sfârșitul anilor 70 ai secolului XX) până la 6-8 km³ în ultimii ani. Ținând cont de faptul, că apele de suprafață sunt constituite predominant (98%) din apele bazinului râului Nistru și Prut, cunoașterea stării actuale ale acestora este extrem de necesară.

Analiza concomitentă a dinamicii scurgerii totale, a precipitațiilor atmosferice și a evaporării medii din suma evaporării sezoniere în km³, relevă faptul, că valorile acestor parametri, începînd cu 2010 substanțial se "distanțează" ceea ce demonstrează, că specificul bilanțului de apă în condițiile Republicii Moldova (fig.1.1) este deosebit comparativ cu alte perioade de timp. În aspect sezonier, potrivit estimărilor obținute în această lucrare, se atestă o tendință de scădere a cantității precipitațiilor atmosferice cu -0,0103 km³/an și o creștere semnificativă a valorilor ce caracterizează evaporarea medie (cu 0,2293 km³/an) din suma evaporării sezoniere, care la părerea noastră, va influența negativ bilanțul resurselor de apă și în viitorii ani apropiați.

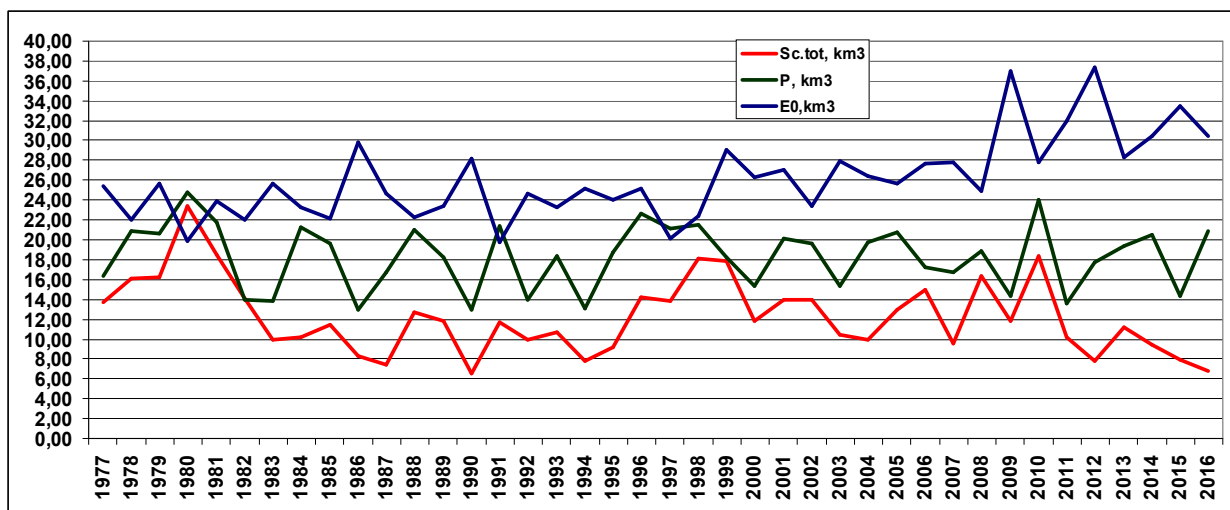


Fig.1.1. Dinamica (1977-2016) scurgerii totale a apelor de suprafață, a precipitațiilor atmosferice și a evaporării medii din suma evaporării sezoniere, km³

Variabilitatea scurgerii apelor de suprafață de la an la an, a determinat cuantificarea acesteia conform deviației standard de: $\pm 0.5\sigma$, $\pm \sigma$, $\pm 1.5\sigma$, $\pm 2\sigma$, metodă cunoscută în estimările regionale anterioare [10, p.248]. Astfel, valorile cu abateri de $\pm 0.49\sigma$ caracterizează anii cu scurgerea normală a apelor de suprafață. Valorile scurgerii apelor de suprafață moderat semnificative (respectiv moderat scăzute) se includ în limitele $X \pm 0.5\sigma$, cele relativ semnificative (relativ scăzute)

variază în limita $X \pm \sigma$. Valoarea scurgerii apelor de suprafață *semnificativă* (*scăzută*) este inclusă în $X \pm 1.5\sigma$ și pentru valorile scurgerii apelor de suprafață *foarte semnificative* (*foarte scăzute*), limita

Tabelul 1.1. Registrul anilor cu scurgerea totală *moderat semnificativă/semnificativă* și *moderat scăzută /scăzută* (km³) a apelor de suprafață în limitele Republicii Moldova

Anii	Scurgere moderat semnificativă (0.5σ din media multianuală)	Scurgere semnificativă (σ din media multianuală)	Scurgere moderat scăzută (-0.5σ din media multianuală)	Scurgere scăzută ($-\sigma$ din media multianuală)
1977				
1978	1978			
1979	1979	1979		
1980	1980	1980		
1981	1981	1981		
1982				
1983			1983	
1984			1984	
1985				
1986			1986	1986
1987			1987	1987
1988				
1989				
1990			1990	1990
1991				
1992			1992	
1993				
1994			1994	1994
1995			1995	
1996	1996			
1997				
1998	1998	1998		
1999	1999	1999		
2000				
2001				
2002				
2003				
2004			2004	
2005				
2006	2006			
2007			2007	
2008	2008	2008		
2009				
2010	2010	2010		
2011			2011	
2012			2012	2012
2013				
2014			2014	
2015			2015	2015
2016			2016	2016

variabilității este de $X \pm 2.0\sigma$. Această cuantificare a variabilității, în limitele Republicii Moldova, a permis să se elaboreze registrul anilor cu grad diferit de scurgere a apelor de suprafață (tab.1.1). *Scurgeri moderat scăzute* s-au atestat în anii 1983, 1984, 1986, 1987, 1990, 1992, 1994, 1995, 2004, 2007, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, iar în ultimele decenii, calificativul scurgerii a fost estimat ca *scăzut*, ceea ce încă odată, argumentează înaintarea cercetărilor propuse.

Fiecare bazin hidrografic prezintă o serie de caracteristici individuale, acest fapt conducând la adoptarea unor măsuri de management specifice. Menționăm, că actualmente în Republica Moldova, are loc armonizarea legislației în domeniul apelor la Directiva Cadru Apa a Uniunii Europene.

1.2. Politici de mediu privind gestionarea apelor de suprafață în condițiile actuale de mediu

Menținerea și ameliorarea calității apelor se realizează printr-un ansamblu de reglementări privind normele referitoare la protecția apelor și a ecosistemelor acvatice, procedura de autorizare pentru exploatarea surselor de apă și a ecosistemelor acvatice, realizarea construcțiilor hidrotehnice și altele. De aceea considerăm, că cunoașterea cadrului normativ și legislativ al Republicii Moldova în domeniul gestionării apelor, ar putea contribui la luarea măsurilor adecvate de protecție a resurselor de apă la nivel național, dar și local. Pentru gestionarea durabilă a bazinelor hidrografice și a resurselor de apă, pe parcursul ultimilor ani, au fost elaborate un set de acte legislative, care au drept scop armonizarea legislației naționale cu Directivele UE, în special Directiva Parlamentului și a Consiliului European 60/2000/EC de stabilire a unui cadru de politică comunitară în domeniul apei. Cu referire la legislația națională menționăm Legea Apelor, care creează un cadru legal oportun pentru aplicarea directivelor europene privind stabilirea unei politici comunitare în domeniul resurselor de apă și reglementează gestionarea și protecția apelor de suprafață și a celor subterane.

2. MATERIALE ÎNȚIALE ȘI METODE DE CERCETARE

2.1 Materiale inițiale

Drept suport informațional în evaluarea calității apelor de suprafață au servit datele colectate din cadrul Îndrumarului calității apelor de suprafață, elaborat de către Serviciul Hidrometeorologic de Stat [2, 3], conform Indicelui Poluării Apei (*IPA*). Menționăm, că *IPA* se apreciază după 7 clase și se calculează după un număr fix de parametri (6): azot de amoniu, azot de azotit, produse petroliere, fenoli, oxigen dizolvat și consumul biochimic de oxigen la 5 zile.

Perioada supusă studiului a cuprins anii 1961-2016, fiind menționată ca perioadă contemporană în cercetările anterioare [11, p.204]. Baza de date colectată a fost stocată în cadrul formatului EXCEL, care apoi a fost utilizată în cadrul programului STATGRAPHICS CENTURION XVI, pentru efectuarea diverselor estimări spațio-temporale. Actualmente, Republica Moldova dispune de o rețea meteorologică compusă din 17 stațiuni meteorologice, care efectuează observații asupra elementelor meteorologice luate în calculul indicilor ecometrici.

2.2 Metode de cercetare

Așadar, datele privind estimarea calității apelor de suprafață au fost colectate din cadrul Îndrumarului calității apelor de suprafață elaborat de către Serviciul Hidrometeorologic de Stat [2, p.2-13], conform Indicelui Poluării Apei (*IPA*).

Formula acestuia este:

$$IPA = \frac{\sum C_i}{CMA_i/6} \quad (2.1)$$

unde:

C_i – concentrația medie a parametrilor;

CMA_i - concentrația maximă admisibilă a parametrilor;

6 – numărul de parametri luați în calcul.

Menționăm, că IPA s-a apreciat după 7 clase și se calculează după un număr fix de parametri (6): azot de amoniu, azot de azotit, produse petroliere, fenoli, oxigen dizolvat și consumul biochimic de oxigen la 5 zile.

Indicii ecometrici testați au fost supuși prelucrării statistice evidențiind pentru fiecare dintre acestea următoarele caracteristici statistice, și anume: parametrii de nivel (media aritmetică, modul, mediana), numiți deseori și parametri ai tendinței centrale sau valori centrale, valori concentrate în zona frecvențelor maxime; parametrii dispersiei, care exprimă gradul de dispersare a valorilor din șir în jurul valorilor centrale, și deci, și a gradului de variabilitate a unui sau altui fenomen natural.

În ilustrarea succesiunii lunilor ploioase/respectiv aride, a fost utilizat Indicele Lang [7, p.166-172], care ține cont de raportul precipitații-temperatură, servind drept indicator a intrărilor și ieșirilor de apă din sistem, iar temperatura, servind ca unul din factorii principali ai evapotranspirației:

$$R = \frac{P}{T} \quad (2.2)$$

Datele din tabelul 2.1 reflectă corelația numerică dintre Indicele Lang și climatul caracteristic al zonei pentru care se face aprecierea.

Tabelul 2.1. Corelația numerică a Indicelui Lang cu climatul caracteristic

R	Tipul de climă
>160	Umed
160-100	Temperat umed
100-60	Temperat cald
60-40	Semiarid
40-20	Stepic
0-20	Deșertic

Definirea tipurilor climaterice, conform Coeficientului Dantin-Revenga [16, p.3], ar putea completa evidențierea gradului real de aridizare pe teritoriul Republicii Moldova în contextul schimbărilor climatice (tab.2.2).

