

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

Conducător științific : Nedelcov Maria m.c., dr.hab.,prof.univ.

Consultant științific: Duca Gheorghe academician, dr.hab., prof.univ.

Autorul: Ivanov Violeta

CHIȘINĂU, 2018

CUPRINS

ADNOTARE.....	3
LISTA ABREVIERILOR.....	6
INTRODUCERE.....	7
1. MONITORINGUL APELOR DE SUPRAFAȚĂ PE TERITORIUL REPUBLICII MOLDOVA	13
1.1 Starea actuală a resurselor de apă de suprafață pe teritoriul Republicii Moldova.....	13
1.2. Politici de mediu privind gestionarea apelor de suprafață în condițiile actuale de mediu.....	29
1.3. Concluzii la capitolul 1.....	37
2. MATERIALE ÎNȚIALE ȘI METODE DE CERCETARE.....	40
2.1. Materiale inițiale.....	40
2.2. Metode de cercetare.....	43
2.3. Concluzii la capitolul 2.....	50
3.EVALUAREA GRADULUI DE ARIDIZARE A CLIMEI REPUBLICII MOLDOVA.....	51
3.1. Analiza temporală a parametrilor climatici ce caracterizează condițiile de aridizare a climei regionale.....	51
3.2. Estimarea gradului de aridizare a climei în baza unor indicatori complecși.....	58
3.3. Expunerea teritoriului Republicii Moldova către procesul de aridizare a climei.....	78
3.4. Concluzii la capitolul 3.....	89
4. IMPACTUL ARIDIZĂRII CLIMEI ASUPRA CALITĂȚII APELOR DE SUPRAFAȚĂ.....	91
4.1. Consecințele aridizării climei asupra calității apelor de suprafață în aspect bazinal ...	91
4.2. Impactul aridizării climei asupra calității apelor apelor râurilor mici.....	105
4.3 Posibilității de redresare a situațiilor ecologice condiționate de aridizarea climei regionale.....	111
4.4. Concluzii la capitolul 4.....	122
CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI.....	124
BIBLIOGRAFIE.....	127
ANEXĂ (ACT DE IMPLEMENTARE).....	139
DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII.....	140
CV-ul AUTORULUI.....	141

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 засухливости.

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 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.

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 Nedecalcov 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

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța problemei abordate. Dezvoltarea durabilă a sistemului socio-economic al Republicii Moldova, în mare măsură, este condiționată de calitatea componentelor de mediu, care asigură menținerea echilibrului ecologic optim atât la nivel regional cât și local. Problemele de mediu cu privire la protecția resurselor de apă prezintă o provocare și necesită politici și măsuri de protecție, iar 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 cea mai 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, s-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 a 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.

Descrierea situației în domeniul de cercetare și identificarea problemelor de cercetare.

Deși, se cunosc o serie de lucrări [5, 6,7, 8, 19, 20, 21, 22, 25, 29,37, 38, 39, 40, 41, 48, 49] la nivel internațional și regional dedicate schimbărilor climatice, mai puțin este cunoscut faptul, care este gradul de aridizare a teritoriului în noile condiții climatice, cum influențează aridizarea și ritmul accelerat de încălzire a climei asupra calității apelor de suprafață în condițiile Republicii Moldova. Necăținând la actualitatea și importanța practică semnificativă a obiectivelor abordate, până în prezent pentru teritoriile cu regim de umiditate instabil, rămâne deschisă problema elaborării bazelor științifice privind manifestarea acestui proces, care ar permite din timp și în complex să evidențieze specificul tendințelor actuale, dar și cele din viitorul apropiat, cu scopul managementului corect a resurselor de apă potabilă [67, 72, 73, 77, 78, 85,138, 139].

De remarcat, că aridizarea în noile condiții climatice necesită luarea în calcul a unor asemenea indici, care ar putea explica adecvat acest proces [142, 145, 147]. Cu atât mai mult, că în condițiile Republicii Moldova pe fondul creșterii temperaturii, se majorează și cantitățile de

precipitații atmosferice [47, 80, 94, 128, 130, 133]. Caracterul variabil al acestora din ultima perioadă de timp, cu instalarea perioadelor uscate și secetoase alternate cu perioade ploioase declanșatoare de inundații, determină selectarea celor mai optimi indici ecometrici, care ar putea explica corect apariția aridizării pronunțate în ultima perioadă de timp. Toate acestea în comun, condiționează efectuarea unor cercetări interdisciplinare cu scopul gestionării corecte a resurselor de apă de suprafață în noile condiții climatice.

Problema de cercetare este condiționată de necesitatea estimării impactului aridizării asupra calității apelor de suprafață.

Scopul și obiectivele lucrării

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 climatici 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 climatici 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 climatici cu aplicabilitate în premieră pentru teritoriul Republicii Moldova (Indicele Lang, Indicele Diekman, Coeficientul Dantin-Revenga) și evidențierea arealeor 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 științifică a rezultatelor obținute. Pentru prima dată, 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 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 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. Pentru prima dată 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 bazinal 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. Unele rezultate științifice au fost implementate în cadrul Oficiului Schimbarea Climei, certificate cu act de implementare.

Aprobarea rezultatelor științifice. Valoarea științifică a cercetării a fost confirmată în cadrul următoarelor conferințe științifice internaționale: Simpozionul internațional “Sisteme Informaționale Geografice”, Iași, Universitatea “Al. I. Cuza”, 28-29 octombrie 2017; 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 “Mediul și dezvoltarea durabilă”, Iași, România, 1-3 iunie 2018.

Sumarul compartimentelor tezei.

Capitolul 1. Monitoringul apelor de suprafață pe teritoriul Republicii Moldova pune în valoare starea actuală a resurselor de apă de suprafață pe teritoriul Republicii Moldova și politicile de mediu privind gestionarea apelor de suprafață în condițiile actuale de mediu. Se constată, că scurgerea apelor de suprafață pe teritoriul Republicii Moldova, înregistrează o tendință de micșorare a valorilor acesteia, cu precădere în ultimii ani, determinată atât de impactul antropic, cât și de intensificarea procesului de aridizare a climei regionale. Estimarea concomitentă a valorilor ce caracterizează scurgerea totală a apelor de suprafață, a precipitațiilor atmosferice și a evaporabilității (cu aceleași unități de măsură, km^3), indică, că aceste valori semnificativ se "distanțează" în timp, mai ales în ultimii ani, când se atestă o tendință de sporire a evaporării pe fondul scăderii cantității precipitațiilor sezoniere. Estimarea intensității și frecvenței de manifestare a scurgerii totale a apelor de suprafață în ultimii 40 ani (1977-2016), relevă faptul, că actualmente, valorile ce caracterizează scurgerea apelor de suprafață sunt sub mediile lor multianuale. Astfel, conform deviației standard (σ) - indicator al "variabilității" scurgerii apelor de suprafață, au fost cuantificate diferite niveluri a scurgerii apelor de suprafață : ($\pm 0.5\sigma$, $\pm \sigma$, $\pm 1.5\sigma$, $\pm 2\sigma$) și elaborat registrul anilor cu grad diferit de scurgere a apelor de suprafață. Drept calificativ inițial în tipizarea acestora a servit devierea standard de $\pm 0.5\sigma$ și respectiv valorile scurgerii anuale a apelor de suprafață (valorile cu $\pm 0.49\sigma$ au calificat anii cu scurgerea normală a apelor de suprafață). Anii cu scurgerea apelor de suprafață moderat semnificativă (respectiv scăzută) se includ în limitele $X \pm 0.5\sigma$. Cuantificarea anilor a scurgerii apelor de suprafață relativ semnificative (scăzute) se includ în limita $X \pm \sigma$. Scurgerea apelor de suprafață semnificativă (respectiv scăzută) este inclusă în limita $X \pm 1.5\sigma$ și pentru valorile scurgerii apelor de suprafață foarte semnificative (foarte scăzute), limita variabilității este de $X \pm 2.0\sigma$.

Identificarea diferitor niveluri a scurgerii apelor de suprafață și elaborarea registrului anilor corespunzători demonstrează, că în ultima perioadă de timp, predomină anii când scurgerile moderat scăzute trec în calificativul scăzute (2012, 2014, 2015), ceea ce fără îndoială, argumentează necesitatea evidențierii aridizării în clima regională și a impactului acesteia asupra calității apelor de suprafață.

Capitolul 2. „Materiale inițiale și metode de cercetare” se scot în evidență indicii ecometrici (în speță, Indicele Diekman, Lang, Coeficientul Dantin-Revenga) ce servesc drept indicatori în estimarea calității mediului. Utilizând ca date de intrare parametrii climatici cum ar fi temperatura și cantitatea precipitațiilor atmosferice precăutate în aspect anual, sezonier sau

lunar, umiditatea aerului, evapotranspirația reală și potențială, acești indici sunt considerați a avea proiecție directă în estimarea gradului de aridizare a unui teritoriu. Se propune elaborarea unei baze informaționale complexe de date care ar reflecta pe de o parte o gamă de indici ecometrici, iar pe de altă parte o serie de indici hidrologici, inclusiv și Indicele de Poluare a Apei, care reflectă starea calității apelor de suprafață de pe teritoriul Republicii Moldova.

Ținând cont de faptul, că ponderea diferitor factori fizico-geografici în manifestarea gradului de aridizare nu este echivalentă, pentru indicii ecometrici supuși studiului, s-a selectat setul de factori “responsabili” pentru “predicția” acestora. Pe măsura selectării factorilor fizico-geografici, s-a urmărit valoarea coeficientului de determinare (R^2) și a nivelului semnificației fiecărui factor în parte introdus în model. Obținerea ecuațiilor de regresie a permis în continuare modelarea și interpretarea spațială a datelor ce reflectă gradul de aridizare a teritoriului Republicii Moldova.

Capitolul 3. „Evaluarea gradului de aridizare a climei Republicii Moldova” se utilizează diferiți indici ecometrici în vederea caracterizării aridizării climei, precum și interpolarea temporală a acestora pe viitor. Creșterea deficitului de umezeală (pe fondul sporirii temperaturilor), condiționează elaborarea unui algoritm de estimare a gradului de expunere a teritoriului țării către procesul de aridizare. S-a demonstrat, că în noile condiții climatice, unii indici cum ar fi Coeficientul Hidrotermic Seleaninov, nu redau condițiile reale de ariditate. De aceea, s-a estimat aportul fiecărui indice climatic ce ar putea caracteriza noile condiții reale, în contextul modificărilor de mediu pronunțate, în speță evidențierea gradului de continentalitate și de ariditate pe teritoriul țării. S-a constatat, spre exemplu, că Indicele Lang scoate în evidență caracterul semiarid și arid al climei în aspect sezonier și lunar. Coeficientul Dantin-Revenga, prin valorile sale, evidențiază caracterul semiarid și arid al climei regionale. În baza Coeficientului Dantin-Revenga, pentru prima dată, are loc elaborarea hărților digitale cu delimitarea arealelor vulnerabile către manifestarea odată în 2 ani și odată în 10 ani secetoși a condițiilor semiaride și aride. S-a realizat zonarea teritoriului, 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 (Anexa 1).

Capitolul 4. „Impactul aridizării climei asupra calității apelor de suprafață” se abordează problema evidențierii impactului aridizării asupra calității apelor de suprafață. Pentru prima dată, are loc elaborarea modelelor regresionale a indicilor ecometrici ce demonstrează

expunerea sporită către procesul de aridizare. A fost evidențiată calitatea apelor de suprafață în anii cu condiții de ariditate semnificativă și estimat rolul aridizării în poluarea acestora. S-a constatat, că în condițiile unor secete severe, 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. Pentru prima dată, s-au elaborat hărțile digitale ce reflectă Deficitul de Apă Climatic (*DEF*) și Indicele de Ariditate (*Ia*) în aspect bazinal, care demonstrează diferențierile spațiale, constatând că cursurile inferioare a râurilor mari, mijlocii și mici însumează cele mai esențiale valori, fapt de care este necesar să se țină cont la luarea măsurilor concrete de ameliorare a situațiilor ecologice rezultate de pe urma aridizării climei. În premieră, la nivel bazinal, au fost elaborate modelele cartografice ce scot în evidență necesarul natural în apă pentru asigurarea unei irigații efective. Astfel, arealele cu necesar sporit în irigare sunt, la fel, cursurile inferioare ale râurilor mari, mijlocii și mici. Toate modelele cartografice elaborate în cadrul acestei lucrări demonstrează, că sudul și sud-estul Republicii Moldova, reprezintă teritoriul cu risc pronunțat și cu o tendință crescută către procesul de aridizare. 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. Descreșterea resurselor de apă, în special, în zonele deficitare, va accentua consecințele lipsei de apă, la nivel național, efectele fiind amplificate de poluare și tehnologii necorespunzătoare. Pentru a mări resursele de apă utilizabile este necesar să se ia măsuri de regularizare a debitelor prin rezervoare de acumulare, care să rețină debitele excendente în perioadele ploioase, pentru a le face disponibile în perioadele secetoase.

Elaborarea hărții digitale a numărului de cazuri, în care s-au atestat cantități de precipitații diurne mai mari de 50 mm, demonstrează prezența sau frecvența semnificativă a cazurilor din sud-vestul țării, ceea ce argumentează recomandările înaintate.

Capitolul 1. MONITORINGUL APELOR DE SUPRAFAȚĂ PE TERITORIUL REPUBLICII MOLDOVA

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

Deși se consideră, că impactul socio-economic în ultimele decenii asupra calității apelor de suprafață este semnificativ, rolul schimbării climei regionale manifestate prin intensificarea procesului de aridizare, joacă un rol aparte [59, 68, 69, 74, 88, 116, 117, 118, 121, 123, 126]. Apele de suprafață de pe teritoriul Republicii Moldova sunt constituite în mare măsură (circa 98% din suprafața totală a resurselor de apă potabilă) din apele bazinului râului Nistru și Prut. Rețeaua de râuri constă din circa 3,6 mii de cursuri de apă cu lungimea totală de circa 16 mii km. Regimul natural al apelor, atât din râurile mari, cât și 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. Aproximativ 100 din rezervoare au o capacitate proprie de păstrare a apei de peste 1 milion m³. De asemenea, în Republica Moldova există două rezervoare mari: Costești-Stânca pe râul Prut (cel mai mare; 678 mil. m³), gestionat în comun de România și Republica Moldova, și Dubăsari (235 mil. m³) pe râul Nistru [4, p.7-15, 24, p.56-87].

Bazinul Hidrografic Nistru ocupă 2/3 din teritoriul țării, are o valoare absolută pentru echilibrul ecologic al țării, cuprinzând în aria sa rezervații naturale, râuri mici, lacuri și alte corpuri de apă. Apa constituie condiția esențială pentru aceste landşafturi și viața sălbatică, și este vitală pentru cei ce locuiesc și muncesc acolo. Au fost făcute multe eforturi conjugate pentru a proteja și menține condiția acestor areale naturale, dar mai rămân o serie de provocări, care trebuie abordate pentru a asigura îmbunătățirile dorite [24, p.63-69].

Bazinul hidrografic Dunărea-Prut și Marea Neagră are o diversitate mare de condiții fizico-geografice, care se datorează structurii sale geologice, caracteristicilor geomorfologice și condițiilor climatice. Cele din urmă, determină în mod semnificativ caracteristicile hidrologice și hidrochimice ale apelor subterane și a celor de suprafață. O caracteristică importantă a bazinului râului Prut o reprezintă originea sa hidrologică montană, astfel încât debitul acestuia e suficient

pentru a provoca inundații frecvente. Suprafața totală a districtului Dunărea-Prut și Marea Neagră, în limitele Republicii Moldova este de 14 770 km², ceea ce reprezintă 43,6% din suprafața țării. Cota absolută maximă a bazinului este de 429,5 m, iar cea minimă - 1,6 m [4, p.7-15].

O abordare necesară cu privire la scurgerea apelor de suprafață pot fi considerate estimările ce țin de o serie de date hidrologice realizate din variabile diferite, inclusiv și de pe bazinele hidrografice separate de pe teritoriul Republicii Moldova. În general, seria de timp poate fi alcătuită din elemente aleatorii, dar și non-aleatorii. Elementele non-aleatorii din serie pot apărea ca una sau mai multe din următoarele componente:

- tendință;
- mișcare aleatorie în jurul tendinței;
- mișcare sezonieră;
- componentă determinantă (măsurată în general de coeficientul de corelație al seriei).

Ideea generală a tendinței este aceea a unei mișcări line, lente a unei serii cronologice ce se extinde pe o perioadă lungă de timp. În seriile cronologice hidrologice, o tendință detectată dintr-o serie dată, se poate datora:

- unei variații încete și continue a condițiilor meteorologice (variații climatice) sau unei variații ciclice periodice lungi a climatului (seria reprezintă o ramură crescătoare sau descrescătoare a unui ciclu);
- unei modificări a condițiilor fizico-geografice ale bazinului datorate în special activității umane.

Primul punct constituie un subiect pentru o analiză climatică complexă, care este extrem de necesară în cazul evidențierii impactului schimbărilor climatice asupra calității apelor de suprafață. Al doilea tip de modificare este permanentă atâta timp cât activitatea umană continuă la același nivel. Aceasta distruge omogenitatea seriei de date și trebuie să fie luată în considerare în evaluarea datelor.

Abordările precise sunt aplicate la nivel general chiar pentru caracterizarea secetei hidrologice.

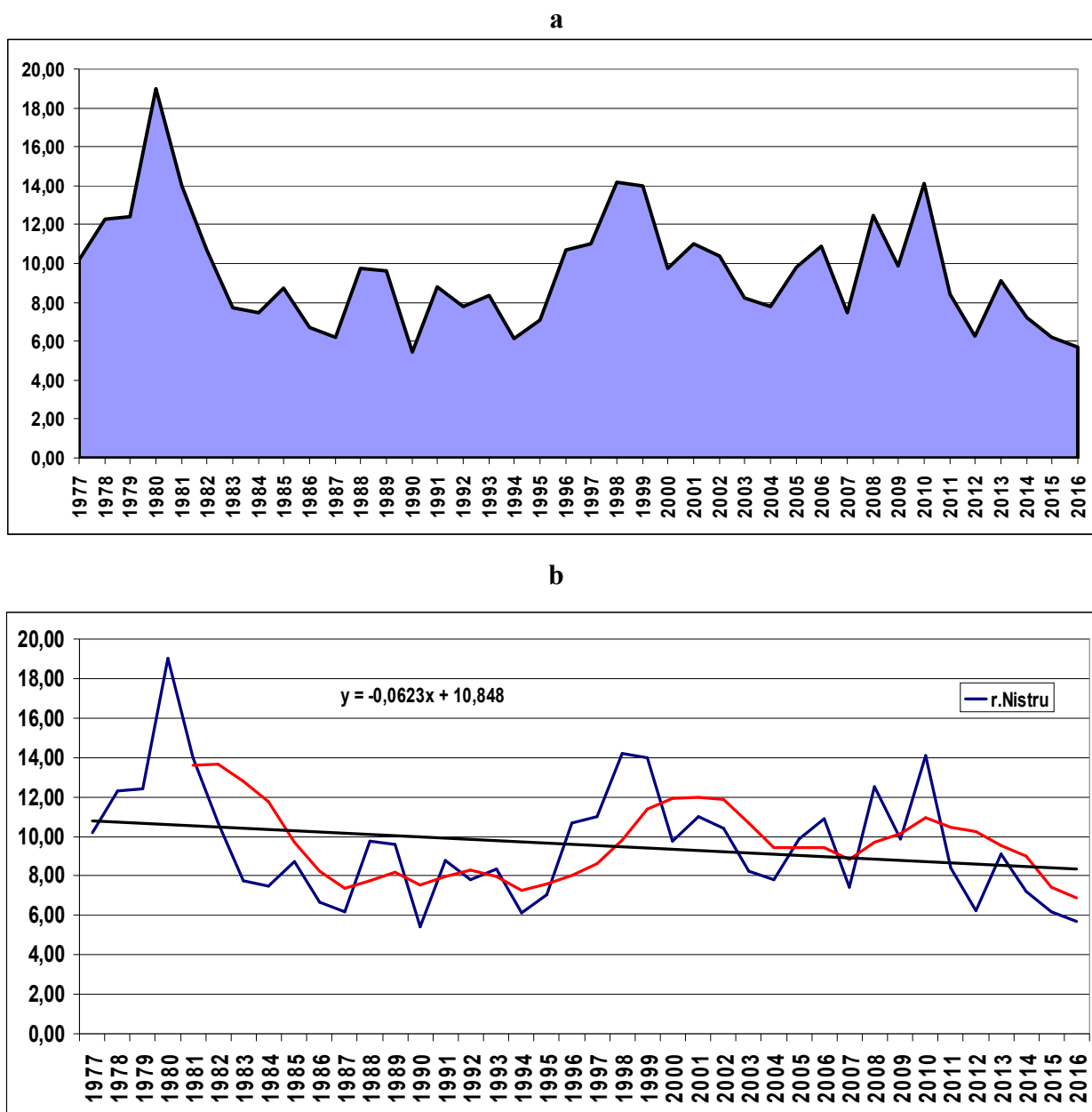


Fig.1.1. Mersul multianual (a) și tendința de modificare (b) a scurgerii totale a apelor (km^3) râului Nistru (1977-2016)

În termeni hidrologici, aceasta este procesată într-un bazin de captare sau de recepție, dar rezultatele ce urmează pot fi generalizate la scară largă cu privire la nevoile de investigare legate de managementul resurselor de apă, cu precădere a celor de suprafață.

Deci, analiza datelor hidrologice oferite de către Serviciul Hidrometeorologic de Stat a permis scoaterea în evidență a mersului multianual a valorilor ce reflectă dinamica scurgerii pe bazine hidrografice aparte și a scurgerii totale pentru ultima perioadă de timp – perioadă (1977-

2016), în care fluctuațiile climatice și procesul de aridizare este esențial. Așadar, în limitele bazinului Nistru se atestă (fig.1.1a, b) o tendință de micșorare a scurgerii cu $-0,0623\text{km}^3/\text{an}$, reieșind din valorile reale ce caracterizează acest parametru hidrologic, ceea ce fără îndoială, că se va rasfrînge asupra stării ecosistemelor naturale în viitoarele decenii, ca și în alte regiuni de pe glob [135, 136, 143, 153, 154, 155, 160].

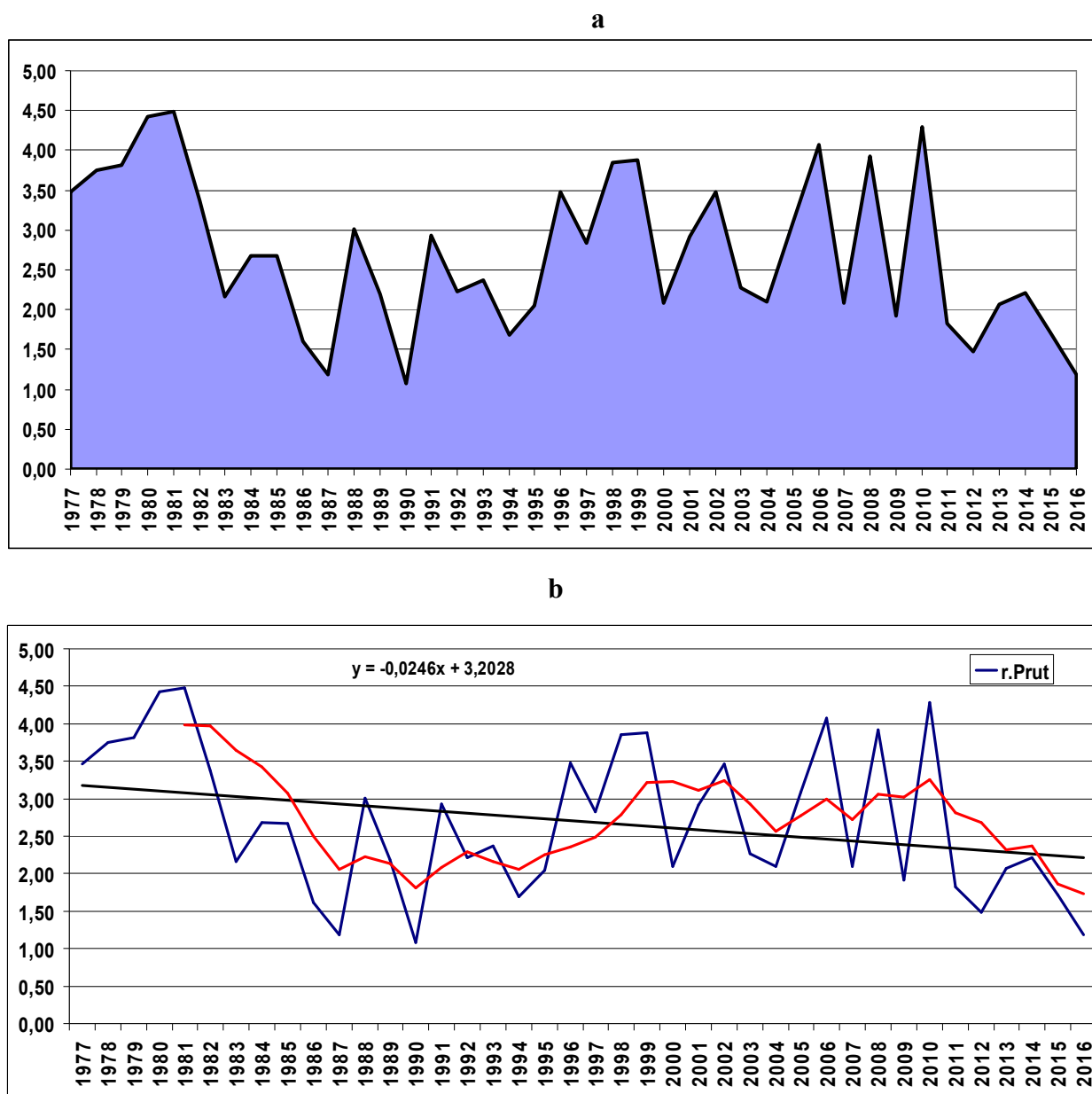


Fig.1.2. Mersul multianual (a) și tendința de modificare (b) a scurgerii totale a apelor (km^3) râului Prut (1977-2016)

Perioada în care valorile scurgerii au fost sub linia trendului aparțin anilor 1982-1998 și ultimilor ani (2011-2016), explicat în mare măsură prin factorul antropic, dar și natural, și anume,

repetarea anilor secetoși cu regularitate și a instalării secetelor hidrologice semnificative [3 p.6-13, 15, p.170, 17, 36].

Practic aceeași tendință se păstrează și în cazul valorilor ce caracterizează scurgerea din cadrul bazinului Prut, doar că aceste paritularități sunt mult mai pronunțate, comparativ cu datele expuse anterior.