Indicele sau Coeficientul termo-pluviometric Dantin-Revenga (DR), utilizat mai mult în literatura de specialitate de peste hotare, are următorul aspect:

$$DR = \frac{100 \times T}{P} \quad (2.3)$$

unde:

T – este temperatura medie anuală

P – cantitatea precipitațiilor anuale

Tabelul 2.2. Definirea tipurilor climaterice conform Coeficientului Dantin-Revengea (*DR*)

DR	Climat
0-2	Umed
2-3	Semiarid
3-6	Arid
>6	Extrem arid (desert)

Drept edificator a gradului de continentalism poate fi Indicele Diekman. El se exprimă prin diferența dintre suma cantităților de precipitații din intervalul mai-iulie și cea a intervalului august-septembrie. Pentru posturile pluviometrice cu șiruri de observații mai lungi de 40 ani, din Subcarpații Moldovei (Stoenescu 1951), valorile diferenței Diekman (I_d) sunt toate pozitive, la valori de peste 100 mm, evidențiind un regim continental al precipitațiilor. Valorile cele mai ridicate ale Indicelui Diekman se înregistrează în ariile adăpostite, cu expoziție estică, la contact cu Carpații, unde, la începutul verii, procesele convective sunt intense [17, p.12-26].

Deoarece regimul de umiditate pe teritoriul republicii este instabil și valorile evaporabilității sunt foarte approximate (conform datelor instrumentale), apare necesitatea utilizării diverselor metode de calcul cunoscute în climatologia clasică pentru a identifica formula adecvată valorilor factologice. Compararea evaluărilor regionale ale E_0 obținute în rezultatul utilizării diverselor metode de calcul relevă, că cele obținute prin metoda propusă de N.Ivanov [19, p.189-196] sunt mai aproape de valorile factologice și se obțin prin relația:

$$E_0 = 0,0018 (25 \pm t)^2 (100 - a), \quad (2.4)$$

t – temperatura medie lunară a aerului;

a – media lunară a umezelii relative a aerului.

Cunoașterea particularităților regionale de manifestare a evaporabilității în noile condiții climatice este extrem de importantă în vederea stabilirii impactului aridizării asupra calității apelor de suprafață. Mai mult decât atât, acest parametru poate caracteriza bilanțul hidric a unui teritoriu.

Deci, diferența dintre valorile anuale (sau lunare) ale precipitațiilor și ale evaporabilității (E_0) reprezintă Deficitul de Apă Climatic (*DEF*) anual sau lunar, cu semnul negativ [1]. Acesta are următoarea expresie:

$$DEF = P - E_0 \quad (2.5)$$

Prin contribuția lui E_0 în locul temperaturii (comparativ cu alți indici complexi), dar și a precipitațiilor atmosferice ce are aceeași unitate de măsură (mm), acest indice este destul de util în estimarea gradului de aridizare.

Menționăm, că lunile de interes practic din perioada activă de vegetație pentru consumul de apă a culturilor agricole sunt lunile mai, iunie și iulie, de aceea, este oportun să se cunoască care este Indicele *DEF* și pe luni aparte.

3. EVALUAREA GRADULUI DE ARIDIZARE A CLIMEI REPUBLICII MOLDOVA

Resursele de apă și calitatea acestora sunt în continuă scădere, iar aceste aspecte constituie un factor limitativ sever, atât pentru țara noastră cât și pe plan internațional, îndeosebi odată cu creșterea aridității ca consecință a încălzirii globale.

3.1. Analiza temporală a parametrilor climatici ce caracterizează condițiile de ariditate a climei regionale

Cercetările actuale cunoscute demonstrează, că ritmul accelerat al schimbărilor climatice pe teritoriul Republicii Moldova din ultimele decenii, favorizează apariției frecvente a perioadelor secetoase, care contribuie la apariția deficitului de apă climatic.

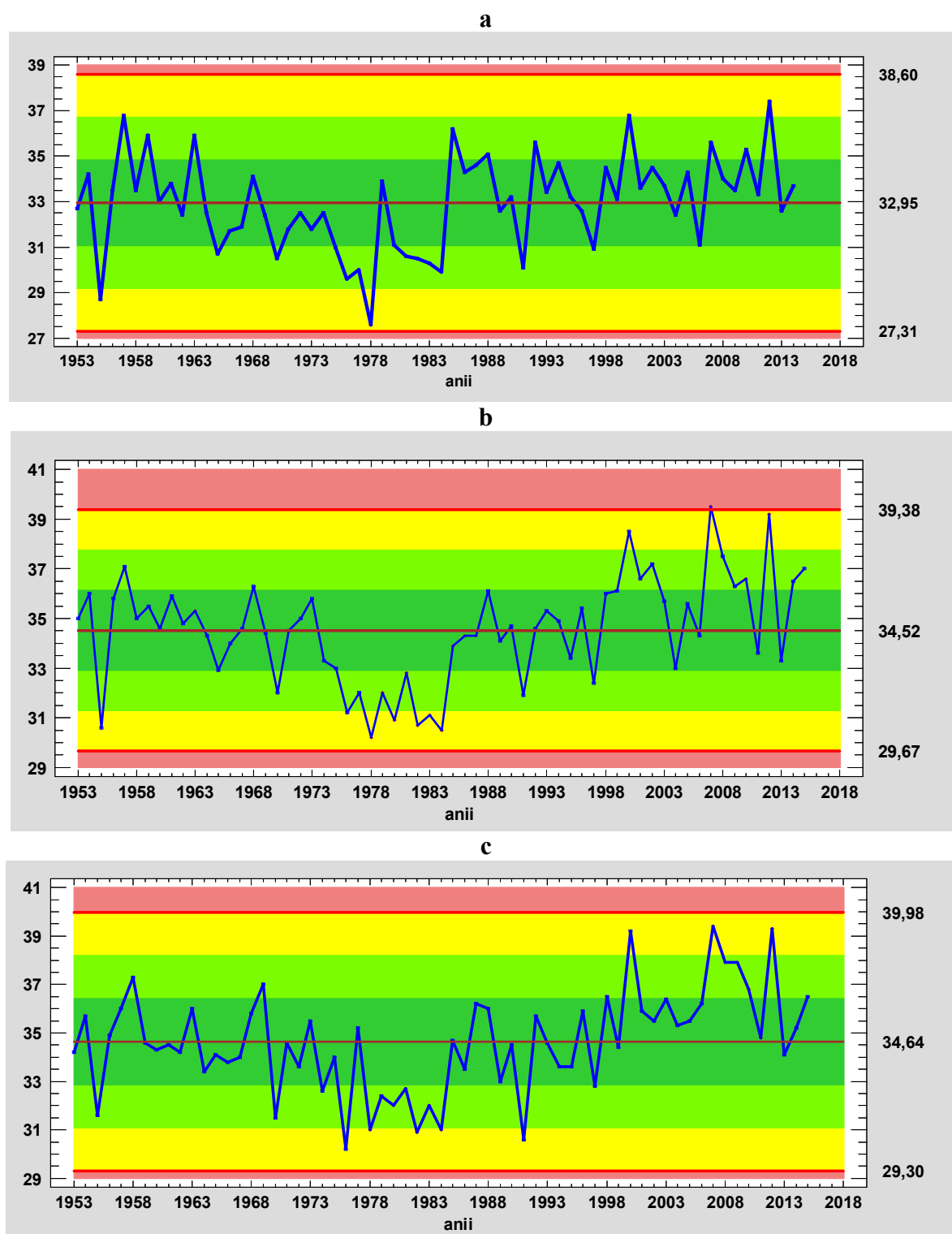


Fig.3.1. Variabilitatea maximului absolut în limitele celor 3σ
(a-Briceni, b-Chișinău, c-Cahul)

Ținând cont de resursele de apă potabilă limitate la nivel regional, este extrem de importantă cunoașterea variabilității temporale a parametrilor climatici ce reflectă caracterul manifestării

extremelor termice cu scopul determinării impactului posibil al aridizării asupra calității apelor de suprafață. Analiza temporală a temperaturilor maxime demonstrează faptul, că acestea pretutindeni, în ultimile decenii, trec peste limita normei climatice (fig.3.1a,b,c), ceea ce argumentează tendința de încălzire a climei și a sporirii evaporabilității în limitele țării.

3.2. Estimarea gradului de ariditate a climei în baza unor indicatori complecși

Caracterul variabil a climei regionale din ultima perioadă de timp, exprimat prin alternările frecvente ale perioadelor ploioase declanșatoare de inundații cu cele uscate și secetoase, condiționează selectarea celor mai optimi indici ecometrici, care ar putea explica corect apariția aridizării pronunțate în ultima perioadă de timp.

Tradițional estimarea gradului de asigurare cu umiditate se efectuează în baza Coeficientului Hidrotermic (CHT) Seleaninov [18], exprimând resursele de umezeală din perioada de vegetație:

$$CHT = \sum R / 0.1 \sum T > 10^{\circ} C, \quad (3.1)$$

unde: $\sum R$ - suma precipitațiilor pentru perioada de vegetație, $\sum T > 10^{\circ} C$ – suma temperaturilor active ($>10^{\circ} C$) a aerului pentru aceeași perioadă. Particularitățile manifestării climei actuale, cu părere de rău, actualmente nu poate fi argumentat prin utilizarea acestui indice. Elaborarea hărții repartizării acestuia în limitele Republicii Moldova, demonstrează o majorare a valorilor sale, trecând peste limita unității chiar și în sudul țării, fapt confirmat de datele multianuale înregistrate la Cahul (1.02). Cele mai scăzute valori, dar și aceleași fiind aproape de unitate, (demonstrând un regim de umiditate favorabil), se observă în extremitatea sud-estică a țării, unde CHT constituie 0,9, ceea ce nu reflectă condițiile reale de umiditate.

În acest context, a fost estimat spațio-temporal Indicele de Ariditate (I_a) propus de UNEP (1992) și UNESCO (1979), care exprimă raportul dintre cantitatea precipitațiilor atmosferice și evaporabilitate [25, p. 278-340].