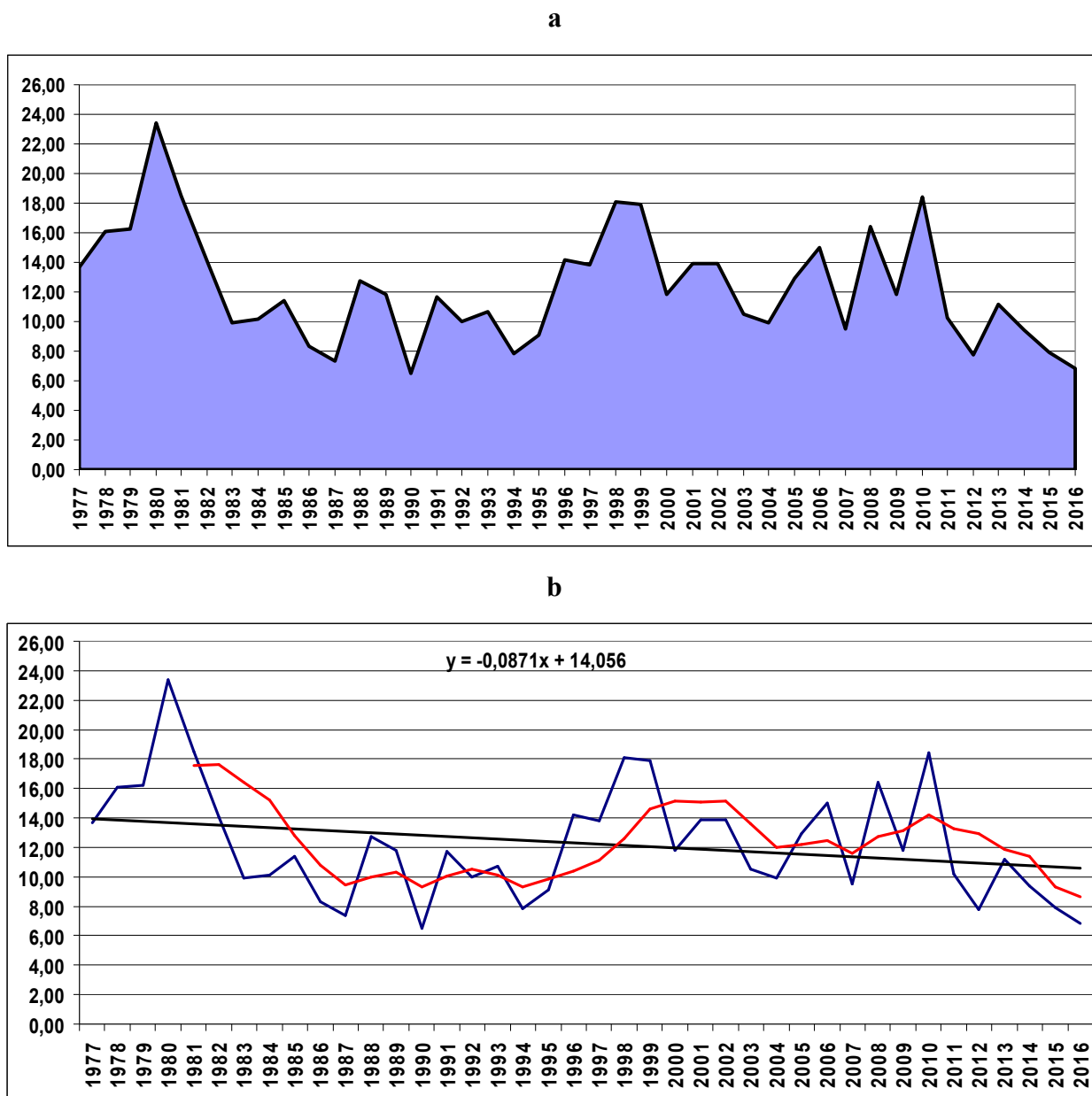


Fig.1.3. Mersul multianual (a) și tendința de modificare (b) a scurgerii totale a apelor de suprafață (km³), pe teritoriul Republicii Moldova (1977-2016)

Astfel, în limitele bazinului Prut se atestă o tendință de micșorare a scurgerii, dar mai pronunțată, comparativ cu cea din cadrul bazinului Nistru (fig.1.2a, b). Considerăm că valoarea de -0,0246 km³/an, reieșind din valorile reale ce caracterizează acest parametru hidrologic,

reflectă și impactul manifestării perioadelor secetoase și îndelungate din cadrul acestui bazin, evidențiate în cercetările regionale și internaționale [74, 80, 81, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 102, 103, 104, 105].

Așadar, în limitele teritoriului Republicii Moldova se observă o tendință de scădere a scurgerii totale de la 14 km³ la sfârșitul anilor 70 ai secolului XX până la 6-8 km³ în ultimii ani.

Perioada cu cele mai scăzute valori este aceeași: 1982-1998 și 2011-2016, iar scurgerea totală din ultimii ani este mai scăzută, cu valori de doar 7.7-9.4 km³, față de media multianuală de 12,26 km³ calculată pentru perioada anilor 1977-2016 (fig.1.3a,b).

Analiza concomitentă a dinamicii scurgerii totale, a precipitațiilor atmosferice și a evaporării medii din suma evaporării sezoniere în km³, relevă faptul, că valorile acestor

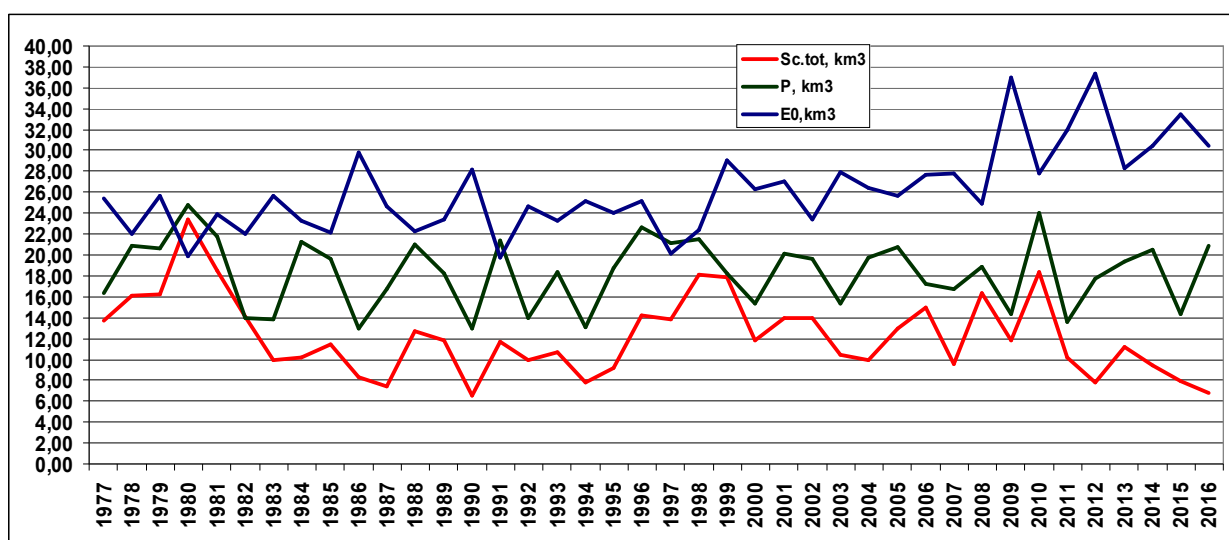


Fig.1.4. *Dinamica (1977-2016) scurgerii totale a apelor de suprafață, a precipitațiilor atmosferice și a evaporării medii din suma evaporării sezoniere, km³*

parametri, începînd cu 2010 substanțial se "distanțează" ceea ce demonstrează, că specificul bilanțului de apă în condițiile Republicii Moldova (fig.1.4) este cu totul diferit, comparativ cu alte perioade de timp.

Așadar, în limitele Republicii Moldova, în aspect sezonier, se atestă o tendință de scădere a cantității precipitațiilor atmosferice cu -0,0103 km³/an (fig.1.5a) și o creștere semnificativă a valorilor ce caracterizează evaporarea medie din suma evaporării sezoniere cu 0,2293 km³/an. Cele mai esențiale valori de 31-37 km³ aceasta înregistrează în anii 2009, 2011, 2012, 2014 față de media multianuală de 25,9 km³. Deci, nu există nici o îndoială, că sporirea gradului de evaporare, va influența negativ bilanțul resurselor de apă și în viitorii ani apropiați.

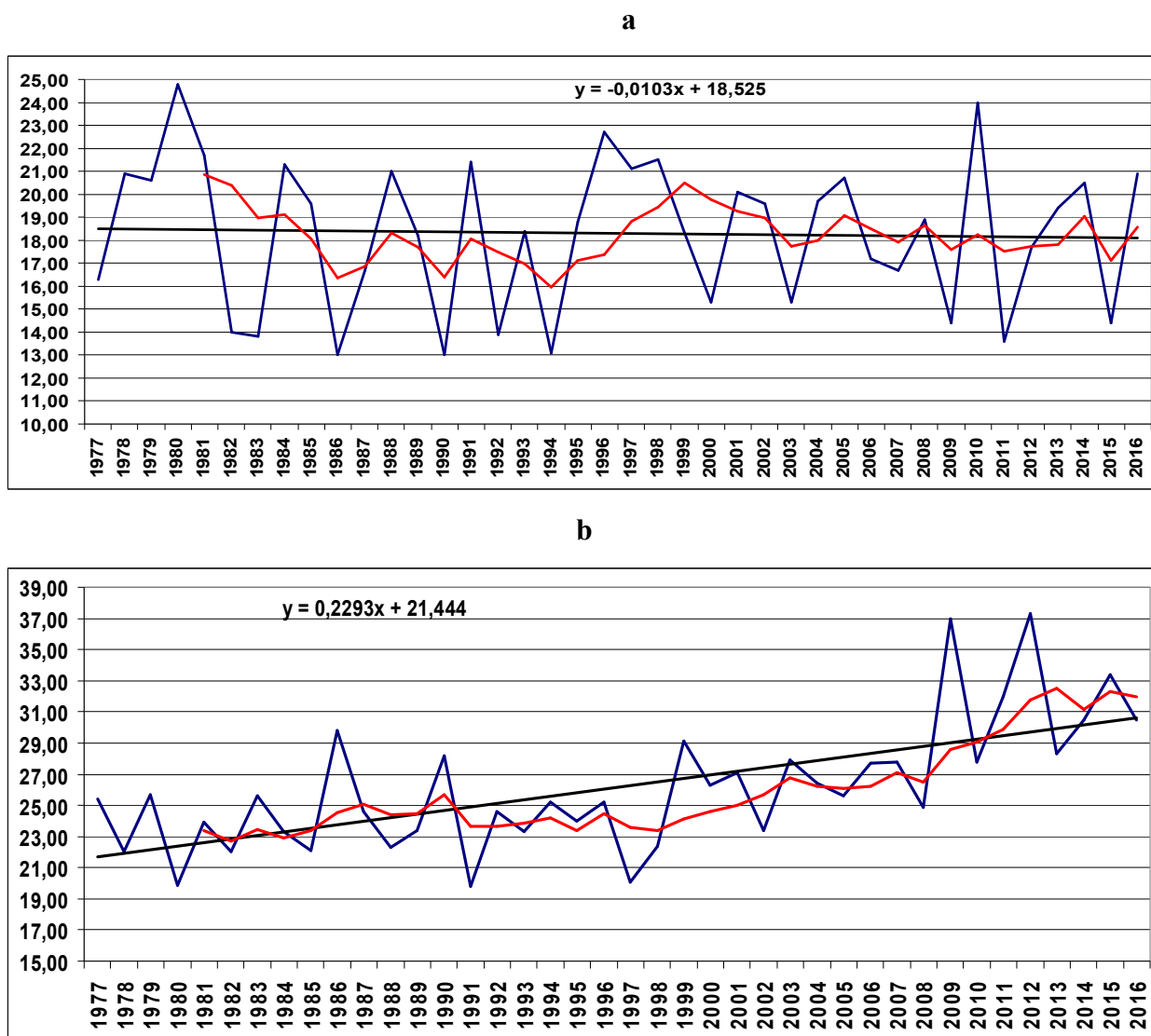


Fig. 1.5. *Cantitatea precipitațiilor atmosferice (a) și evaporarea medie din suma evaporării sezoniere (b), km³*

În același timp, constatăm că caracteristicile scurgerii diferă de la sezon la sezon, de la lună la lună, ceea ce este extrem de importantă estimarea acestora. Așadar, scurgerea de primăvară (niveluri și debite de apă înalte) în general sunt determinate de rezervele de zăpadă acumulate în perioada de iarnă. Sunt importante, de asemenea, condițiile de topire a zăpezii și de scurgere a apelor provenite din topirea zăpezilor și din ploi. Acești factori și combinația lor sunt luați în vedere pentru fiecare an în parte. Spre exemplu, în iarna din anii 2015-2016, în bazinele cursurilor superioare ale râurilor Nistru și Prut (Ucraina), condițiile meteorologice au determinat formarea nivelurilor și debitelor joase de apă în comparație cu indicii medii multianuali. Potrivit, datelor Servicului Hidrometeorologic de Stat, [3, p.7-21], luna martie este luna în care se manifestă *apele mari de primăvară* - fenomen hidrologic ce se caracterizează prin creșteri lente de nivel al apei în râu, de lungă durată, care se repetă relativ periodic (în același anotimp),

condiționate de topirea zăpezilor și ploii suprapuse din bazinele râurilor de câmpie primăvara, la fel și de topirea zăpezilor și ploii suprapuse primăvara-vara în munți; drept consecință a lor sunt inundate terenurile joase, ca regulă albia majoră a râurilor. Cele mai timpurii termene ale începutului *apelor mari de primăvară* se atribuie decadei a III-a a lunii ianuarie (anii 1977, 1979, 1981, 2002), iar cele mai târzii- se atribuie decadei a treia a lunii martie - prima decadă a lunii aprilie (anii 1973, 1977, 1980, 1989, 1991, 1993, 1996, 1998, 2005, 2006). În cazul termenelor timpurii ale începutului *apelor mari de primăvară*, în luna martie deja se observă și viiturile pluviale, numărul cărora comparativ cu luna februarie crește în medie de 2 - 3 ori. Considerăm, că construcția lacurilor de acumulare a *apelor mari de primăvară* ar putea asigura teritoriile aderente cu apa necesară în irigație în lunile premărgătoare, când se poate atesta un deficit pluviometric. Astfel, spre exemplu, pentru toată perioada de observații scurgerea scăzută a apei r. Bîc, cu valori de 3,0-10,0% din normă, s-a înregistrat în anii 1968 (2,9%), 1974 (3,2%), 1975 (5,5%), 2007 (9,3%), 2008 (7,82%) și 2010 (2,23%) din valorile medii multianuale. În același timp, prezența lacurilor de acumulare, ar putea stoca apele de viitură și din anotimpul de vară cu scopul utilizării acestora în perioadele uscate care se alternează cu cele umede regulat în condițiile Republicii Moldova. Pe lângă aversele de ploaie observate în lunile de vară, se mai instalează și *etiajul de vară*, care reprezintă nu altceva decît menținerea cel puțin 10 zile sub normă a nivelului și debitului scurgerii apei în râuri, menționăm, că acest fenomen se poate păstra și în anotimpul de toamnă.

Ținînd cont de faptul, că în cercetările anterioare [14, 18, 22, 47, 127, 132, 134] se demonstrează majorarea temperaturilor de vară și de toamnă pe fondul descreșterii precipitațiilor atmosferice, considerăm, că această tendință se va păstra și în viitor.

Tabelul 1.1. Indici statistici ce caracterizează scurgerea totală a apelor de suprafață (km³)

Indicii statistici	
X	12,26
Σ	3,8
Cv	30,8%
Valoarea minimă	6,51
Valoarea maximă	23,4

Așadar, indici statisticii ce caracterizează scurgerea totală a apelor de suprafață în limitele teritoriului Republicii Moldova (tab.1.1) relevă faptul, că pe parcursul ultimilor 40 ani (1977-2016) aceasta este de $12,26 \text{ km}^3$.

Variabilitatea semnificativă a scurgerii totale de la an la an este explicată și prin valorile deviației standard (3,8) de la norma climatică, dar și a coeficientului de variație (30,8%) semnificativ.

Filtarea șirului statistic de date [42, 44, 51, 52, 60, 62, 65, 66] în limitele celor trei sigma scoate în evidență diapazonul variabilității scurgerii totale în care se observă că de-a lungul liniei centrale numărul de cazuri este nesemnificativ (fig.1.6).

La etapa actuală, sunt cunoscute o serie de lucrări științifice la nivel național și internațional [19, 32, 47, 50, 51], care scot în evidență esența variabilității unui proces sau fenomen, explicat statistic prin deviația standard de la norma climatică studiată. Funcția cumulativă a evenimentelor $F(\tau)$, însă, oferă posibilitatea destul de reprezentativă să cercetăm tendințele sistematice ale modificării în timp a fluxului puasonic. În legătură cu aceasta, ținem să reamintim că, relația de aderență a funcției ΔF pentru procesul Puason în timpul observațiilor $(\Delta F/\Delta \tau)$ este nu altceva decât valoarea medie a intensității torentului de evenimente λ care caracterizează procesul de aridizare sau scurgerea apelor de suprafață. Dacă alegem un $\Delta \tau$ foarte mic (scurt), se poate vorbi despre o valoare diferențiată a intensității torentului λ_D și a variațiunilor ei în timp $\lambda_D(\tau)$, cât și despre o valoare integrală a lor λ pentru întreaga perioadă de observații.

Numai o analiză amănunțită a mersului temporal a seriilor de timp permite să scoatem în evidență, în cazul dat, variabilitatea semnificativă a scurgerii totale a apelor de suprafață. Diferențierile totale manifestate în timp pentru perioade aparte de observații, condiționează în careva măsură valorile intensității torentului de fenomene extreme. În așa mod, periodicitatea (în trepte) funcției dovedește un proces de majorare și micșorare a „refuzurilor” în funcționarea proceselor, care determină valorile extremelor înregistrate în seriile de timp.

Astfel, conform [19, p.248] indicator al "variabilității" scurgerii apelor de suprafață, a servit deviația standard cu următoare expresii a ei valorică : $\pm 0.5\sigma$, $\pm \sigma$, $\pm 1.5\sigma$, $\pm 2\sigma$. Drept calificativ inițial în tipizarea acestora a servit devierea standard de $\pm 0.5\sigma$ și respectiv valorile scurgerii anuale a apelor de suprafață. Valorile cu $\pm 0.49\sigma$ au calificat anii cu scurgerea normală a apelor de suprafață. Valorile scurgerii apelor de suprafață *moderat semnificativă* (respectiv

moderat scăzută) se includ în limitele $X \pm 0.5\sigma$, cele *relativ semnificative (relativ scăzute)* se includ 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 variabilității este de $X \pm 2.0\sigma$.

Această cuantificare a variabilității scurgerii apelor de suprafață în limitele Republicii Moldova a permis să se elaboreze registrul anilor cu diferit grad de scurgere a apelor de suprafață.

Astfel, conform tabelului 1.2 conchidem, că anii cu scurgeri moderat semnificative s-au atestat în 1978, 1979, 1980, 1981, ultimii 3 ani trecînd și în calificativul anilor cu scurgeri semnificative. În aspect temporal, observăm că asemenea ani pe axa timpului în ultima perioadă de timp au fost și anii 2008 și 2010.

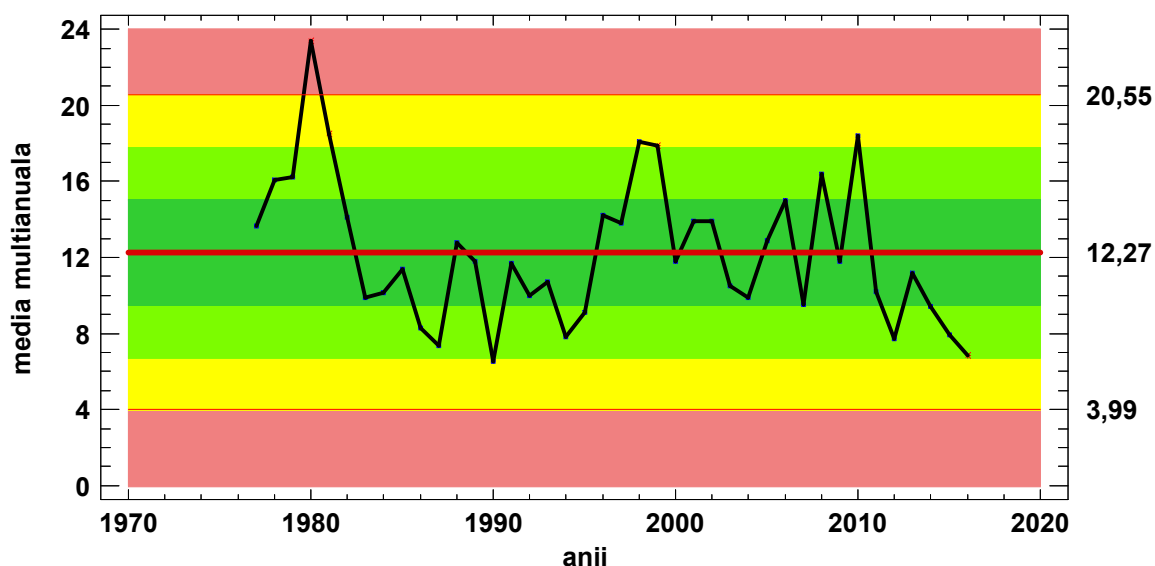


Fig. 1.6. Variabilitatea anuală a scurgerii totale, km^3

Scurgeri moderat scăzute s-au atestat în anii 1983, 1984, 1986, 1987, 1990, 1992, 1994, 1995, 2004, 2007, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016. În ultimele decenii, calificativul scurgerii a fost estimat ca scăzut, ceea ce încă odată, argumentează înaintarea cercetărilor propuse.

Alternarea scurgerii antipode "semnificative-scăzute" a apelor de suprafață caracteristică anilor 2012, 2015, 2016, încă odată confirmă faptul, că ne aflăm în pragul unor schimbări climatice substanțiale [13, 14, 19, 26, 79, 86, 87, 99, 101, 106, 107, 108, 112, 113, 114].

Tabelul 1.2. Registrul anilor cu scurgerea totală semnificativă și 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

Conform graficului quantile (fig.1.7) observăm, că ponderea extremelor la limita valorilor scăzute (adică a scurgerilor cu nivel scăzut) se distribuie proporțional, ceea ce indică "acumularea în timp" a anilor, când valorile scurgerii totale sunt sub media multianuală. De aceea considerăm, că pe lângă impactul antropic este însemnat și rolul aridizării în scăderea scurgerii apelor de suprafață.

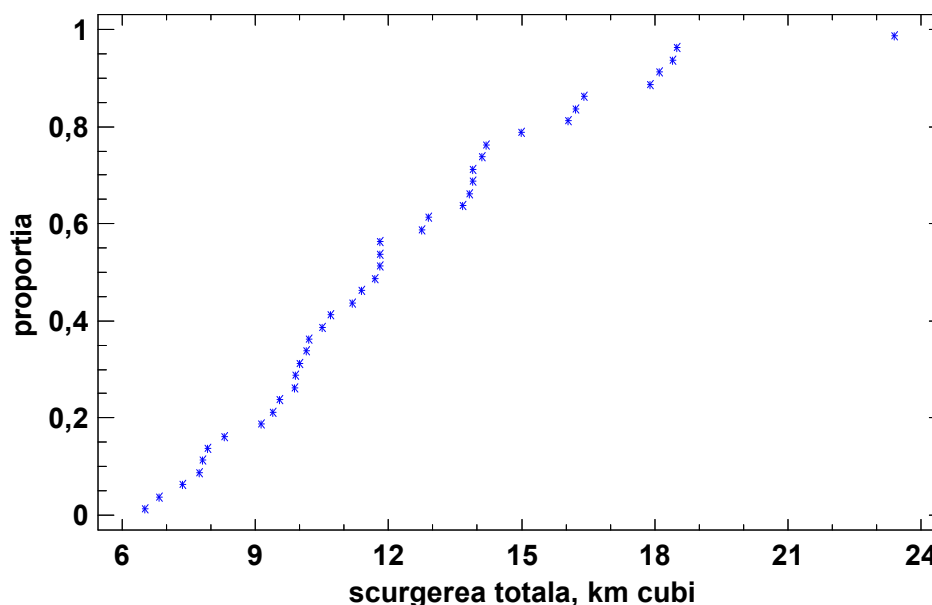


Fig. 1.7. *Graficul quantile privind scurgerea totală, km³ pe teritoriul Republicii Moldova*

Analiza frecvenței și intensității valorilor empirice ce caracterizează scurgerea totală în limitele teritoriului Republicii Moldova (tab.1.3) confirmă cele relatate mai sus. Datele incluse în tabel indică la frecvența majoră a anilor în care scurgerea este sub nivelul normei climatice. Rezultatele obținute sunt extrem de necesare în vederea estimării impactului aridizării asupra calității apelor de suprafață.

Tabelul 1.3. Intensitatea și frecvența scurgerii totale în Republica Moldova, km³(1977-2016)

Clasa	Limita inferioară	Limita superioară	Frecvența	Frecvența relativă
1	5,8	7,3	2	0,0500
2	7,3	8,8	5	0,1250
3	8,8	10,2	8	0,2000
4	10,2	11,7	5	0,1250
5	11,7	13,2	5	0,1250
6	13,2	14,7	6	0,1500
7	14,7	16,1	2	0,0500
8	16,1	17,6	2	0,0500
9	17,6	19,1	4	0,1000
10	19,1	20,5	0	0,0000
11	20,5	22,0	0	0,0000
			1	

Analiza percentilelor demonstrează faptul (tab1.4), că odată în 10 ani scurgerea totală pe teritoriul Republicii Moldova poate însuma valori doar de 7,7 km³ și totodată, în perioadele mai umede (percentila de 90%), această valoare poate constitui 18,0 km³, față de media multianuală de 12,26. Important, însă la părerea noastră, prezintă și valorile ce indică modul de scurgere a apelor de suprafață odată în 4 ani (percentilele de 75% și 25%) cu condiții climatice diferite. Așadar, odată în 4 ani uscați (percentila 25%) valorile scurgerii totale a apelor de suprafață poate constitui 9,7 km³.

Tabelul 1.4. Percentilele scurgerii totale a apelor de suprafață în Republica Moldova, km³(1977-2016)

Percentilele	Scurgerea totală
1,0%	6,5
5,0%	7,0
10,0%	7,7
25,0%	9,7
50,0%	11,7
75,0%	14,1
90,0%	18,0
95,0%	18,4
99,0%	23,4

Ținând cont de faptul, că teritoriul Europei de Sud-Est, reprezintă una dintre zonele cele mai expuse aridizării, este necesară estimarea acestui proces în baza unor indicatori ecometrici adecvați. Cu atât mai mult, că în ultimele decade, daunele cauzate de secetă și aridizare au avut un impact major asupra economiei și bunăstării populației. Managementul adecvat al resurselor de apă, va fi posibil, doar prin utilizarea cunoștințelor avansate despre originea, cantitatea și calitatea acestora. Prin informarea, consilierea și atenționarea regulată a publicului cu privire la viitoarea variabilitate a resurselor de apă, va facilita executarea primilor pași în îmbunătățirea condițiilor actuale din cadrul acestui areal.

Cu toate că nu există nici o definiție unică și universal valabilă a vulnerabilității și riscului procesului de aridizare, în toate rezultatele cercetărilor existente [1, 9, 10, 11, 30, 31, 32, 33, 128, 131, 134, 140, 149, 152, 156, 159], se expune ideea cunoașterii vulnerabilității la deficitul de apă și secetă, acestea fiind cauzate atât de factorii naturali, cât și antropici.

Conform Grupului de Experți Interguvernamentali cu privire la Schimbările Climatice "Vulnerabilitatea reprezintă gradul în care unui sistem îi este dificil sau este incapabil să se descurce cu efectele adverse ale schimbării climatice, inclusiv variabilitatea și extremele climei [106, 107, 108]. Vulnerabilitatea este o funcție a variației caracterului, magnitudinii și

coeficientului climatic la care un sistem este expus, a sensibilității și a capacității sale de adaptare" [106]. Din acest punct de vedere, două principale aspecte ale vulnerabilității și riscului de secetă sunt luate în considerare, precum agricultura și resursele de apă, dar și vulnerabilitatea sistemelor de furnizare a apei.

Conceptul de risc reprezintă un element cheie în cadrul unei abordări probabilistice a managementului resurselor de apă. Două definiții pot fi împărțite, pe larg, în două mari categorii: "Riscul definit ca probabilitatea unei evenimente adverse și riscul definit ca consecințele așteptate ale unui eveniment advers" [140, p.325-347, 141, p.233-246]. În teoria probabilității, riscul este definit ca "probabilitatea de nereușită a unui sistem aflat sub investigație". Cea de-a doua categorie include definițiile elaborate în cadrul strategiilor pentru atenuarea dezastrelor naturale și a planurilor de gestionare a resurselor de apă la nivel de bazin hidrografic. Menționăm, că actualmente în Republica Moldova, are loc armonizarea legislației în domeniul apelor la Directiva Cadru Apă a Uniunii Europene.