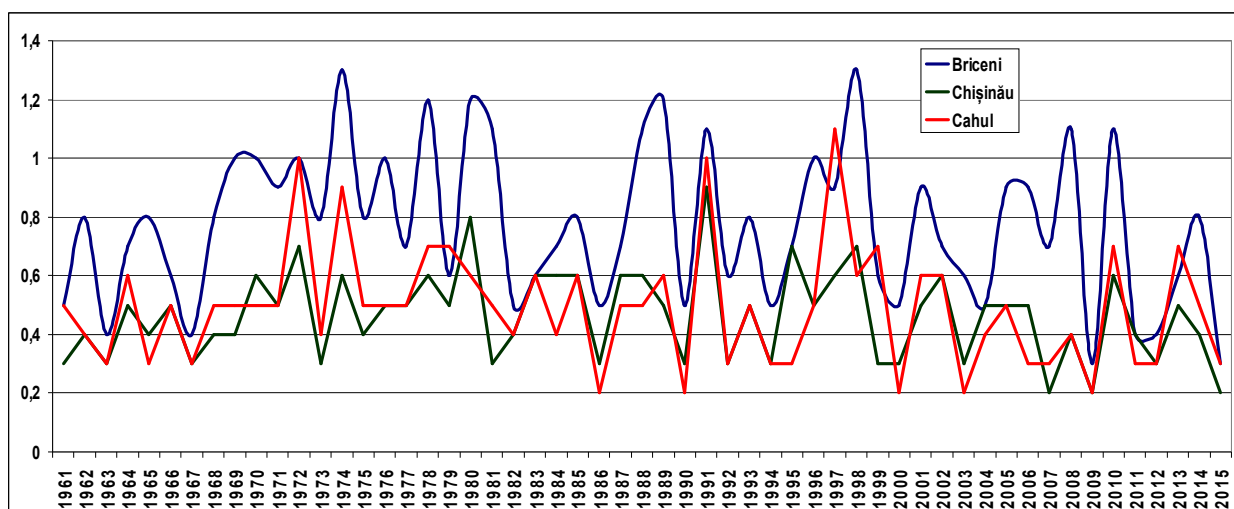


Fig. 3.2. Analiza temporală a Indicelui de Ariditate (I_a) pe teritoriul Republicii Moldova

S-a constatat, că în aspect temporal, în sudul țării, în anumiți ani concreți (fig. 3.2), cu precădere în ultimele decenii, I_a atinge limita care cuantifică clima ca aridă.

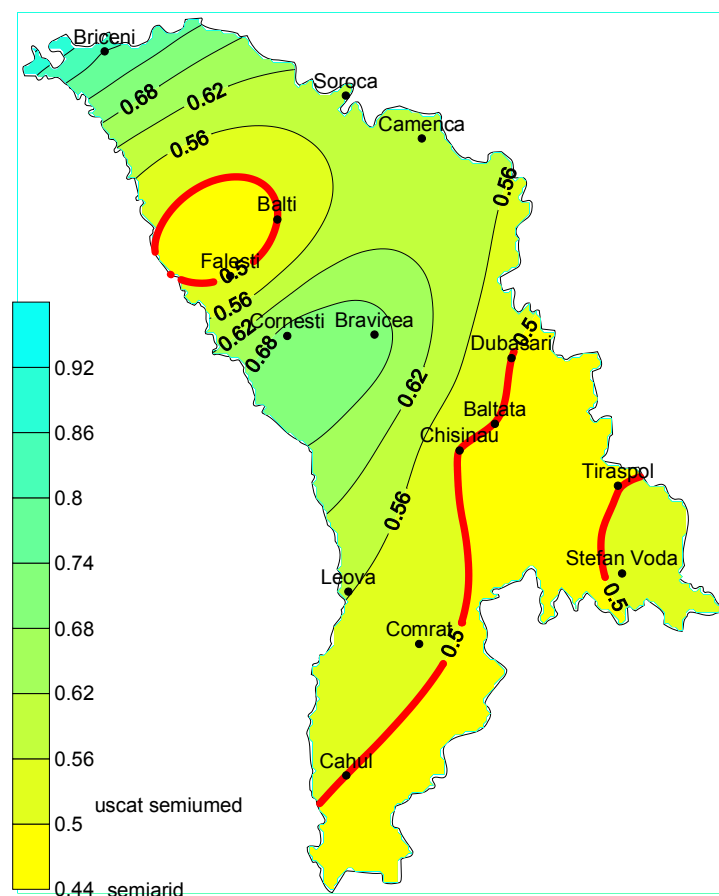
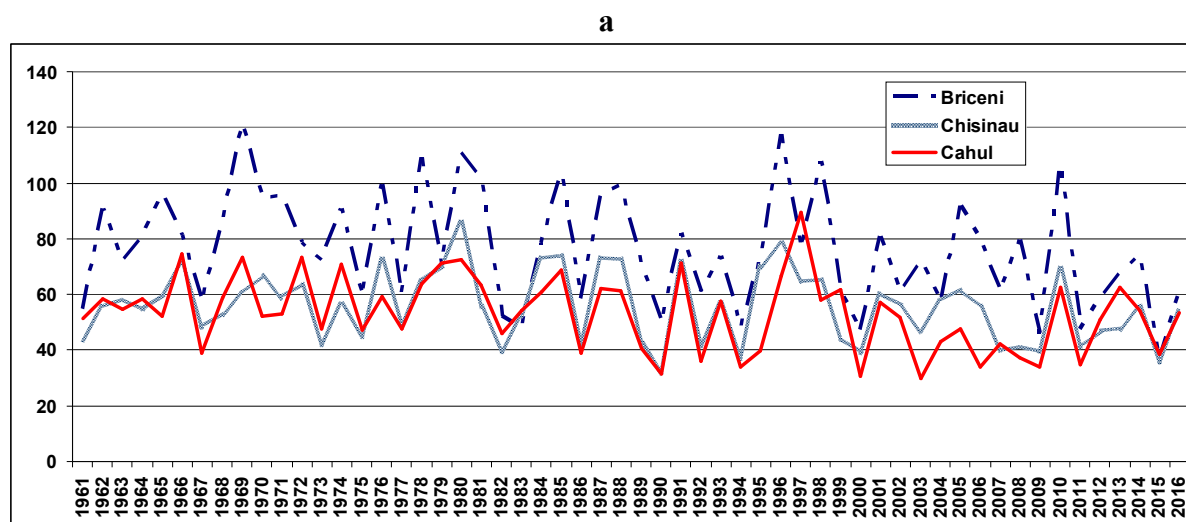


Fig.3.3. Repartiția spațială a Indicelui de (Ia) Ariditate (1960-2016)

Aceste valori substanțial se deosebesc de valorile *Ia* ce caracterizează nordul țării, unde Indicele de Ariditate variază în limitele ce depășesc limita de 0.65, specificând clima ca uscat-semiumedă. Modelarea cartografică indică, că în perioada de vegetație, Indicele de Ariditate (*Ia*) în Stepa Bălțului (la nord), în partea de sud, sud-est și central-estică a țării se află la limita de 0,5, caracterizează clima ca semiaridă și uscat-semiumedă (fig. 3.3). Valori de peste 0.68 sunt caracteristice teritoriilor altitudinale din nordul și partea centrală a țării.

Menționăm, că aceste valori sunt mai scăzute, decât cele obținute în cercetările anterioare [18], aceasta servind drept dovadă, că condițiile climaterice devin mai aride în perioada de vegetație.



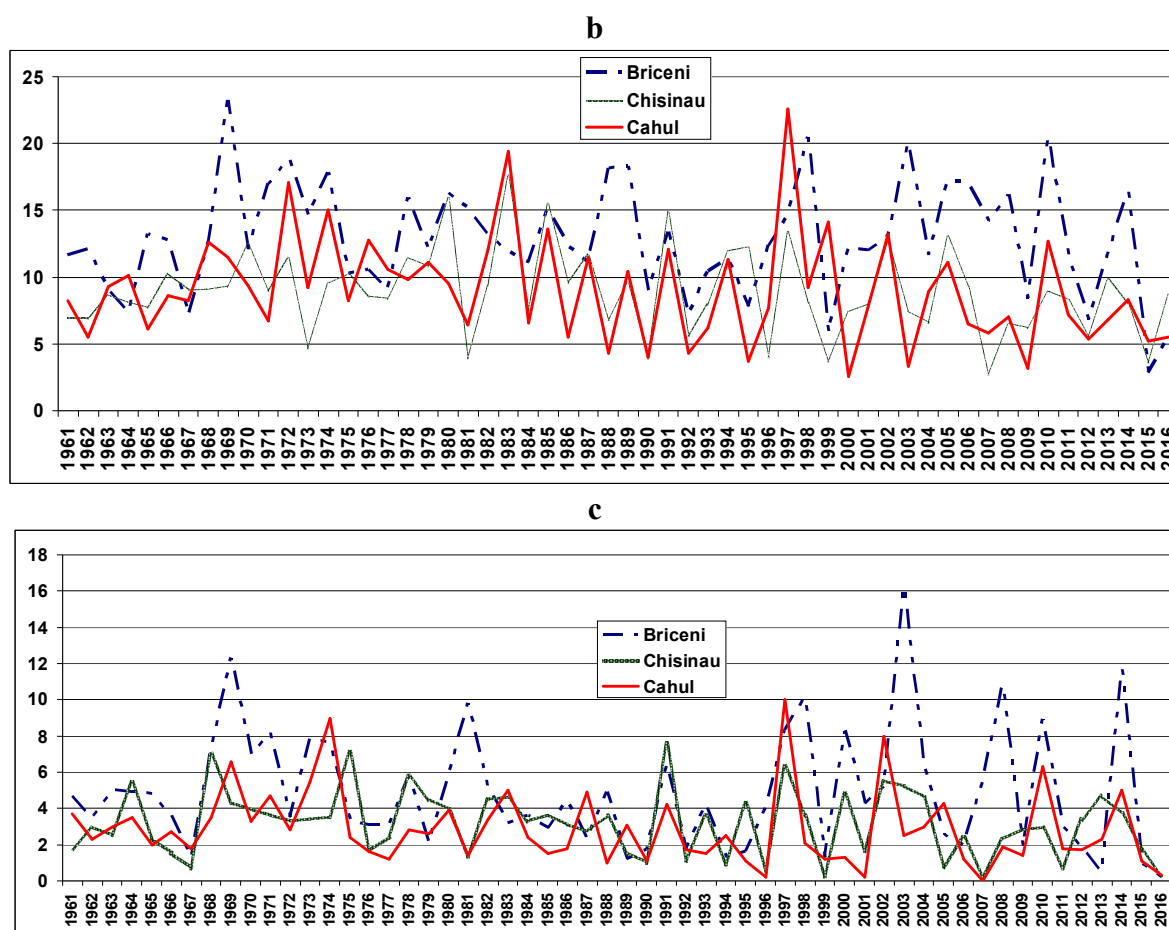


Fig. 3.4. *Dinamica Indicelui ecometric Lang (I_L), în aspect anual (a), sezonier (b), lunar (c)*

Marea variabilitate climatică determină specificul valorilor Indicelui Lang în noile condiții climatice. Analiza manifestării lui în aspect anual demonstrează, că în 41 de cazuri din 55 ani, în partea de nord, clima s-a manifestat ca temperat caldă. Pe măsura deplasării spre centru, doar în 20 cazuri clima s-a caracterizat ca temperat caldă, iar în 28 de cazuri, aceasta s-a stabilit ca semiaridă. Crește numărul de cazuri cu climă stepică de la 1 la 7. În sudul țării continuă să scadă anii cu climă temperat caldă și să se majoreze anii cu climat stepic (pînă la 25 de cazuri). Crește semnificativ și anume pînă la 13 cazuri, anii cînd clima a fost caracterizată ca stepică (fig. 3.4 a). Pe măsura analizei acestui indice la scări mai mici de timp, și anume în aspect sezonier și lunar, (fig.3.4 b, c) menționăm, că clima se caracterizează ca deșertică pe tot teritoriul țării. Tendința cu care se manifestă acest fenomen demonstrează, că pretutindeni pe teritoriul țării procesul de aridizare va continua și în viitor.