La etapa actuală, Directiva Cadru a Apei, a Uniunii Europene (DCA), reprezintă piatra de temelie în istoria politicilor de apă din Europa. Ea stabilește un cadru comun pentru managementul durabil și integrat al tuturor corpurilor de apă (apa subterană, apele de suprafață interioare, apele tranzitorii și apele costiere), care ca toți factorii de impact cât și implicațiile economice să fie luate în considerare. În acest sens, Directiva necesită stabilirea unui program de măsuri cu scopul îmbunătățirii stării calității apei. Obiectivul fundamental al Directivei este atingerea unei „stări bune” a tuturor corpurilor de apă de suprafață și subterane din Statele Membre ale Uniunii Europene și țările asociate până în 2015. Definirea „stării bune” se bazează pe un nou concept de calitate ecologică care ia în considerare caracteristicile biologice, chimice și fizice. Pentru apele subterane include starea cantitativă. Factorul cheie al Directivei Cadru a Apei este „integrarea” care ia în considerare toți factorii naturali și umani care pot influența cantitatea și calitatea resurselor de apă. Noua strategie de monitorizare și caracterizare a calității apelor se bazează pe un nou concept de monitoring integrat al apelor ce presupune o triplă integrare [2, 11] a ariilor de investigare la nivel de bazin hidrografic: ape de suprafață în regim natural (râuri, lacuri, ape de tranziție/ape salmastre, ape marine litorale), ape de suprafață artificiale sau ape cu regim puternic modificat antropic, ape subterane, arii protejate, etc. Deși managementul integrat al apei a reprezentat scopul final pentru o perioadă lungă de timp, există în prezent o încurajare legislativă pentru implementarea completă a acestui concept într-un timp cât mai scurt. Fiecare bazin hidrografic prezintă o serie de caracteristici individuale, acest fapt, conducând la adoptarea unor măsuri de management specifice. Fundamentarea acestor măsuri poate fi realizat doar în urma analizei situației în teren, abordând o strategie generică valabilă pentru toate bazinele hidrografice. Elementele revoluționare pe care le aduce

DCA sunt: realizarea Planului de management al apelor pe bazin hidrografic și caracterizarea stării apelor în categorii de calitate.

Scopul principal al acestei Directive constă în atingerea unei stări bune a tuturor resurselor de apă și asigură o abordare inovatoare în ceea ce privește gestionarea resurselor de apă bazată pe o abordare bazinală, luând în considerare limitele naturale ale bazinelor hidrografice.

La nivel național, adaptarea și armonizarea DCA este reflectată în Legea Apelor a Republicii Moldova, care a intrat în vigoare la 26.10.2013, iar printre obiectivele, atât a Directivei Cadru Apa, cât și a Legii Apelor Republicii Moldova, un rol primordial revine elaborării Planurilor de gestionare a bazinelor hidrografice (PGBH). Unul dintre aceste Planuri recent a fost elaborat pentru bazinul hidrografic Dunărea-Prut și Marea Neagră din limitele Republicii Moldova pentru perioada anilor 2017-2022 [4, p.7-15].

Așadar, ritmul accelerat al schimbărilor climatice din ultimii ani pe teritoriul Republicii Moldova și incapacitatea multor activități cotidiene de a se adapta către aceste schimbări, permite să se concluzioneze faptul, că ne aflăm în pragul unor schimbări climatice substanțiale cu consecințe imprevizibile asupra dezvoltării durabile. Cercetările regionale [20, 22, 132, 134] obținute relevă faptul, că pe parcursul observațiilor instrumentale (1887-2010 pentru regimul termic și 1891-2010 pentru regimul precipitațiilor atmosferice), aceste schimbări devin a fi evidente în ultimile două decenii. Completarea șirului statistic de date, însă, cu ultimii 5 ani (1887-2015 și 1891-2015 corespunzător), demonstrează, că valorile empirice pentru unii indici climatici au fost unele din cele mai semnificative pe parcursul întregului șir de valori empirice.

Cercetările cunoscute în aspect regional [22, p.204], demonstrează că luarea în calcul a ultimilor ani, este extrem de importantă, deoarece anume aceștea își lasă amprenta asupra manifestării extremelor termice și pluviale semnificative. Astfel, în aspect regional, pentru o perioadă de 130 de ani (1887-2017), pe teritoriul Republicii Moldova temperatura medie anuală - indicator al procesului de încălzire constituie $0,0129^{\circ}\text{C}/\text{an}$.

Deși s-ar părea, că ne încadrăm în "culoarul schimbărilor climatice așteptate", rezultatele științifice obținute demonstrează un ritm de "încălzire" cu mult mai pronunțat [20, p.67-178, 132, p.133-140] în ultimele decenii. Anomaliile termice anuale relevă faptul, că acestea se caracterizează prin predominarea celor cu semn pozitiv, intensitatea cărora crește semnificativ în ultimii 18 ani (2000-2017). Devierile termice, practic anual, au fost cele mai esențiale în seria observațiilor instrumentale (1887-2017). Această concluzie se confirmă și prin estimarea comparativă a valorilor ce caracterizează cei mai reci și cei mai calzi ani manifestați pe teritoriul Republicii Moldova pentru două intervale de timp cercetate (1887-2010 și 1887-2017). Astfel, se

constată o "păstrare" în timp a valorilor ce caracterizează cei mai reci ani și o modificare esențială a celor mai calzi ani, înregistrați în seria observațiilor instrumentale.

Cele mai scăzute valori termice ale anului rămân neschimbate ca și în cazul rezultatelor cercetărilor incluse în Atlasul Resursele Climatice ale Republicii Moldova [22, p.204]. În cazul celor mai calzi ani, anul 2007, rămîne a fi cel mai cald din seria observațiilor instrumentale (1887-2017), după care se poziționează anul 2015, 2017 și 2016 cu valori termice semnificative. Deci, ultimii trei ani au înregistrat unele din cele mai înalte valori, ceea ce încă odată putem constata că schimbările climatice sunt substanțiale. Anul 2009 se plasează pe locul cinci, comparativ cu perioada precedentă studiată. Manifestarea trei ani de-a rîndul (2015, 2016, 2017) a valorilor termice înalte determină ca anul 2012, să reprezinte limita temporală a anilor extremi de calzi, cînd temperatura medie anuală a constituit $11,2^{\circ}\text{C}$ față de media multianuală de $9,6^{\circ}\text{C}$. Remarcăm faptul, că anul 2013, care este plasat peste limita- top a anilor extremi de calzi, la fel, a înregistrat valori ridicate ($11,1^{\circ}\text{C}$). Dacă, conform [22, 134], în ultimele două decenii manifestarea anilor foarte calzi anii a avut o repetabilitate de odată în 2 ani, cu includerea ultimilor 6 ani constatăm, că 8 ani din topul celor 10 foarte calzi (din seria de timp 1887-2017), aparțin perioadei anilor 2000-2017 (2007, 2015, 2016, 2017, 2009, 2008, 2000, 2012). Cel de-al 11 an este 2013, care în perioada anterior studiată (1887-2016) se poziționa pe locul 10 ani în topul anilor extremi de calzi. Remarcăm, la ponderea semnificativă pe care o au ultimii trei ani în estimarea tendinței de încălzire a climei la nivel regional. Astfel, doar cu includerea ultimului an 2017 valorile trendului cresc cu $0,0006^{\circ}\text{C}$, adică de la $0,0123^{\circ}\text{C}/\text{an}$ (1887-2016) la $0,0129^{\circ}\text{C}/\text{an}$ (1887-2017), pentru toată seria observațiilor instrumentale.

Cele menționate, încă odată demonstrează faptul, că schimbările climatice persistă cu o tendință pronunțată de încălzire, fapt de care trebuie să se țină cont în cazul utilizării adecvate a resurselor de apă potabilă.

Potrivit [22, p.204], în limitele Republicii Moldova, pentru viitoarele decenii (2016-2035) se proiectează o majorare a temperaturii medii anuale cu aproximativ $1,5...2,0^{\circ}\text{C}$. Harta digitală ce reflectă repartiția spațială a temperaturii medii anuale în viitorii ani apropiați (perioada anilor 2016-2035) demonstrează, că în extremitatea de sud și sud-est, aceasta, ar putea constitui peste $12,5^{\circ}\text{C}$. În partea de nord a țării, temperatura medie anuală ar putea atinge valori de $10,5-11,0^{\circ}\text{C}$. Remarcăm faptul, că potrivit modelului cartografic elaborat pentru perioada de timp 1986-2005 (perioadă de referință inclusă în cercetările internaționale) în partea de sud și sud-est, temperatura medie anuală a constituit $10,5-11,0^{\circ}\text{C}$ și numai în partea de nord și la altitudini- aceasta a variat în limitele $9,5-10,0^{\circ}\text{C}$, fiind aproape de norma climatică ($9,6^{\circ}\text{C}$) a acestei valori.

Marea variabilitate climatică din ultimele decenii [20, p.141-144, 22, p.204], precum și proiecțiile climatice privind regimul termic și al precipitațiilor atmosferice pentru viitorii ani

aproiați, relevă faptul că cele mai vulnerabile teritorii către schimbările climatice sunt arealele situate în cursurile inferioare din cadrul bazinelor râurilor mari și a celor mici, unde în viitorii ani apropiați (2016-2035) se așteaptă o creștere semnificativă a temperaturii medii anuale (cu 0,9°C) și o scădere a cantității anuale a precipitațiilor atmosferice (cu 10%), conform scenariului RCP4.5 (propus de către IPCC) în ultimul său Raport de Evaluare a Schimbărilor Climatice.

Deci, teritoriul cel mai vulnerabil către schimbările climatice este situat în mare parte în limitele bazinului Dunării și al Mării Negre, a cursurilor inferioare din cadrul bazinelor Prut și Nistru (în limitele Republicii Moldova). Dar tot acest teritoriu este slab asigurat cu resurse de apă, mai ales în anotimpul cald, când gradul de evaporabilitate este semnificativ, comparativ cu restul teritoriului [13, p.182-186].

La părerea noastră, în vederea unei adaptări adecvate către schimbările climei regionale, este extrem de important să se cunoască particularitățile regionale actuale de manifestare a climei, cea din urmă trebuie să fie evidențiată continuu, asigurând consumatorul de informație climatică cu date actualizate.

Modificările climatice menționate, a determinat Guvernul republicii să adopte un șir de acte legislative în scopul atenuării efectelor de schimbare climatică. Astfel, Strategia Republicii Moldova de adaptare la schimbarea climei până în anul 2020 și Planul de acțiuni pentru implementarea acesteia presupun un sistem de acțiuni de adaptare la nivel național, regional și local. Printre acestea, pot fi menționate: sensibilizarea publicului; crearea fâșiilor forestiere pentru protecția terenurilor agricole, drumurilor și apelor; intensificarea procesului de extindere a teritoriilor acoperite cu vegetație forestieră și de reconstrucție ecologică a pădurilor, crearea coridoarelor de interconexiune între masivele împădurite; reevaluarea resurselor de apă la nivelul bazinelor și sub-bazinelor hidrografice în condițiile schimbărilor climatice [132, p.1-12, 134, p.13-20].

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

Dezvoltarea durabilă a sistemului socio-economic al Republicii Moldova, în mare măsură, este condiționată de calitatea componentelor de mediu, care asigură menținerea echilibrului ecologic optim atât la nivel regional cât și local. Problemele de mediu cu privire la protecția resurselor de apă prezintă o provocare 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 [102, p.11-13]. În lucrarea dată este efectuată o analiză detaliată a reglementărilor în vigoare ce țin de protecția componentelor naturale, având ca argument în menținerea și ameliorarea calității acestora, în

scopul evitării unor efecte negative asupra mediului ambiant, sănătății omului și a bunurilor materiale.

Se cunoaște, că resursele de apă reprezintă un element indispensabil pentru societate, materie primă, pentru activități productive, sursă de energie și cale de transport, fiind un factor determinant în menținerea echilibrului ecologic, pentru existența vieții și desfășurarea tuturor activităților umane. La nivel global există Parteneriatul Global al Apei (GWP), fondat în 1996, care reprezintă o rețea internațională deschisă tuturor organizațiilor implicate în managementul resurselor de apă: instituții guvernamentale din țările dezvoltate și în curs de dezvoltare, agenții Națiunilor Unite, organizații non-guvernamentale și organizații din sectorul privat. Acest parteneriat a fost creat în scopul stimulării Managementului Integrat al Resurselor de Apă (IWRM), care caută să asigure o dezvoltare și o gospodărire coordonată a apei, terenului și a resurselor adiacente, pentru consolidarea bunăstării sociale și economice, fără compromiterea durabilității sistemelor vitale ale mediului înconjurător [15, p.170].

Problemele gestionării și utilizării raționale a resurselor de apă, căutarea noilor posibilități de acumulare a apelor meteorice sînt preocupările majore pentru Republica Moldova.

În acest context, considerăm că crearea unei baze juridice capabile să răspundă necesităților de protejare și ocrotire a apelor, de asigurare a utilizării lor raționale, în scopul păstrării și transmiterii acestei bogății pentru generațiile ce vor urma, este extrem de utilă.

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 concrete de protecție a resurselor de apă la nivel național, dar și local.