Estimările temporale privind manifestarea climei actuale prin intermediul Coeficientului Dantin-Revenga, relevă că la etapa actuală, cu precădere în partea centrală și de sud a țării (fig. 3.5)

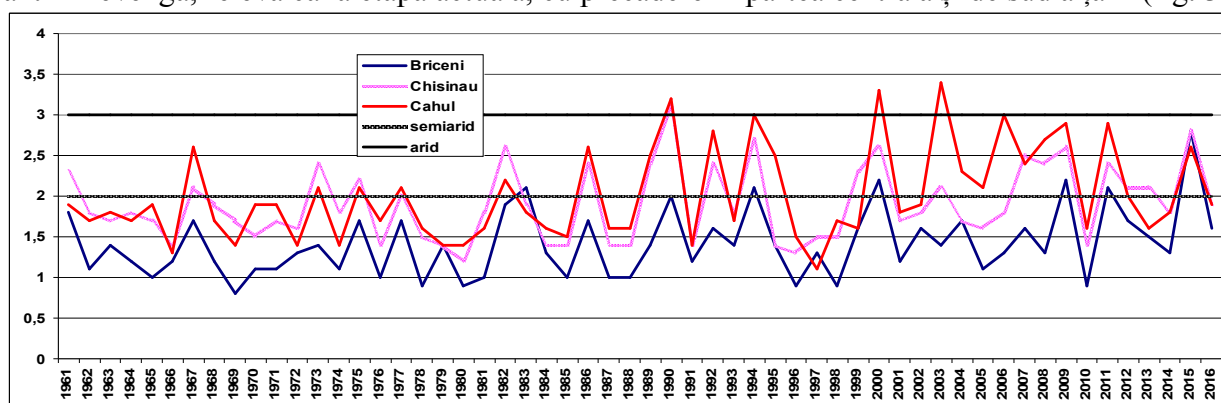


Fig. 3.5. *Evoluția Coeficientului Dantin-Revenga (1961-2016)*

în 20-22 cazuri, clima se caracterizează ca semiaridă, iar în sudul țării, în 5 cazuri, clima s-a manifestat ca aridă. Astfel, considerăm, că prin intermediul acestui coeficient se poate distinge atât particularitățile temporale cât și spațiale de manifestare a climei în noile condiții de aridizare.

3.3. Expunerea teritoriului Republicii Moldova către procesul de aridizare a climei

Tendința de încălzire a climei regionale atestată în ultimele decenii, influențează substanțial calitatea apelor de suprafață, prin scăderea oxigenului dizolvat și a înfloririi algale, contribuind la eutrofizarea apei din râuri și lacuri [5, p.182-186].

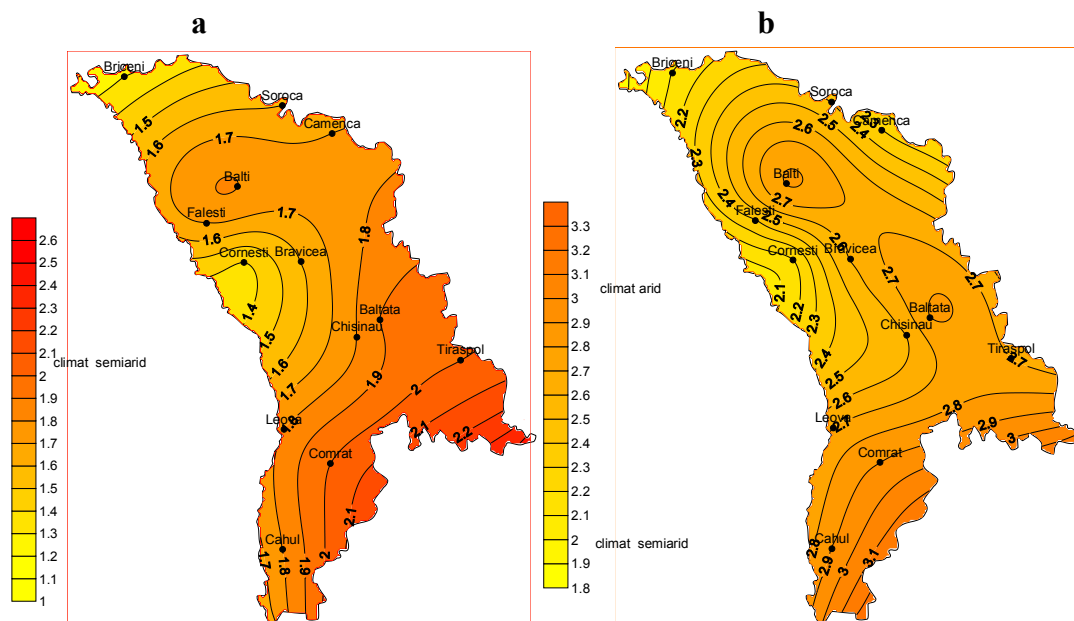


Fig. 3.6. Asigurarea (a) cu 50% și cu 90% (b) a Coeficientului Dantin-Revenge (1961-2016)

Elaborarea registrului anilor cu condiții semiaride și deșertice [7, p.166-172], conform Indicelui Lang, a registrului anilor cu condiții semiaride și aride în baza Coeficientului Dantin-Revenge, explică particularitățile regionale de manifestare a climei actuale. Iar modelele cartografice obținute cu elemente de pronostic (*asigurarea cu 50% și 90%*), oferă evidențierea arealelor, unde expunerea teritoriului poate fi semnificativă către manifestarea procesului de aridizare (fig.3.6).

În vederea calculului și a elaborării modelului cartografic al expunerii pentru toate stațiunile meteorologice, inițial, seriile de timp au fost standardizate, conform expresiei [9, p.133-140]:

$$X' = \frac{X - \min X}{\max X - \min X}, \quad (3.2)$$

unde X -reprezintă media multianuală, iar $\max X$ și $\min X$ sunt valorile extreme.

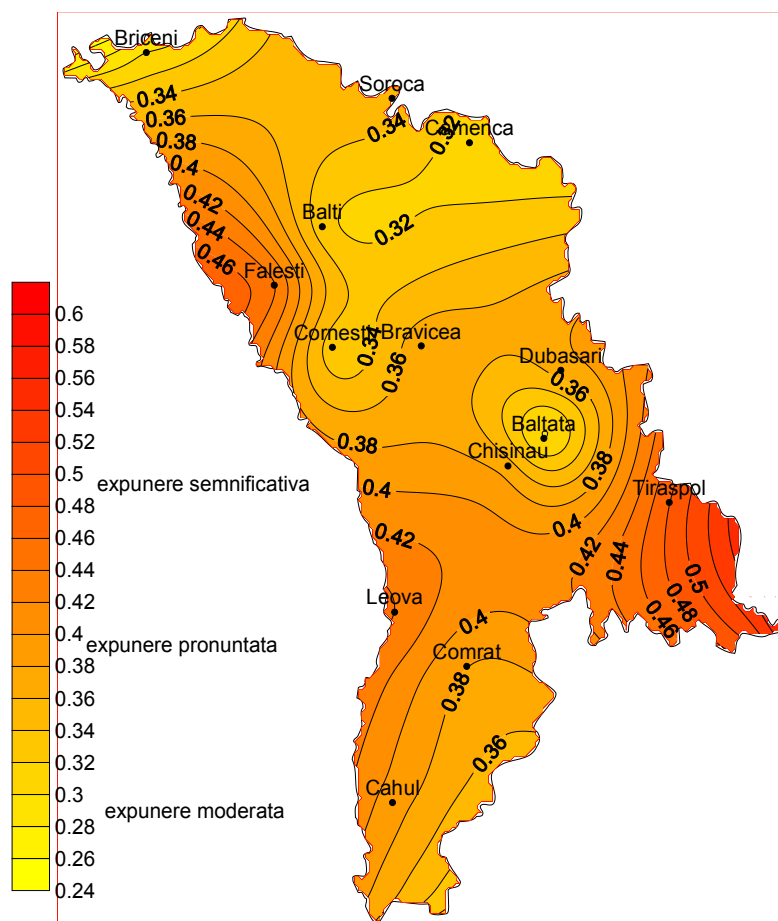


Fig. 3.7. *Expunerea teritoriului Republicii Moldova către aridizarea climei, conform Coeficientului Dantin-Revenga*

Harta digitală obținută (fig. 3.7) permite evidențierea arealelor vulnerabile la expunerea moderată, pronunțată și semnificativă către acest proces. Deoarece se prevede o agravare a situației actuale prin accentuarea fenomenului de încălzire globală, este necesară cunoașterea gradului de ariditate a arealelor vulnerabile, în scopul utilizării raționale a resurselor de apă, în toate domeniile economice. În acest context, considerăm că rezultatele obținute în această lucrare, va asigura un suport științifico-informațional actualizat, capabil să identifice impactul real al schimbărilor climatice asupra deficitului de apă.

4. IMPACTUL ARIDIZĂRII CLIMEI ASUPRA CALITĂȚII APELOR DE SUPRAFAȚĂ

Cercetările anterioare obținute la acest compartiment [12, p.278-340] indică, că impactul schimbărilor climatice asupra resurselor de apă de suprafață necesită aprofundarea unor noi cercetări necesare în luarea măsurilor de adaptare în domeniul evaluării resurselor de apă, reevaluarea resurselor de apă pe bazine și sub-bazine hidrografice în condițiile schimbărilor climatice, analiza influenței schimbărilor climatice asupra debitelor maxime ale cursurilor de apă, determinarea vulnerabilității resurselor de apă la schimbările climatice pentru fiecare bazin hidrografic, din care să rezulte măsurile de adaptare necesare.

4.1. Consecințele aridizării climei asupra calității apelor de suprafață în aspect bazinal

Calitatea apei din râurile mici se poate caracteriza printr-un grad înalt de poluare cu ioni de amoniu, nitriți, compuși cuprului, cu un nivel înalt al consumului biochimic de oxigen (CBO₅) și un nivel scăzut al conținutului de oxigen dizolvat în apă – determinat în cea mai mare parte și de sporirea gradului de aridizare, cu precădere în sudul țării, unde această influență se resimte mai semnificativ. În anii extremi de uscați, crește nivelul de eutrofizare și poate dubla crește gradul de poluare a apei datorită concentrației poluanților în urma intensificării evaporabilității.

Deoarece indicii complecși (*DEF* și *Ia*) iau în calcul gradul de evaporabilitate a teritoriului și cantitatea precipitațiilor căzute se poate concluziona, că consecințele aridizării asupra calității apelor de suprafață în arealele sus nominalizate va fi major în anii secetoși. Elaborarea modelelor cartografice privind repartitia spațială a Indicelui de Ariditate (*Ia*) demonstrează, că limitele variabilității acestui indice, spre exemplu, în cadrul bazinului Nistru constituie în cursul său inferior mai puțin de 0,55, ceea ce de fapt caracterizează clima ca semiaridă, în timp ce, o bună parte din teritoriu se caracterizează prin climă uscat semiumedă, cu trecere spre un climat umed la altitudini (fig. 4.1a). Văile râurilor mici din cadrul bazinului, la fel, înregistrează valori sub 0,55 - ceea ce indică că pe aceste areale, clima fiind semiaridă, negativ influențează calitatea apelor de suprafață. Pentru bazinul Prut și a bazinului Mării Negre și Dunării (fig. 4.1 b, c), acest indice în cursurile inferioare este și mai scăzut, însumând valori sub 0,53 - ceea ce relevă, că aceste areale sunt cele mai vulnerabile și deci, și calitatea apelor de suprafață, poate fi semnificativ influențată de aridizarea mai pronunțată a climei.

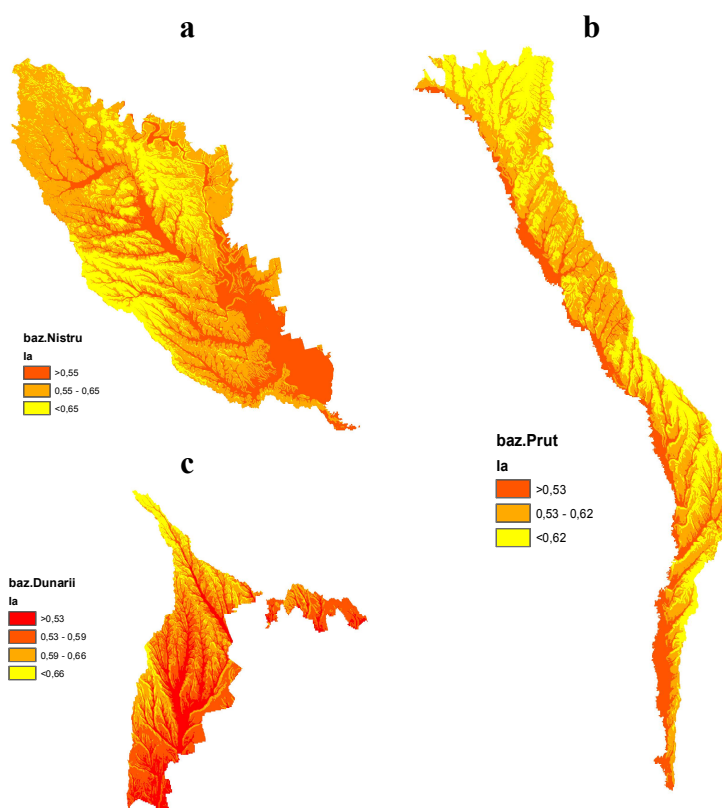


Fig.4.1. Repartiția spațială (1961-2016) a Indicelui de Ariditate (*Ia*) din cadrul bazinului Nistru (a), Prut (b), al Mării Negre și fluviului Dunării (c)

Conform datelor [2, 3] Indicele Poluării Apei, în lacul Manta și Belev, în anul 2012, s-a dublat comparativ (fig.4.2) cu alți ani, când valorile Deficitului de Apă Climatic (*DEF*) a constituit cu mult mai puțin comparativ cu norma climatică. În 2012, *DEF* a însumat valori de -685,2 și -670,1 mm față de -301,7 mm media multianuală, calificând calitatea apei din lacul Manta din clasa a II-a de calitate (*curată*) în clasa a III-a (*moderat poluată*).

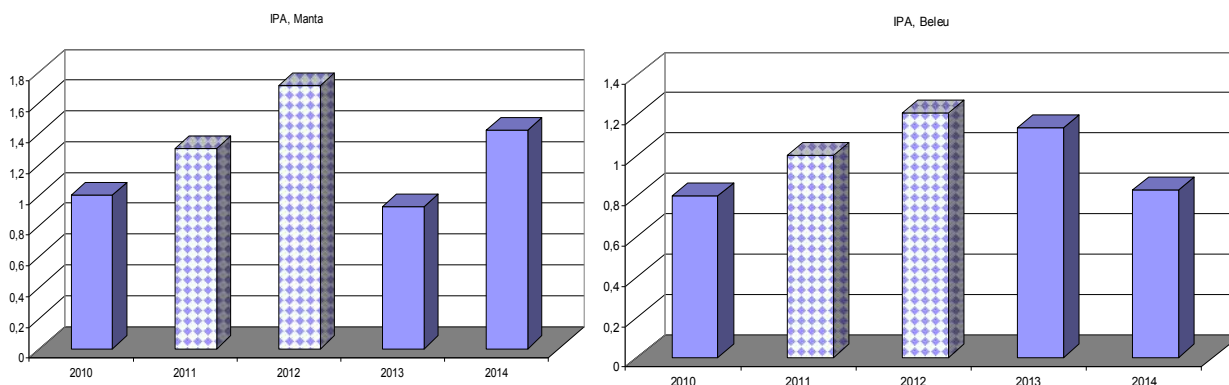


Fig. 4.2. Calitatea apei lacului Manta (a) și Belev (b), conform IPA în perioada anilor 2010-2014

O situație similară se observă și în calitatea apei din lacul Belev. Gradul înalt de evaporabilitate (1264,5 față de 842 media multianuală) înregistrat în anul 2012, spre exemplu, a condus cu sine la trecerea calității apei în clasa a III cu calificativul *moderat poluată* din clasa a II-a de calitate *bună*.

4.2. Impactul aridizării climei asupra calității apelor râurilor mici

Volumul scurgerii apei din cadrul râurilor mici care traversează centrul și sudul țării, este cu mult mai mic, fapt determinat de gradul înalt al evaporabilității și cantitatea precipitațiilor atmosferice scăzute. În unii ani secetoși, acesta poate fi cu mult sub norma climatică, oscilând în limitele a 30-40% din valorile medii multianuale [8, p.170]. Analiza comparativă a datelor privind calitatea apei și manifestarea procesului de aridizare din cadrul bazinului Cogîlnic (ca cel mai lung râu ce traversează sudul țării - 221 km) și a bazinului Larga (caracterizat cu cel mai înalt grad de poluare, cu precădere în anii secetoși), a permis să se evidențieze anumite particularități specifice actuale din regiune.

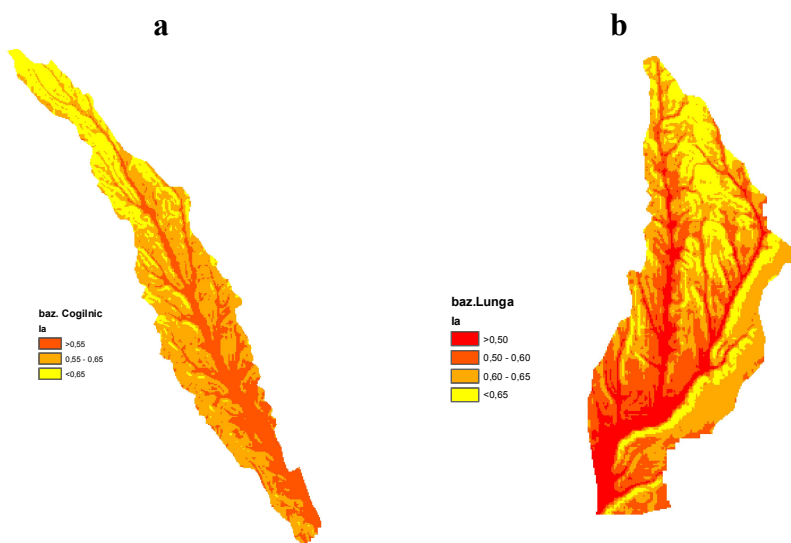


Fig.4.3. Repartiția spațială a Indicelui de Ariditate (*Ia*) din cadrul bazinului râului Cogîlnic (a) și Larga (b)

Elaborarea hărților digitale (fig.4.3), ce reflectă repartiția spațială a Indicelui de Ariditate I_a din cadrul acestor bazine demonstrează, că nordul bazinului Cogîlnic se caracterizează prin climă în tranziție de la uscat semiumedă spre umedă (fig.4.3a), în timp ce, cursul său inferior se caracterizează prin climă semiaridă. În cazul repartiției spațiale a Indicelui de Ariditate (I_a) din cadrul bazinului Lunga (fig. 4.3b) se observă că în cea mai mare parte a teritoriului, clima se caracterizează ca semiraidă, iar arealele cu climă uscată semiumedă sunt limitate. Considerăm, că doar o estimare diferențiată privind manifestarea procesului de aridizare, ar putea contribui la luarea măsurilor corecte de redresare a situațiilor ecologice rezultate de schimbările climei actuale.

4.3. Posibilității de redresare a situațiilor ecologice condiționate de aridizarea climei regionale

Deficitul de apă și problemele privind calitatea apei ar trebui să reprezinte un interes real pentru autorități. De aceea, considerăm că realizarea hărților privind necesarul în apă pe marile bazine hidrografice, ar putea contribui la redresarea situației ecologice legată de impactul aridizării asupra calității apelor de suprafață. Analiza repartiției spațiale a necesarului în apă pentru irigație, în aspect bazinal, relatează diferențierea spațială a acestuia, reieșind din particularitățile fizico-geografice ale amplasamentului bazinului și a ponderii factorilor fizico - geografici de influență.