Principalele acte normative ce stabilesc regimul juridic al apelor, privind administrarea, gospodărirea și protecția acestora, și a ecosistemelor acvatice sunt:

- Legea apelor nr. 272-XVI din 23.12.2011;
- Legea privind protecția mediului înconjurător nr. 1515-XII din 16.06.1993;
- Legea privind serviciul public de alimentare cu apă și de canalizare nr.303 din 13.12.2013;
- Codul funciar nr.828 din 25.12.1991;
- Legea cu privire la apa potabilă nr. 272 din 10.02.1999;
- Legea privind expertiza ecologică și evaluarea impactului asupra mediului înconjurător nr.851-XIII din 29.05.1996;
- Legea privind fondul piscicol, pescuit și piscicultura nr.149-XVI din 08.06.2006;

- Legea cu privire la zonele și fâșiile de protecție a apelor râurilor și bazinelor de apă nr. 440-XIII din 27.04.1995 ;
- Legea cu privire la activitatea hidrometeorologică nr. 536 din 25.02.1998;
- Legea cu privire la resursele naturale nr. 1102 din 06.02.1997;
- Legea cu privire la asociațiile utilizatorilor de apă pentru irigație nr. 171 din 09.07.2010;
- Hotărârea Parlamentului Republicii Moldova nr. 325-XV din 18.07.2003 privind aprobarea Concepției politicii naționale în domeniul resurselor de apă;
- Hotărârea Guvernului nr.1009 din 10.12.2014 cu privire la aprobarea Strategiei Republicii Moldova de adaptare la schimbarea climei până în anul 2020 și a Planului de acțiuni pentru implementarea acesteia;
- Hotărârea Guvernului nr. 751 din 05.10.2011 cu privire la aprobarea Programului de dezvoltare a gospodăririi apelor și a hidroameliorației în Republica Moldova pentru anii 2011-2020
- Hotărârea Guvernului nr. 199 din 20.03.2013 cu privire la aprobarea Strategiei de alimentare cu apă și sanitație (2014 – 2028).
- Hotărârea Guvernului nr. 301 din 24.04.2014 cu privire la aprobarea Strategiei de mediu pentru anii 2014-2023 și a Planului de acțiuni pentru implementarea acesteia;
- Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 51 din 16.01.2007 cu privire la unele măsuri de ameliorare a activității ramurii piscicole și de reglementare a modului de utilizare a iazurilor;
- Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 32 din 16.01.2001 cu privire la măsurile de stabilire a zonelor și fâșiilor riverane de protecție a apelor râurilor și bazinelor de apă;
- Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 619 din 16.08.1994 despre reglementarea relațiilor din domeniul gospodăririi apelor și folosirea rațională a resurselor de apă în Republica Moldova;
- Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 747 din 03.11.1995 cu privire la modul de elaborare și aprobare a schemelor de utilizare în complex și protecție a apelor;
- Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 1030 din 13.10.2000 cu privire la aprobarea Schemei de protecție a localităților din Republica Moldova împotriva inundațiilor;
- Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 1202 din 08.11.2001 cu privire unele măsuri pentru reglementarea utilizării bazinelor acvatice;
- Hotărârea Guvernului nr. 807 din 16.10.2013 cu privire la folosința apelor din acumulările de apă pentru necesitățile comunității, irigație și piscicultură;

- Hotărârea de Guvern nr. 433 din 18.06.2012 pentru aprobarea Regulamentului privind digurile de protecție contra inundațiilor;
- Regulamentul Cadru privind recepționarea apelor uzate, eliberarea condițiilor tehnice și autorizațiilor de deversare a apelor uzate în sistemul de canalizare al localităților. Ordinul nr. 40 din 18.02.2005 al Departamentului Construcțiilor și Dezvoltării Teritoriului;
- Regulamentul privind exploatarea tehnică a sistemelor de alimentare cu apă și canalizare. Ordin nr.6 din 24.01.2006 ADR.

Republica Moldova fiind semnatară a unui șir de Convenții internaționale s-a angajat să elaboreze strategii și planuri de acțiuni proprii, care să reflecte potențialul și voința de a se integra în procesul global de tranziție la modelul nou de dezvoltare durabilă în avantajul mediului ambiant fără a pricinui careva daune.

În acest context, menționăm, că cooperarea internațională în domeniul protecției și conservării mediului este reglementată de următorul cadru juridic și anume de Convențiile internaționale prin:

- Protocolul „Apa și sănătatea” la Convenția CEE a ONU protecția și utilizarea cursurilor de apă transfrontaliere și a lacurilor internaționale (Helsinki, 1992);
- Convenția privind accesul la informație, justiție și participarea publicului la adoptarea deciziilor în domeniul mediului (Aarhus, 25 iunie 1998) Protocolul privind registrele emisiilor și transferul poluanților;
- Convenția privind efectele transfrontaliere ale accidentelor industriale (Helsinki, 17 martie 1992) Protocolul privind evaluarea strategică de mediu (Kiev, 2003);
- Convenția asupra zonelor umede de importanță internațională în special ca habitat al păsărilor acvatice (Ramsar, 2 februarie 1971);
- Convenția privind peisajul european (Florența, Italia 2000);
- Convenția Cadru a Organizației Națiunilor Unite cu privire la schimbarea climei (New-York, 9 mai 1992);
- Convenția privind protecția și utilizarea cursurilor de apă transfrontaliere și a lacurilor internaționale (Helsinki, 17 martie 1992);
- Convenția privind cooperarea pentru protecția și utilizarea durabilă a fluviului Dunărea (Sofia, 29 iunie 1994);
- Convenția Națiunilor Unite pentru combaterea deșertificării în țările afectate grav de secetă și/sau de deșertificare (Paris, 17 iunie 1994).

Normele clasice de vecinătate contribuie la o mai bună cooperare a statelor în prevenirea și combaterea poluării mediului și protecția teritoriului național împotriva consecințelor nocive

care vin din statul sau regiunile vecine. În acest sens, menționăm, că Republica Moldova este semnatară a mai multor tratate și acorduri bilaterale sau multilaterale, care prevăd cooperarea în domeniul protecției mediului, utilizării durabile a resurselor naturale, protecția apelor de frontieră și gestionarea în comun a apelor transfrontaliere. Acestea sunt:

- Acordul dintre Guvernul RM și Cabinetul de miniștri al Ucrainei privind colaborarea în domeniul protecției și dezvoltării durabile a bazinului râului Nistru Semnat la Roma la 29 noiembrie 2012;
- Acordul între Ministerul Mediului al Republicii Moldova și Ministerul Mediului al Republicii Estonia privind cooperare în domeniul protecției mediului semnat pe 19 octombrie 2011, Talin;
- Acordul între Guvernul Republicii Moldova și Guvernul României privind cooperare pentru protecția și utilizarea durabilă a apelor Prutului și Dunării semnat pe 28 iunie 2010, Chișinău;
- Acordul de colaborare între Ministerul Ecologiei și Resurselor Naturale din Republica Moldova și Ministerul Resurselor Naturale și Protecției Mediului din Republica Belarus în domeniul protecției mediului și utilizării durabile a resurselor naturale semnat pe 3 decembrie 2008, Minsk;
- Acordul între Guvernul Republicii Moldova și Guvernul Federației Ruse privind colaborarea în domeniul protecției mediului înconjurător și utilizarea rațională a resurselor naturale, 20 februarie 2008, Moscova;
- Acordul între Guvernul Republicii Moldova și Guvernul Republicii Azerbaidjan privind cooperarea în domeniul protecției mediului, semnat pe 22 februarie 2007, Baku;
- Acordul între Ministerul Ecologiei și Resurselor Naturale din Republica Moldova și Ministerul Mediului al Republicii Letone privind cooperare în domeniul protecției mediului semnat pe 17 martie 2006, Riga;
- Memorandumul de înțelegere între Guvernul Republicii Moldova și Guvernul Regatului Danemarcei cu privire la cooperarea în scopul implementării Protocolului Kyoto din cadrul Convenției de Bază a Națiunilor Unite cu privire la Schimbările Climaterice semnat pe 27 octombrie 2003, Copenhaga;
- Acordul între Ministerul Ecologiei, Construcțiilor și Dezvoltării Teritoriului al Republicii Moldova și Ministerul Mediului al Republicii Polone privind colaborarea în domeniul protecției mediului și folosirii resurselor naturale semnat pe 22 octombrie 2003, Chișinău;

- Acordul între Guvernul României și Guvernul Republicii Moldova privind cooperarea în domeniul protecției resurselor piscicole și reglementarea pescuitului în Râul Prut și în lacul de acumulare Stînca – Costești semnat pe 01 august 2003, Stînca – Costești;
- Acordul între Ministerul Ecologiei, Construcțiilor și Dezvoltării Teritoriului al Republicii Moldova și Ministerul Mediului și Protecției Teritoriului al Republicii Italiene privind colaborarea în domeniul protecției mediului semnat pe 27 iunie 2002, Chișinău;
- Acordul între Ministerul Mediului și Amenajării Teritoriului al Republicii Moldova, Ministerul Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului din România și Ministerul Mediului și Resurselor Naturale al Ucrainei privind cooperarea în zona formată din ariile naturale protejate ale Deltei Dunării și Prutului de Jos semnat la 5 iunie 2000, București;
- Declarația Miniștrilor de mediu din Bulgaria, Republica Moldova, România și Ucraina privind cooperarea în legătură cu crearea Coridorului Verde al Dunării Inferioare semnat pe 5 iunie 2000, București;
- Memorandumul de înțelegere între Ministerul Ecologiei și Resurselor Naturale al Republicii Moldova și Ministerul Mediului și Resurselor Naturale din Ucraina privind cooperarea moldo-ucraineană în domeniul folosirii durabile și protecției bazinului râului Nistru semnat pe 29 mai 1997, Kiev;
- Acordul dintre Guvernul Republicii Moldova și Cabinetul de Miniștri al Ucrainei privind gestionarea în comun a apelor transfrontaliere, 23 noiembrie 2003.

Prevederile ce reglementează măsurile de gestionare durabilă a resurselor de apă sînt stabilite în următoarele documente de politici:

- Acordul de Asociere între Republica Moldova, pe de o parte, și Uniunea Europeană și Comunitatea Europeană a Energiei Atomice și statele membre ale acestora, pe de altă parte;
- Planul Național de Acțiuni pentru implementarea Acordului de Asociere RM-UE în perioada 2017 – 2019.

Aceste documente conțin principalele măsuri ce urmează a fi întreprinse de autorități pentru a realiza angajamentele asumate în fața instituțiilor europene, inclusiv privind ajustarea legislației naționale la *acquis-ul comunitar*.

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.

Reieșind din cursul european al țării, Legea are ca scop crearea unui cadru legal pentru gestionarea, protecția și folosința eficientă a apelor de suprafață și a celor subterane, în baza evaluării, planificării și luării deciziilor în mod participativ, stabilirea drepturilor de folosință a apei și promovarea investițiilor în domeniul apelor.

Legea este racordată la directivele europene în domeniu:

- Directiva Consiliului 91/676/CEE din 21 mai 1991 privind tratarea apelor urbane reziduale;
- Directiva Consiliului din 12 decembrie 1991 privind protecția apelor împotriva poluării cu nitrați proveniți din surse agricole;
- Directiva 2000/60/CE Parlamentului European și a Consiliului din 23 octombrie 2000 de stabilire a unui cadru de politică comunitară în domeniul apei;
- Directiva 2006/7/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 15 februarie 2006 privind gestionarea calității apei pentru scăldat;
- Directiva 2007/60/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 23 octombrie 2007 privind evaluarea și gestionarea riscurilor de inundații;
- Directiva 2008/105/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 16 decembrie 2008 privind standardele de calitate a mediului în domeniul apei.

De asemenea, Legea Apelor reglementează gestionarea și protecția apelor de suprafață și a celor subterane, inclusiv măsurile de prevenire și de combatere a inundațiilor, a eroziunii și măsurile de contracarare a secetei și a deșertificării în baza bazinelor hidrografice Nistru, Dunărea–Prut și Marea Neagră.

Cu referire la Legea privind serviciul public de alimentare cu apă și de canalizare, menționăm că în vederea efectuării controlului executării Legii nr.303 din 13.12.2013, Comisia parlamentară de profil, a organizat audieri publice cu participarea tuturor părților implicate în prestarea/beneficierea de serviciul public de alimentare cu apă și canalizare. În cadrul acestor audieri a fost constatat că un șir de acte normative subordonate legii vizate, ce urmau a fi elaborate, fie nu au fost elaborate, fie au fost elaborate cu întârziere, ceea ce a creat impedimente la implementarea legii. Ca urmare, a fost creat un grup de lucru în cadrul Ministerului de specialitate care va elabora propuneri de îmbunătățire a legislației din domeniu.

Serviciul Hidrometeorologic de Stat este instituția responsabilă la nivel național pentru monitorizarea hidrobiologică, hidrochimică și hidrologică a apelor de suprafață. Monitorizarea

sistematică a calității apelor de suprafață în bazinul râului Prut până în anul 2013 se realiza în 14 locații de monitorizare, iar începând cu anul 2014, în conformitate cu DCA 2000/60, pentru bazinul r. Prut se implementează treptat un alt program de monitorizare, care constă din 30 de stații de monitorizare: 8 locații situate pe râul Prut, 1- lac artificial, 2 - lacuri naturale și 19 - pe afluenți. În procesul de dezvoltare a programului de monitorizare au fost utilizate datele și informațiile din expedițiile comune în bazinul hidrografic pilot, JFS I-III și programele naționale de monitoring desfășurate în bazinul râului Prut (MD).

Monitoringul fizico-chimic cuprinde următorii indicatori: temperatura, pH, conductivitatea, transparența, turbiditatea, colorația, conținutul oxigenului dizolvat, saturația, consumul biochimic de oxigen, consumul chimic de oxigen cu bicromat, consumul chimic de oxigen cu mangan, suspensii totale, mineralizarea, azot de amoniu, azot de nitrat, azot de nitrit, azot mineral, fosfor mineral, fosfor total, ioni de cloruri, ioni de sulfati, fier total, fenoli, produse petroliere, detergenți anionoactivi, alcalinitatea, ioni de calciu, ioni de magneziu, duritatea totală, ioni de sodiu, ioni de potasiu, suma ionilor, siliciu, metale grele (cupru, zinc, nichel, plumb și cadmiu), hidrocarburi poliaromatice și pesticide organoclorurate. Monitoringul biologic include: pentru râuri: bacterioplancton, fitoplancton, inclusiv clorofila „a”, macronevertebrate bentonice, fitobentos și zooplancton; pentru lacuri: bacterioplancton, fitoplancton, inclusiv clorofila „a”, macronevertebrate bentonice, fitobentos, zooplancton, vegetația macrofită.

Monitorizarea transfrontalieră cu România pe râul Prut se desfășoară în conformitate cu Regulamentul de cooperare bilaterală cu Administrația Națională "Apele Române" și Departamentul Bazinal Prut-Bîrlad (Iași) în șapte secțiuni de monitorizare.

Prelevarea lunară a probelor comune și schimbul echivalent de informații cu experții din România se desfășoară în următoarele locații: orașul Ungheni, localitățile Valea Mare și Giurgiulești; prelevarea trimestrială a probelor și schimbul echivalent de informații cu experții din România se desfășoară în următoarele locații: Lipcani, Costești, Leova și Cahul. Monitorizarea transfrontalieră cu Ucraina pe râul Prut: Începând cu anul 2009, s-a reluat monitorizarea trimestrială comună în ceea ce privește prelevarea probelor și schimbul de informații pe râul Prut cu Ucraina. Programul comun de prelevare a probelor de apă la frontiera dintre Republica Moldova și Ucraina a fost elaborat de grupul de lucru moldo-ucrainean și aprobat în comun cu laboratoarele naționale care sunt implicate în prelevarea comună a probelor și schimbul de informații. Prelevarea probelor și schimbul de informații la stația de monitorizare "Mămăliga-Criva" (punctul de trecere a frontierei) de pe râul Prut se desfășoară împreună cu Direcția Bazinieră Nistru-Prut de gestionare a resurselor de apă a Agenției de Stat pentru Resursele Acvatice ale Ucrainei. Managementul Resurselor de apă din Bazinul Râului Nistru - Prut (orașul Cernăuți). În cadrul Rețelei Transnaționale de Monitorizare (TNMN) au fost

selectate pe r. Prut 5 locații de monitorizare (Lipcani, Costești, Braniște, Valea Mare și Giurgiulești) cu scopul de analiză și evaluare lunară a unui set de parametri hidrochimici și hidrobiologici, precum și a unor indicatori de calitate ai aluviunilor acvatică [2, p.10-57].