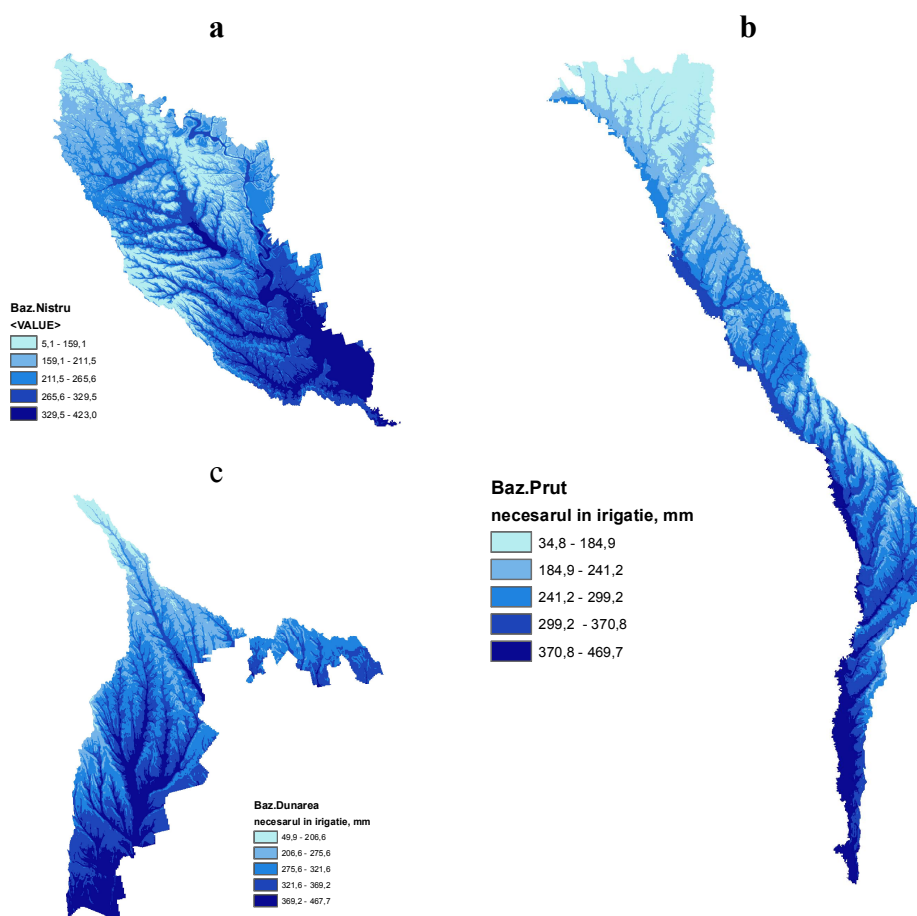


Fig.4.4. Necesarul în apă pentru irigație din cadrul bazinului Nistru (a), Prut (b) al Mării Negre și fluviului Dunării (c)

Astfel, spre exemplu, în cadrul bazinului Nistrului (fig. 4.4a) pe cumpenele de apă din nordul și partea central-vestică a bazinului în perioada activă de vegetație, în reglarea bilanțului de umiditate sunt necesare 159 mm de apă. Necesarul în apă semnificativ crește în cursul inferior al r.Nistru pînă la 423 mm. Semnificativ crește necesarul în apă în cadrul bazinului Mării Negre și Prut, însumând valori de peste 470 mm (fig.4.4 b, c).

Elaborarea hărții digitale privind necesarul de apă în irigarea arealului cuprins în limitele bazinului Cogîlnic demonstrează, că pe cumpene ar fi necesară o cantitate de pînă la 167 mm, în timp ce cursul inferior al acestui rîu, ar avea nevoie de 395 mm în restabilirea echilibrului ecologic (fig.4.5a). Pe teritoriul bazinului Lunga, crește necesarul în apă și în cursul său inferior, acesta fiind de 445 mm (fig.4.5b). Spre deosebire de Cogîlnic, în nordul bazinului Larga și pe cumpenele rîurilor mici necesarul în apă crește semnificativ (de pînă la 295 mm), comparativ cu arealele similare din cadrul celor două bazine mari, Prut și Dunărea, ceea ce încă odată demonstrează, că impactul aridizării în sudul țării, poate fi substanțial asupra calității apelor de suprafață.

Așadar, aridizarea, reprezintă, după asigurarea insuficientă cu resurse de apă potabilă, a doua mare problemă cu care se confruntă țara, dar și alte state cu regim de umiditate instabil. Pentru a mări resursele de apă utilizabile este necesar să se ia masuri de regularizare a debitelor prin rezervoare de acumulare, care să rețină debitele excendente în perioadele ploioase, pentru a le face disponibile în perioadele secetoase.

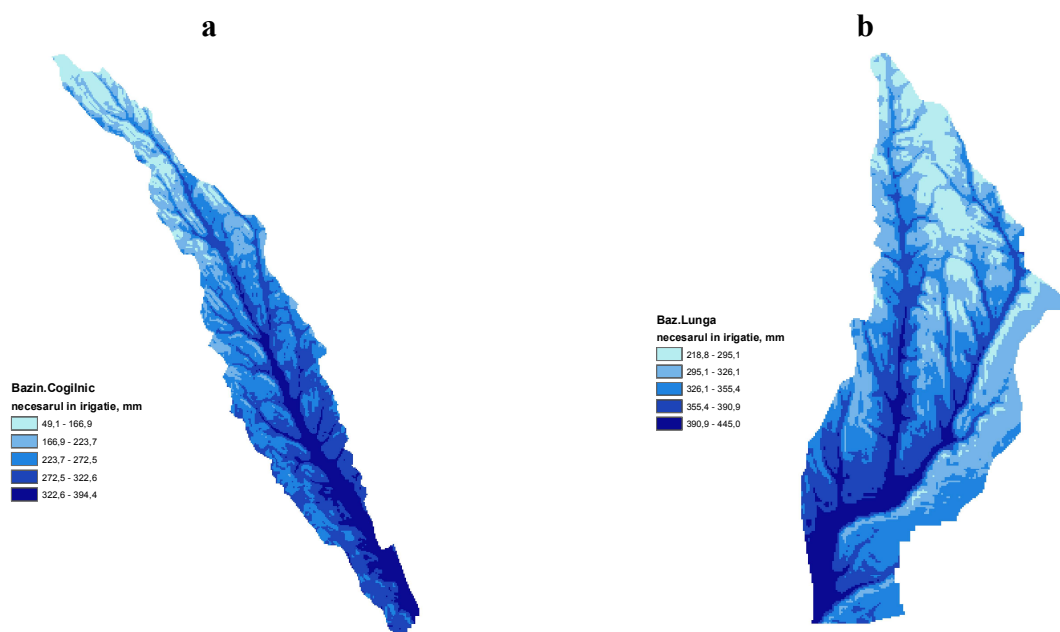


Fig.4.5. Necesarul în apă pentru irigație în cadrul bazinului rîului Cogîlnic (a) și Lunga (b)

Ținînd cont de specificul repartiției spațiale a precipitațiilor maxim diurne, elaborarea hărții digitale (fig.4.6) privind numărul de cazuri cu precipitații maxim diurne peste 50 mm demonstrează, că în sud-vestul țării sunt posibilități de reținere a apelor meteorice pentru disponibilitatea acestora în perioadele uscate, fapt de care trebuie să se țină cont la luarea măsurilor de adaptare către noile condiții climatice.

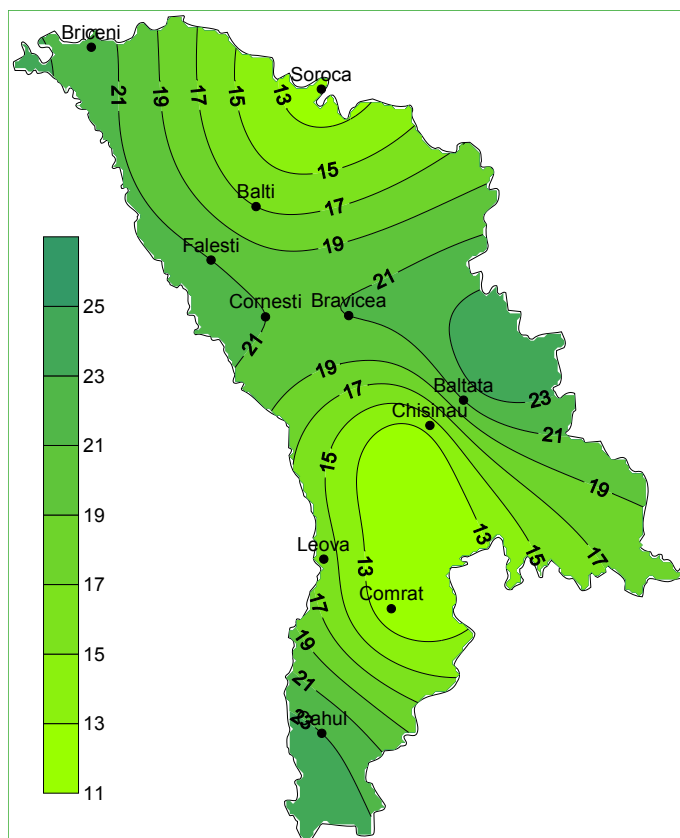


Fig.4.6. Numărul de cazuri cu precipitații maxim diurne >50 mm

Rezultatele cercetărilor obținute constituie un suport documentar și tehnic valoros pentru continuarea lucrărilor de reabilitare și protecție a zonelor vulnerabile către manifestarea schimbărilor climatice și a riscurilor asociate, precum și pentru identificarea zonelor vulnerabile la efectele aridizării climei actuale.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Lucrarea conține contribuții originale privind evidențierea impactului aridizării climei asupra calității apelor de suprafață. Aplicarea rezultatelor obținute pot reglementa normele de irigare și deci, și de utilizare adecvată a apelor de suprafață în noile condiții climatice. Sintetizând rezultatele obținute, pot fi formulate următoarele concluzii generale:

1. A fost estimată variabilitatea (în baza deviației standard, σ) scurgerii totale a apelor de suprafață pe teritoriul Republicii Moldova și elaborat registrul anilor cu valori diferite cuantificate. S-a constatat, că anii în care tipul de scurgeri moderat scăzute (-0.5σ din media multianuală) a devenit tot mai frecvent, aparțin ultimilor decenii (1983, 1984, 1986, 1987, 1990, 1992, 1994, 1995, 2004, 2007, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016), iar în ultimii ani înregistrați ca cei mai calzi în seria observațiilor instrumentale (2012, 2014, 2015), acest calificativ trece în tipul anilor cu scurgeri scăzute ($-\sigma$ din media multianuală) ale apelor de suprafață [3, p.1-14].