Resursele de apă de suprafață ale r. Prut se evaluează în baza datelor de la trei stații hidrologice: Șirăuți (situată la granița cu Ucraina), hidrocentrala Costești-Stînca și Ungheni. Stația hidrologică Ungheni oferă cea mai cuprinzătoare serie de date pentru o perioadă de 55 ani. Monitorizarea și evaluarea hidromorfologică în Bazinul Rîului Prut pînă în prezent nu a fost efectuată din cauza lipsei surselor financiare, insuficienței echipamentelor specializate și a specialiștilor calificați [2, p.10-57].

Planul de Gestionare a bazinului hidrografic Nistru, document de politici publice care derivă din Strategia de mediu pentru anii 2014-2031, a fost elaborat în conformitate cu cerințele Legii Apelor Nr. 272 din 23 decembrie 2011 (Monitorul Oficial Nr. 81 din 26 aprilie 2012). Structura și principiile directorii ale planului au avut la baza prevederile Directivei 2000/60/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 23 octombrie 2000 cu privire la stabilirea unui cadru de politică comunitară în domeniul apei, cunoscută sub numele de Directiva Cadru privind Apa (DCA)2. Acest plan abordează presiunile și impactul pe care le suportă mediul acvatic în Districtul Bazinului Hidrografic Nistru (DBHN) și măsurile necesare pentru a le diminua în scopul îmbunătățirii calității apei și stării generale a mediului. DBHN, care ocupă 2/3 din teritoriul țării, are o valoare absolută pentru echilibrul ecologic al țării. Scopul general al planului constă în stabilirea măsurilor de implementare a documentelor de politici naționale în domeniul resurselor de apă pentru a proteja și îmbunătăți starea apelor atât de suprafață cât și subterane, inclusiv ecosistemele care depind de acestea, prevenirea deteriorării și asigurarea unui mediu bun pentru resursele de apă în limitele bazinului hidrografic.

Concluzii la Capitolul 1

Estimarea stării actuale a resurselor de apă de suprafață în limitele Republicii Moldova a permis să se concluzioneze următoarele:

1. Scurgerea apelor de suprafață în aspect bazinal și național, înregistrează o tendință de micșorare a valorilor acesteia, cu precădere în ultimii ani, determinată atât de impactul antropic, cât și de intensificarea procesului de aridizare a climei regionale.
2. Estimarea concomitentă a valorilor ce caracterizează scurgerea totală a apelor de suprafață, a precipitațiilor atmosferice și a evaporabilității (cu aceleași unități de măsură, km^3), indică, că aceste valori semnificativ se "distanțează" în timp, cu precădere în ultimii

ani, când se atestă o tendință de sporire a evaporării pe fondul scăderii cantității precipitațiilor sezoniere.

3. A fost estimată intensitatea și frecvența de manifestare a scurgerii totale a apelor de suprafață din ultimii 40 ani (1977-2016), care scoate în evidență manifestarea actuală a scurgerii apelor de suprafață sub valorile medii multianuale.
4. Pentru prima dată, în condițiile Republicii Moldova, în baza deviației standard, ca ciretiri a variabilității, au fost cuantificate pragurile scurgerilor apelor de suprafață de diferit nivel și elaborat registrul anilor corespunzători. S-a constatat, că în ultima perioadă de timp, predomină anii când scurgerile moderat scăzute trec în calificativul scăzute (2012, 2014, 2015), ceea ce fără îndoială, argumentează necesitatea evidențierii aridizării climei regionale și a impactului acesteia asupra calității apelor de suprafață.

În concluzie constatăm, că în vederea realizării politicii statului, legislația națională a fost și continuă să fie racordată la acquis-ul comunitar, iar realizarea eficientă a obiectivelor necesare în procesul de protecție și utilizare durabilă a apelor de suprafață reprezintă o condiție vitală în procesul asigurării obținerii unor rezultate benefice domeniului. Reieșind din angajamentele asumate de Republica Moldova este imperativă stabilirea unor obiective naționale și identificarea priorităților ce urmează a fi realizate. În acest context, considerăm, că este extrem de necesară implementarea prevederilor documentelor de politici naționale [12], care stabilesc obiectivele și acțiunile în domeniul gestionării apelor, implementarea strictă a prevederilor tratatelor internaționale, la care Republica Moldova este parte.

Reieșind din cele relatate mai sus considerăm, că în condițiile ritmului accelerat al schimbărilor climatice, a resuselor de apă potabilă limitate, a orientării agrare a țării, este necesară stabilirea interdependenței dintre procesul de aridizare și starea calității apleor de suprafață pe teritoriul Republicii Moldova, care ar servi drept scop înaintarea cercetărilor propuse. Așadar, **scopul lucrării** constă în stabilirea interdependenței dintre procesul de aridizare și starea calității apleor de suprafață pe teritoriul Republicii Moldova în condițiile ritmului accelerat al schimbărilor climatice.

Printre **obiectivele cercetării** menționăm:

- abordarea unor indici ecometrici climatici 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.

Astfel, **problema de cercetare** 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.

Direcțiile de soluționare a obiectivelor propuse în această lucrare ar fi în primul rând estimarea reală, actuală a apelor de suprafață, în contextul ritmului accelerat al schimbărilor climatice. De aceea este necesară analiza particularităților regionale specifice de manifestare a aridizării climei regionale, utilizând mai mulți indici ecometrici cu scopul de a obține o situație adecvată a procesului de aridizare. Ținând cont de specificul reliefului și de gradul diferit de asigurare cu resurse de apă potabilă este extrem de important evidențierea arealelor vulnerabile privind necesarul (natural) în apă a teritoriului în vederea asigurării echilibrului ecologic a țării atât la nivel național, cât și local.

MATERIALE ÎNȚIALE ȘI METODE DE CERCETARE

2.1 Materiale inițiale

Indicii ecometrici [27] servesc drept indicatori în estimarea calității mediului, utilizând ca date de intrare parametrii climatici cum ar fi temperatura și cantitatea precipitațiilor atmosferice precăutate în aspect anual, sezonier sau lunar, umiditatea aerului, evapotranspirația reală și potențială – indici complecși, considerați a avea proiecție directă în estimarea gradului de aridizare a unui teritoriu. Astfel, aceștea pot exprima deficitul și excedentul de umiditate și deci, și, gradul de aridizare pe fondul majorării temperaturilor. Remarcăm, că datele inițiale au fost colectate de la stațiunile meteorologice din cadrul Serviciului Hidrometeorologic de Stat.

Așadar, Republica Moldova dispune de o rețea meteorologică care include în prezent 17 stațiuni meteorologice. Cele din urmă, efectuează observări pe parcursul a mai multor decenii.

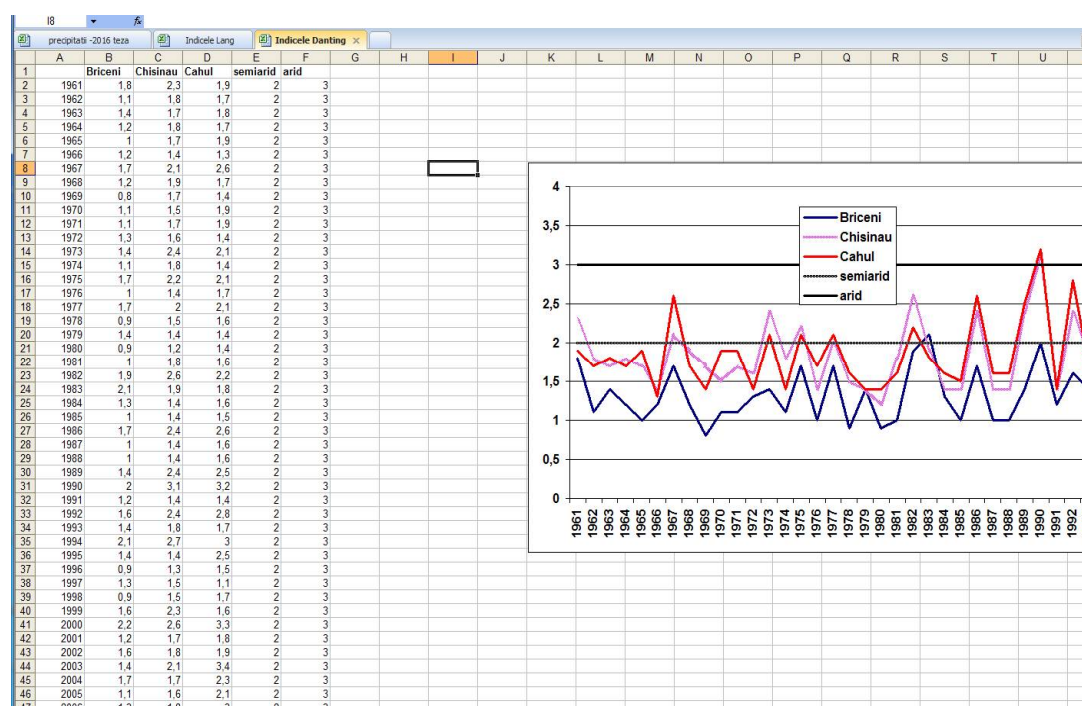


Fig.2.1. Un fragment a datelor inițiale stocate în Excel

Perioada supusă studiului a cuprins anii 1961-2016, fiind menționată ca perioadă contemporană în cercetările anterioare [22, 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 calcule statistice (fig.2.1, fig.2.2).

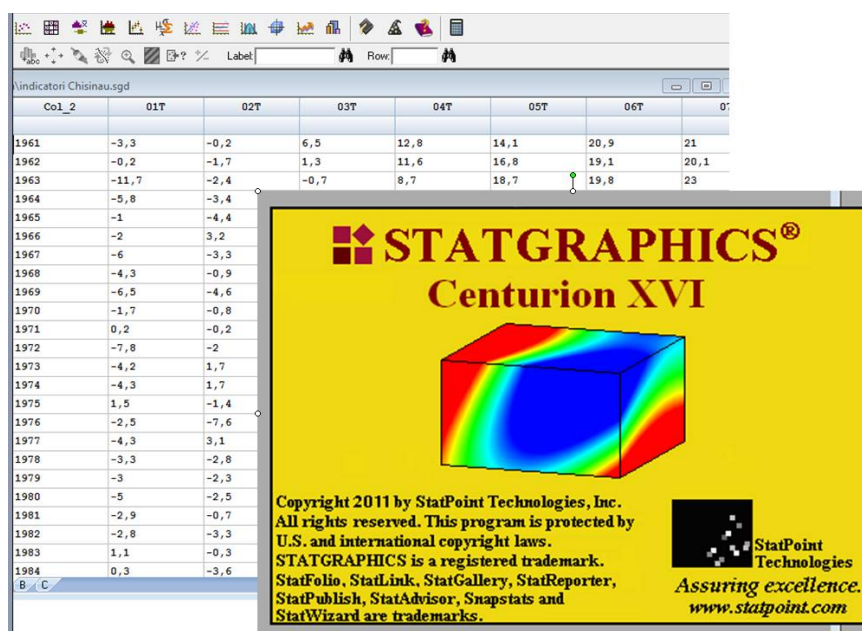


Fig. 2.2. Programul statistic Statgraphics Centurion XVI în prelucrarea statistică a datelor

Ca 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.

Așadar, valorile inițiale colectate au format sistemul informațional de date, reflectând pe de o parte indicii ecometrici ce scot în evidență gradul de aridizare pe teritoriul Republicii Moldova și datele privind calitatea apelor de suprafață în anumiți ani concreți. Mai mult decât atât, pentru fiecare an anomal din punct de vedere a condițiilor secetoase s-a urmărit caracterizarea meteorologică și a stării apelor de suprafață elaborate de către Serviciul Hidrometeorologic de Stat [3, p.7-21].

Ca și în cazul cercetărilor anterioare [19, 47, 53, 54, 55, 57, 61, 63, 135, 136, 137, 148, 151, 157, 158], în scopul evidențierii omogenității și veridicității datelor, șirurile statistice s-au supus unor criterii de testare. Testarea a fost efectuată conform criteriului Colmogorov și χ^2 (așa numitul criteriul Pirson). Criteriul lui Pirson folosit în testare este exprimat:

$$\chi_e^2 = \sum_i^k [(P_{e,i} - P_{T,i})^2 / P_{T,i}], \quad (2.1)$$

unde χ_e^2 - repartiția empirică, $P_{e,i}$ - periodicitatea empirică în gradația i , $P_{T,i}$ - probabilitatea teoretică de includere a valorii incidentale în gradația i , k - numărul gradațiilor.

Legea testării conform criteriului dat constă în faptul, că în cazul când repartiția empirică (χ_e^2) este mai mică decât cea teoretică ipoteza înaintată este veridică și invers în cazul $\chi_e^2 > \chi_t^2$ ipoteza precum că datele se supun legii normale de distribuție se respinge.

Cu toate, că acest criteriu foarte des este utilizat în prelucrarea statistică, de obicei, se consideră că ar fi binevenit de a controla corespunderea repartiției datelor empirice cu cele teoretice cu ajutorul și altor criterii. De aceea, adăugător datele au mai fost supuse testării conform criteriului Colmogorov (λ) care estimează apropierea repartiției reale (empirice) către cea teoretică pe calea calculării indicelui $D = \max(P_e - P_T)$, deci a diferenței maxime dintre periodicitățile teoretice și empirice ce se compară. Schema utilizării criteriului dat constă în faptul că la început se construiesc funcțiile integrale teoretice și empirice de repartiție, apoi se calculează maximumul modulului D . Apoi în urma calculului indicelui D se precută limitele permise a valorilor criteriului dat (P_λ). În cazul când $P_\lambda \geq 0.05$ concordanța dintre repartițiile studiate este confirmată. În acest caz se conchide că șirul statistic ce reflectă anumite valori climatice se supune legii normale de distribuție [47, p.160].