2. Analiza în dinamică a valorilor ce caracterizează scurgerea totală a apelor de suprafață, a precipitațiilor atmosferice și a evaporabilității (cu aceleași unități de măsură, km^3), scoate în evidență "distanțarea" acestora în ultimii ani, când se atestă o tendință de sporire a evaporării medii din suma evaporării sezoniere cu $0,2293\text{km}^3/\text{an}$ și o scădere a cantității precipitațiilor sezoniere cu $0,0103\text{ km}^3/\text{an}$ [3, p.1-14; 4, p.158-166].
3. A fost identificată intensificarea procesului de aridizare a climei regionale, în baza utilizării unui spectru larg de indici ecometrici: Indicele Lang, Coeficientul Dantin-Revenga, Indicele de Ariditate, Deficitul de Apă Climatic. S-a constatat, că clima în Republica Moldova, în aspect sezonier și lunar poartă un caracter semiarid și arid. Au fost elaborate registrele Indicelui Lang și a Coeficientului Dantin-Revenga necesare în evaluările cu caracter de pronostic [2, p.15-34; 5, p.166-172; 6, p.55-57; 9, p.221-224; 11].
4. S-au elaborat hărți digitale ce permit scoaterea în evidență a arealelor vulnerabile către manifestarea odată în 2 ani și odată în 10 ani secetoși a condițiilor semiaride și aride pe teritoriul Republicii Moldova [2, p.15-34].
5. S-a realizat zonarea teritoriului conform expunerii acestuia către procesul de aridizare și s-a scos în evidență teritoriile cu expunerea moderată, pronunțată și semnificativă către acest proces. Hărțile digitale obținute au fost implementate în cadrul Oficiului Schimbarea Climei, certificate cu act de implementare (Anexă).
6. A fost evidențiată calitatea apelor de suprafață în anii cu condiții de ariditate sporită și estimat rolul aridității în poluarea acestora. S-a constatat, că în condițiile unor secete severe (2007, 2012), gradul de poluare a apelor stătătoare poate dublu crește, iar scurgerea apelor în râuri poate să scadă sub 20-30% din valorile medii multianuale. Cele mai grav poluate sunt râurile mijlocii și mici din centrul și sudul țării, unde este mai ridicat gradul de evaporabilitate [1, p.5-20; 10].
7. Au fost elaborate hărțile digitale ce reflectă Deficitul de Apă Climatic (*DEF*) și Indicele de Ariditate (*Ia*) la nivel bazinal. S-a constatat, că cursurile inferioare ale râurilor Nistru, Prut, al bazinului Mării Negre și Dunării însumează cele mai esențiale valori ale Deficitului de Apă Climatic ($-389,3\text{ mm} \dots -420\text{ mm}$) și tot cursurile inferioare se caracterizează prin cele mai scăzute valori ale Indicelui de Ariditate de $0,53 \dots 0,55$. Aceiași legitate se observă și în cazul râurilor mijlocii și mici luate în studiu, de care este necesar să se țină cont la măsurile concrete de ameliorare a situațiilor ecologice apărute în urma aridizării climei [7, p.11-13; 8, p.182-186].
8. S-au elaborat modele cartografice privind necesarul natural în apă pe bazine hidrografice. S-a constatat, că cursurile inferioare a râurilor mari, mijlocii și mici sunt arealele care se caracterizează cu cel mai mare necesar natural în apă. Aceste valori constituie $394,4 \dots 469,7\text{ mm}$ pe an, ceea ce este extrem de important să se ia în considerație în cazul asigurării unei irigații eficiente și diferențiate [2, p.15-34].

Problema științifică importantă soluționată constă în estimarea actuală a apelor de suprafață, analiza particularităților regionale specifice de manifestare a aridizării climei regionale, evidențierea arealelor vulnerabile privind necesarul (natural) în apă a teritoriului cu scopul asigurării echilibrului ecologic a țării cu apă potabilă. În contextul celor enunțate și argumentate în teză, propunem operarea următoarelor recomandări:

1. Regularizarea debitelor prin lacurile (sau rezervoare) de acumulare, care să rețină debitele excedentare în perioadele ploioase, pentru a le face disponibile în cele secetoase. În acest context, a fost elaborată harta digitală a numărului de cazuri, în care s-au atestat cantități semnificative de precipitații diurne peste 50 mm. Aceasta demonstrează prezența unui număr mare de cazuri în partea de sud-vest a țării, când aversele de ploaie, fiind stocate în anumite rezervoare subterane, ar putea fi utilizate în cazul instalării perioadelor uscate îndelungate [13].
2. Implementarea la nivel local (comună) a hărților digitale elaborate privind necesarul natural în apă pe bazine hidrografice, care va permite elaborarea unor norme adecvate de utilizare a apei pentru irigație, și deci, și de utilizare chibzuită a apelor de suprafață în contextul intensificării procesului de aridizare a climei actuale.
3. Luarea în considerație a hărților digitale elaborate în aspect național la realizarea prevederilor cadru privind Convenția Schimbări Climatice prin implementarea Strategiei Naționale și a Planului de Acțiuni de realizare a acesteia. Unele din hărțile digitale elaborate au fost deja implementate în cadrul Oficiului Schimbarea Climei, certificate cu act de implementare (Anexă).

BIBLIOGRAFIE

1. Albu Anca-Nicoleta Relația Climă-Vegetație în Dobrogea de Sud // rezumatul tezei de doctorat, Editura Universității din București, Iași, București, 2009, p 48.
2. Anuar. Starea calității apelor de suprafață conform indicilor hidrochimici pe teritoriul Republicii Moldova, Serrviciul Hidrometeorologic de Stat. Chișinău, 2015, 10-57 p.
3. Anuar. Caracteristica hidrologică pe teritoriul Republicii Moldova, Serrviciul Hidrometeorologic de Stat. Chișinău, 2016, p. 7-21.
4. DUCA, GH.; NEDEALCOV, M.; LAPOSTOL; IVANOV, V. Estimation of environmental quality based on ecometric climatic indicators (on the Republic of Moldova). Present Environment and Sustainable Development, V. 2, No. 1/2018. Iași, România, p. 15 -34.
5. Duca, Gh.; Nedalcov, M.; Ivanov, V. Deficitul de apă în condițiile schimbărilor climatice Biodiversitatea în cotextul schimbărilor climatice. Materialele Conferinței științifice cu participare internațională 25 noiembrie 2016. Chișinău. ISBN. 978-9975-108-02-7, p. 182-186.
6. Ivanov, V. Aquatic resources of Republic of Moldova and the main sources of pollution Mediul Ambient Nr.4 (4), 2002, p.11-13.
7. Ivanov, V. Indicele Ecometric Lang în estimarea gradului de aridizare pe teritoriul Republicii Moldova. Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții. 3 (333) 2017. p.166-172. ISSN 1857-064X.
8. Ghid de gestionare a apelor mici. Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor. București, 2015, p 170.
9. Nedalcov M. Criteria for climate and weater related risks identification over the Republic

- of Moldova territory. Present Environment and Sustainable Development V. 10, no. 2-2016 Editura Universității „Alexandru Ioan Cuza” Iași. ISSN 1843-5971, p. 133-140.
10. Nedelcov, M. Resursele agroclimatice în contextul schimbărilor de climă. Tipografia „Alina Scorohodova” 2012, Chișinău, ISBN 978-9975-4284-8-4, p. 306.
 11. Nedelcov, M., Estimări recente privind schimbările climatice regionale. Noosfera. Nr.17, 2016, p.204.
 12. Păltineanu C., ș.a. Ariditatea, Seceta, Evapotranspirația și cerințele de apă ale culturilor agricole în România. Editura Ovidius University Press Constanța. 2007, p. 278- 340.
 13. Sabeva, M., Stefanov, S., Hershkovitch, E., Dilkov, D., Jechev, P., Markov, G., 1968. Character of Drought and the Varying Irrigation Regime of Agricultural Crops. BAS Press: Sofia (in Bulgarian), p.278.
 14. Shih, J. S. and ReVelle, C. 1994. Water supply operations during drought: A continuous hedging rule. Journal of Water Resources Planning and Management, 120(5), p. 613–629.
 15. Stanescu, V. A., Adler, M-J., Cusursuz, B., Tuinea, P., Burcea, G., Ciuntu, A., 1994. A study of drought in Romania for the assessment of the aridization and desertification trends. Romanian J Hydrol Water Resour 1(2), p. 173-182.
 16. Stanciu Alina. Indici ecometrici. <http://www.academia.edu/9909429/05>.
 17. Stoenescu Șt., Clima Bucegilor, CSA, IM, București, 1951, p.12-26.
 18. Дарадур М. И. Изменчивость и оценки риска экстремальных условий увлажнения. Кишинёв, 2001, с.160.
 19. Иванов Н.Н. Об определении величин испаряемости. // Изв. ВГО. –1954.- т.86. Вып.2, с.189-196.
 20. Прока В.Е. Колебания годовых и месячных сумм осадков на территории Молдавии. //Проблемы географии Молдавии, - Вып. 3, Кишинев, 1969, с. 18-40.

LISTA LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE PUBLICATE LA TEMA TEZEI

Articole în culegeri internaționale:

1. DUCA, GH.; XIAO, H.; NEDEALCOV, M.; IVANOV, V.; TĂRÎȚĂ, A. Dry periods impact on the surface water quality. Present Environment and Sustainable Development, V. 11, No. 1/2017. Iași, România. p. 5 -20. Indexat ISI.
2. DUCA, GH.; NEDEALCOV, M.; LAPOSTOL; IVANOV, V. Estimation of environmental quality based on ecometric climatic indicators (on the Republic of Moldova). Present Environment and Sustainable Development, V. 2, No. 1/2018. Iași, România. p. 15 - 34. Indexat ISI.
3. DUCA, GH.; NEDEALCOV, M.; IVANOV, V. Total runoff of surface waters in new climatic conditions on the Republic of Moldova's territory. Present Environment and Sustainable Development, V. 2, No. 1/2018. Iași, România. p. 1 -14. Indexat ISI.

Lista articolelor științifice apărute în reviste de specialitate din țară:

Reviste categoria B

4. DUCA, M.; NEDEALCOV, M.; CLAPCO, S.; IVANOV, V. Expansiunea lupoaiei on noile condiții climatice pe teritoriul Republicii Moldova. Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții. 3 (333) 2017. p. 156-166. ISSN 1857-064X.
5. IVANOV, V. Indicele Ecometric Lang în estimarea gradului de aridizare pe teritoriul Republicii Moldova. Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții. 3 (333) 2017. p.166-172. ISSN 1857-064X.
6. IVANOV V. Indicele Diekman în estimarea gradului de aridizare a climei regionale. Akademos. Revistă de știință, inovare, cultură și artă. Nr. 1 (44), 2017. p. 55-57. ISSN 1857-0461.

Reviste categoria C

7. **IVANOV, V.** Aquatic resources of Republic of Moldova and the main sources of pollution. *Mediul Ambient* Nr.4 (4), 2002. p.11-13.

Lista articolelor științifice publicate în culegeri

8. **DUCA, GH.; NEDEALCOV, M.; IVANOV, V.** Deficitul de apă în condițiile schimbărilor climatice Biodiversitatea în cotextul schimbărilor climatice. *Materialele Conferinței științifice cu participare internațională 25 noiembrie 2016. Chișinău.* p. 182-186 ISBN. 978-9975-108-02-7.
9. **NEDEALCOV, M.; IVANOV, V.; NISTIRIUC, A.; RUSU, V.** Variabilitatea perioadelor uscate pe teritoriul Republicii Moldova. Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice. *Materialele Conferinței științifice cu participare internațională 25 noiembrie 2016. Chișinău.* p. 221-224. ISBN 978-9975-108-02-7.

Lista articolelor științifice publicate pe Internet

10. **DUCA, GH.; XIAO, H.; NEDEALCOV, M.; IVANOV, V.; TĂRÎȚĂ, A.** Dry periods impact on the surface water quality. <http://pesd.ro/articole/nr.11/1/1.pdf>.
11. **IVANOV VIOLETA** Indicele Diekman în estimarea gradului de aridizare a climei regionale.
http://www.akademos.asm.md/files/53_55_Indicele%20Diekman%20in%20estimarea%20gradului%20de%20aridizare%20a%20climei%20regionale.pdf.

LISTA ABREVIERILOR

CRED- Centrul de Cercetări Epidemiologice privind Hazardurile

Naturale al Universității din Luviana, Belgia

CHT- Coeficientul Hidrotermic Seleaninov

DCA - Directiva Cadru Apa a Uniunii Europene

DR - Coeficientul Dantin-Revenga

DEF- Deficitul de Apă Climatic

DMCSSE- Centru de Management al Secetei pentru sud-estul

Europei, Republica Macedonia

DBHN - Districtul Bazinului Hidrografic Nistru

GWP- Parteneriatul Global pentru Apă

IPA- Indicele de Poluare a Apei

Ia-Indicele de Ariditate

Im – Indicele Emmanuel de Martonne

Izu- Indicele Nedalcov a perioadelor uscate

Id- Indicele Diekman

IPCC - Comisia Interguvernamentală pentru Schimbări Climatice

IWRM - Managementul Integrat al Resurselor de Apă

R- Indicele Lang

TNMN – Rețeaua Transnațională de Monitorizare

ADNOTARE

IVANOV Violeta „Apele de suprafață în condițiile aridizării climei Republicii Moldova”.

Teza de doctor în științe geonomice, Chișinău, 2018. Introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 160 titluri, 126 pagini de text de bază, 1 anexă, 46 figuri, 29 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 11 lucrări științifice. **Cuvintele-cheie:** aridizarea climei, apele de suprafață, deficitul de apă climatic, evaporabilitate, bilantul de apă, schimbări climatice.

Domeniul de studiu- 166.02 Protecția mediului ambiant și folosirea rațională a resurselor naturale

Scopul lucrării constă în stabilirea interdependenței dintre procesul de aridizare și starea calității apelor de suprafață pe teritoriul Republicii Moldova în condițiile ritmului accelerat al schimbărilor climatice. **Obiectivele cercetării:** abordarea unor indici ecometrici climatici în evidențierea specificului aridizării climei regionale; obținerea unui logaritm de estimare a expunerii teritoriului Republicii Moldova către procesul de aridizare; elaborarea modelelor regresionale ce scot în evidență teritoriile vulnerabile privind riscul manifestării aridizării climei cu impact asupra calității apelor de suprafață; elaborarea măsurilor de redresare a situațiilor ecologice în cazul instalării perioadelor uscate semnificative.

Noutatea și originalitatea științifică. A fost creată baza teoretică de estimare a apelor de suprafață în condițiile aridizării climei regionale finalizată cu argumentarea științifică a lărgirii spectrului de indici climatici ecometrici ce stau la evidențierii aridizării climei regionale; fundamentarea teoretică a utilizării metodelor complexe de studiu, inclusiv cele geoinformaționale în estimarea variabilității spațiale a indicatorilor ce scot în evidență aridizarea climei și calitatea apelor de suprafață; elaborarea modelelor cartografice la nivel bazinal privind necesarul în apă, în condițiile aridizării climei.

Noutatea științifică a rezultatelor obținute. În condițiile Republicii Moldova a fost realizată o bază informațională de date ce a permis să se evidențieze impactul aridizării asupra calității apelor de suprafață cu: argumentarea științifică a utilizării spectrului de indici ecometrici climatici ce stau la baza evidențierii gradului de aridizare a climei; elaborarea modelelor cartografice privind estimarea arealelor cu gradul înalt de expunere a teritoriului către aridizare; modelarea temporală complexă a indicilor ecometrici climatici ce caracterizează aridizarea; elaborarea unui algoritm de estimare a expunerii teritoriului Republicii Moldova către procesul de aridizare; elaborarea modelelor cartografice la nivel bazinal privind estimarea teritoriilor vulnerabile către procesul de aridizare; obținerea hărților digitale ce scot în evidență arealele și necesarul în apă ale acestora în asigurarea echilibrului ecologic pe bazine hidrografice.

Importanța teoretică și valoarea aplicativă a lucrării. A fost argumentată științific utilizarea spectrului de indici ecometrici climatici ce au stat la baza evidențierii procesului de aridizare în noile condiții climatice pe teritoriul Republicii Moldova; Au fost obținute o serie de hărți digitale la nivel bazinal și local ce relevă arealele vulnerabile către procesul de aridizare.

Valoarea aplicativă a lucrării este desemnată de faptul că hărțile digitale ce reflectă necesarul în apă, în vederea menținerii echilibrului ecologic la nivel bazinal, au aplicabilitate la gestionarea corectă a apelor de suprafață și la atenuarea impactului aridizării climei asupra calității acestora.

Rezultatele științifice obținute sunt implementate în cadrul Oficiului Schimbarea Climei, certificate cu act de implementare.

АННОТАЦИЯ

ИВАНОВ Виолета «Поверхностные воды в условиях аридизации климата Республики Молдова». Диссертация доктора геонимических наук, Кишинев, 2018. Введение, четыре главы, общие заключения и рекомендации, библиография из 160 источников, 126 страниц основного текста, 1 приложение, 46 изображения, 29 таблиц. Полученные результаты опубликованы в 11 научных статьях. **Ключевые слова:** аридизация климата, поверхностные воды, климатический дефицит воды, испаряемость, водный баланс, климатические изменения.

Научная область – 166.02 Защита окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов

Цель работы состоит в выявлении зависимости между процессом аридизации и состоянием качества поверхностных вод на территории Республики Молдова в условиях ускоренного ритма климатических изменений. **Задачами работы являются:** выведение экометрических климатических индексов для выявления особенностей процесса аридизации регионального климата; получение логарифма для оценки степени подверженности территории Республики Молдова процессу аридизации; разработка моделей регрессии, выявляющих области, уязвимые для процесса аридизации, что, в свою очередь, влияет на качество поверхностных вод; разработка мер по смягчению экологической ситуации в случае установления значительного периода засушливости. **Научная новизна и оригинальность.** Была создана теоретическая база для оценки поверхностных вод в условиях аридизации регионального климата с научно обоснованным расширенным спектром климатических экометрических индексов, выявляющих аридизацию регионального климата; теоретическое обоснование использования комплексных методов изучения, включая геоинформационные, для выявления пространственного варьирования индексов аридизации климата и качества поверхностных вод; разработка картографических моделей на уровне бассейна, демонстрирующих потребности в воде в условиях аридизации климата.

Научная новизна полученных результатов. Впервые, в условиях Республики Молдова, была разработана информационная база данных, позволяющая выявить влияние аридизации на качество поверхностных вод с научным обоснованием использования спектра климатических экометрических индексов, лежащих в основе выявления степени аридизации климата; разработка картографических моделей для оценки ареалов с высокой степенью подверженности территории к аридизации; комплексное временное моделирование экометрических климатических индексов, характеризующих аридизацию; разработка алгоритма оценки подверженности территории Республики Молдова процессу опустынивания; разработка картографических моделей на уровне бассейна для оценки степени уязвимости территории к процессу аридизации; получение цифровых карт, демонстрирующих ареалы и их нужды в водных ресурсах для поддержания экологического равновесия гидрографического бассейна.

Теоретическая важность и прикладное значение работы. Впервые было дано научное обоснование для использования ряда экометрических индексов, лежащих в основе выявления процесса опустынивания в новых климатических условиях на территории республики Молдова; Были получены цифровые карты на уровне бассейна и локальном, выявляющие ареалы, уязвимые для процесса аридизации. Прикладное значение работы состоит в том, что цифровые карты, демонстрирующие нужды в воде, в плане поддержания экологического баланса на уровне бассейна, имеют применение для корректного менеджмента поверхностных вод и снижения влияния аридизации климата на их качество.

Научные результаты были внедрены в Офисе по Изменению Климата, сертифицированы актом по внедрению.

ANNOTATION

IVANOV Violeta “Surface waters in conditions of climate’s aridization in Republic of Moldova”.

Dissertation of PhD in Geonomics, Chisinau, 2018. Introduction, four chapters, general conclusions and recommendations, bibliography from 160 sources, 126 pages of the main text, 1 appendix, 46 figures, 29 tables. The obtained results were published in 11 scientific articles.

Key-words: aridization of climate, surface waters, climatic water deficit, evaporability, water balance, climatic changes.

Scientific domain - 166.02 Environmental protection and rational usage of natural resources.

The goal of the work consists in revealing the interdependencies between the aridization process and conditions of surface waters quality in Republic of Moldova in the conditions of the accelerated rate of climatic changes. **The objectives of the work** are: to develop a set of econometric climatic indexes for estimation of particularities of regional climate’s aridization; to obtain an algorithm for estimation of Republic of Moldova’s territory’s exposure to aridization process; to elaborate regression models that demonstrate areas that are vulnerable to risks of manifestation of aridization process, having an impact on surface waters; to elaborate a set of measures for addressing the ecological situation in case of installation of significant dry period. **Scientific novelty and originality.** For the first time, a theoretical database for estimation of surface waters in conditions of regional climate’s aridization was created, and a scientific argumentation was given for a widening set of econometric climatic indexes that reveal regional climate’s aridization; a theoretical foundation was elaborated in order to use complex investigation methods, including geoinformational ones, for spatial variability’s estimation of indexes that reveal climate’s aridization and surface waters’ quality; cartographical models of water needs in conditions of climate’s aridization were elaborated on the basinal level.

Scientific novelty of the obtained results. In conditions of Republic of Moldova, an informational database was elaborated, allowing to estimate aridization’s impact on surface waters with: scientific argumentation for usage a specter of econometric climatic indexes that estimate climate’s aridization degree; elaboration of cartographical models that estimate areas with a high level of exposure to aridization process; complex temporal modeling of econometric climatic indexes that characterize aridization; elaboration of an algorithm of estimation of republic of Moldova’s territory’s exposure to aridization process; elaboration of cartographical models on the basinal level in order to estimate the areas that are vulnerable to aridization process; obtaining of digital maps that reveal the areas and their needs of water resources for ecological balance’ maintenance in hydrographical basins.

Theoretical importance and applied value of work. For the first time, a scientific argumentation for using a specter of econometric climatic indexes that estimate aridization process in new climatic conditions on Republic of Moldova’s territory; a set of digital maps on basinal and local levels that reveal the area’s vulnerability to aridization process.

Applied significance of work is demonstrated by the fact that digital maps that reflect the water needs for maintenance of ecological balance on basinal level will be applied for correct management of surface water resources and mitigation of climate’s aridization’ impact on them.

Scientific results that were obtained are implemented in Climatic Changes Office, and certified by an implementation act.

IVANOV VIOLETA

**APELE DE SUPRAFAȚĂ ÎN CONDIȚIILE
ARIDIZĂRII CLIMEI REPUBLICII MOLDOVA**

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

Autoreferatul tezei de doctor în științe geonomice

Aprobat spre tipar 20.07.2018	Formatul hârtiei 60x84 1/16
Hârtie offset. Tipar offset	Tiraj 50 ex
Coli de tipar: 1,7	Comanda nr. 50

Tipografia „I. I. Alina Scorohodova”. MD-2012, Chișinău, str. Armenească, 42A