Formula acesteia se exprimă în felul următor:

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}, \quad (2.2)$$

unde $P(x)$ - probabilitatea apariției valorii incidente, $\bar{x}$ - media, σ - devierea medie pătratică, e și π - valori constante.

Ținând cont de faptul, că ponderea diferitor factori fizico-geografici în manifestarea gradului de aridizare nu este echivalentă, pentru unii indici ecometrici climatici s-a selectat setul de factori “responsabili” pentru “predicția” câmpurilor meteorologice. Pe măsura selectării factorilor fizico-geografici s-a urmărit valoarea coeficientului de determinare (R^2) și a nivelului semnificației fiecărui factor în parte introdus în model. Obținerea ecuațiilor de regresie a permis în continuare modelarea și interpretarea spațială a datelor ce reflectă gradul de aridizare a teritoriului Republicii Moldova [19, p.306].

2.2 Metode de cercetare

Indicii ecometrici au fost supuși prelucrării statistice evidențiind pentru fiecare dintre ei următoarele caracteristici statistice, și anume:

1. parametrii de nivel (medie aritmetică, modul, mediană), numiți deseori și parametri ai tendinței centrale sau valori centrale, valori concentrate în zona frecvențelor maxime;
2. 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;
3. indicii de asimetrie, care exprimă asimetria curbelor, adică măsura (cantitativă) în care maximul de frecvență este deplasat spre stînga sau spre dreapta față de centrul intervalului de variație;
4. indicii de exces, care exprimă numeric gradul de grupare (concentrare) a valorilor din șir în apropierea valorilor centrale, de aici decurgînd forma mai ascuțită sau dimpotrivă, mai aplatizată, a curbelor de distribuție.

Așadar, cea mai simplă caracteristică a șirurilor meteorologice este media aritmetică, iar formula de calcul este:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (2.3)$$

unde n este numărul de valori din șir.

În paralel cu media aritmetică, a fost calculată abaterea medie pătratică (σ^2) care este caracteristica de bază a unei distribuții. Aceasta caracteristică în lucrarea dată se propune în vederea cuantificării gradului de ariditate (din punct de vedere a regimului de umiditate) sau severitate (din punct de vedere a regimului termic). Ea reprezintă dispersarea anumitor valori empirice pe de o parte și de alta de media aritmetică și se exprimă prin rădăcina pătrată a variației unei distribuții, adică a dispersiei (σ^2):

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad (2.4)$$

Deviația standard are aceeași unitate de măsură ca și variabila pe care o caracterizează. Prin urmare putem compara doar deviațiile standard ale unora și aceluiași șiruri de variabile cu unități de măsură omogene (doar precipitații sau doar valori termice). În cazul cînd deviația standard este cu mult mai mică comparativ cu valoarea medie se aduce indicele într-o gamă de

valori mai convenabilă, înmulțind cu 100 raportul dintre deviația standard către media multianuală.

Deci, se poate calcula coeficientul de variație (cv), ca raport procentual dintre abaterea standard și medie:

$$cv = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (2.5)$$

La dezvăluirea esențială a mediilor un rol aparte îl joacă și probabilitatea sumară, care este calculată conform:

$$P = [(m_i - 0.3/n + 0.4)] 100\%, \quad (2.6)$$

unde P - asigurarea în procente, m_i - numărul de rând în șirul statistic aranjat; n - perioada de observații [19, 23, 34, 35, 43, 45, 46, 56, 64].

Asigurarea de 5 % și 95 % în studiile înaintate au fost considerate ca indicator a fenomenelor extreme.

Așadar, estimarea variabilității extremelor termice și hidrice ce caracterizează gradul de aridizare a teritoriului Republicii Moldova, în lucrarea propusă, au la bază graficele ce la etapa actuală facilitează cu mult domeniul calculului variabilităților climatice în limitele celor trei sigma.

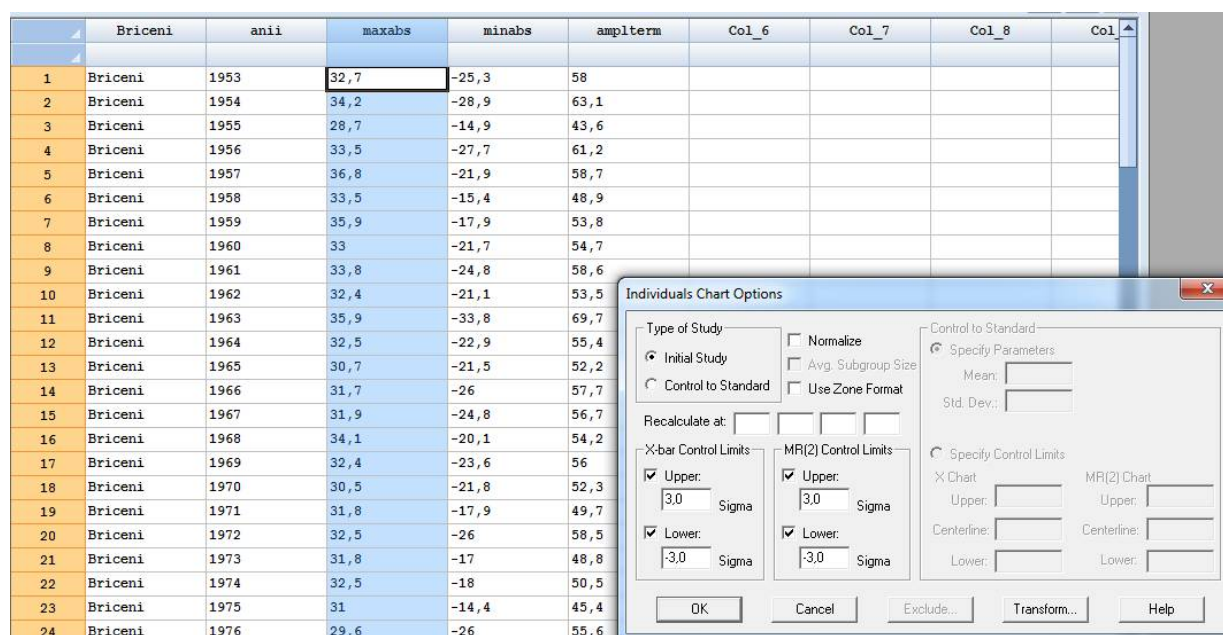


Fig. 2.3. Estimările limitelor de control privind variabilitatea regimului termic

Utilizând procedurile corespunzătoare din cadrul programului Statgraphics Centurion XVI, estimările au fost efectuate în mai multe etape [93].

În cadrul primei etape care poartă denumirea de *cercetări inițiale* se stabilesc așa numitele "limite de control", care reiese din datele seriilor de timp. "Linia centrală" reprezintă

media multianuală, și, deobicei, este situată în mijlocul datelor ce redau media observațiilor. "Limitele de control" sunt plasate de-asupra și de-desubtul liniei centrale la:

$$\bar{x} \pm k\hat{\sigma} \quad (2.7)$$

- unde k, este sigma multiplă specificată în fila gaficului de control.

Această procedură, permite utilizatorului evidențierea variabilității regimului termic și pluviometric în limitele celor 3 sigma prin "delimitarea pe zone" a datelor multianuale, care ar putea fi calificată ca cea de-a doua etapă a cercetărilor. O asemenea procedură ușurează cu mult calculele statistice și permite estimarea concomitentă a diferitor nivele de variabilități pe scara timpului (fig.2.3).

Pentru a ilustra succesiunea lunilor ploioase, respectiv aride, în literatura de specialitate este utilizat Indicele Lang [16, p.166-172, 28, p.12-26], care tine 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:

$$R = \frac{P}{T} \quad (2.8)$$

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 [27, 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:

$$DR = \frac{100 \times T}{P} \quad (2.9)$$

unde:

T – este temperatura medie anuală

P – cantitatea precipitațiilor anuale

Tabelul 2.2. Definirea tipurilor climaterice conform Coeficientul 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 [28]. El se exprimă prin diferența dintre suma cantităților de precipitații din intervalul mai-iulie și cea a intervalului august-septembrie (fig. 2.4).

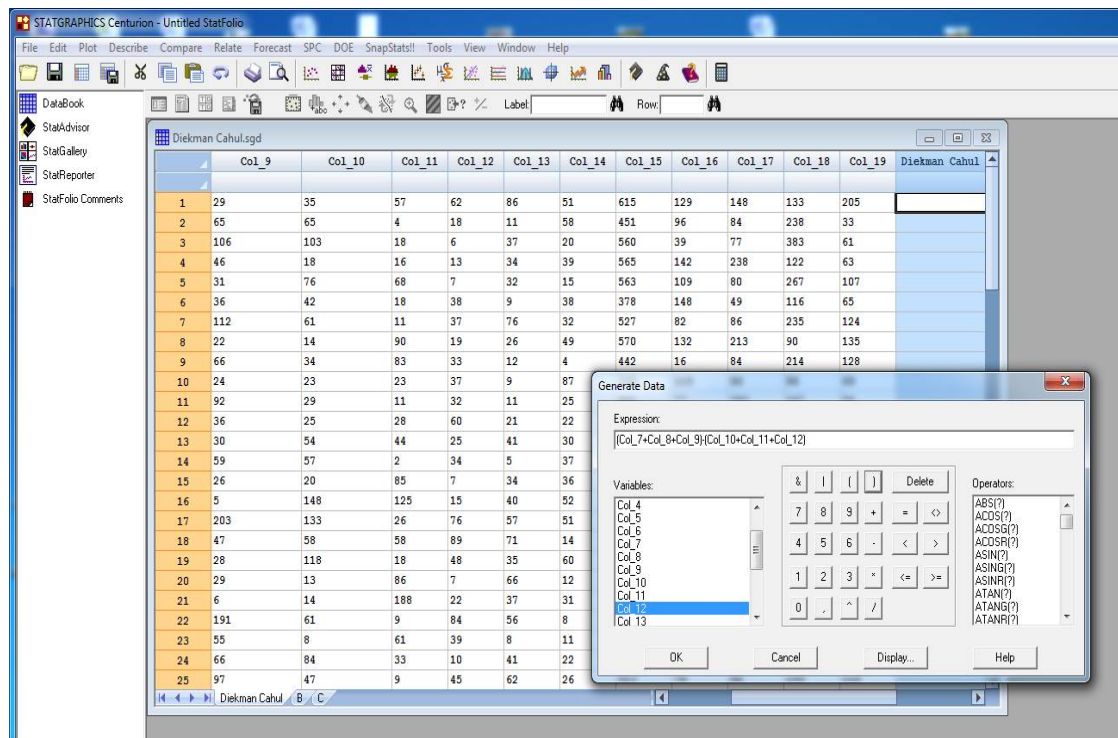


Fig.2.4. Calculul Indicelui Diekman (1981-2016)

În climatul temperat-oceanic, cu ploi bogate de toamnă, valorile diferenței sunt negative, în Europa Centrală valorile se apropie de 0, iar în regim continental, cu ploi bogate la sfârșitul

primăverii și începutul verii, valorile diferenței sunt pozitive, depășind chiar și valorile de 100 mm (Stoenescu, 1951). Pentru posturile pluviometrice cu șiruri de observații mai lungi de 40 ani, din Subcarpații Moldovei, valorile diferenței Diekman (Id) 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 [28, p.12-26].

Estimarea pe parcursul anului a duratei neîntrerupte cu deficit pluviometric a fost efectuată în baza diagramei ombrotermice Gaussen [27], care permite demonstrarea grafică a relației dintre temperatură și precipitații. Construirea diagramei se bazează pe un sistem rectangular dublu scalar, format dintr-o axă orizontală și două axe verticale. Modalitatea de construcție a inclus în sine: trasarea pe axa orizontală a lunilor anului; pe axa verticală stângă – a temperaturii medii lunare (5°C); iar pe axa verticală stângă - s-au trecut valorile medii lunare ale precipitațiilor, care este la o scară dublă față de cea a temperaturii (10 mm). Este important să se menționeze faptul, că în dependență de amplasamentul celor două curbe una față de cealaltă (cea termică având culoarea roșie, iar cea ombrică având culoarea albastră), se determină intervalul cu deficit de umiditate, adică în cazul când curba termică o depășește pe cea ombrică. În cele mai dese cazuri, aceasta coincide cu perioada estivală.

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 a valorilor factologice.

Menționăm, că observații privind evaporația factologică sunt destul de limitate în republică, efectuându-se doar la 7 din 17 stațiuni meteorologice existente. În același timp, calculul evaporației potențiale, ar putea permite interpolarea, dacă valorile empirice interpolate se vor concorda cu valorile evaporației factologice. De aceea, în evidențierea evaporației potențiale de pe teritoriul republicii, sau în utilizarea valorilor evaporabilității în calculul altor indici complecși, interpolarea acestuia a fost efectuată după mai multe formule [19, 58, 76, 84, 129].

Compararea valorilor modelate cu datele factologice a scos în evidență cea mai ajustată formulă de recalcul. În cercetările anterioare [19, p.306] s-a efectuat o estimare detaliată având drept bază în calcul diferiți parametri climatici. Spre exemplu, conform Alpatiev calculul evaporabilității (E_0) a stat în baza luării în considerație a deficitului de umiditate a aerului;

conform Ivanov - temperatura medie a aerului în complex cu media lunară a umidității relative a aerului, după Costin, Olidecop - temperatura aerului și insuficiența de saturare a aerului cu umezeală, iar conform Budîco evaporabilitatea a fost calculată după suma temperaturilor active care se află în strânsă legătură cu bilanțul radiativ.

Compararea evaluărilor regionale ale E_0 obținute [58, p.189-196] în rezultatul utilizării diverselor metode de calcul și a interpolării acestora demonstrează, că cele obținute prin metoda propusă de N.Ivanov sunt mai aproape de valorile factologice care se obțin prin relația:

$$E_0 = 0,0018 (25 \pm t)^2 (100 - a), \quad (2.10)$$

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 decît atît, acest parametru poate caracteriza bilanțul hidric a unui teritoriu.

Deci, diferența dintre valorile anuale (sau lunare) a precipitațiilor atmosferice și a evaporabilității (E_0) reprezintă Deficitul de Apă Climatic (DEF) anual sau lunar, cu semnul negativ [1, 93, 124, 125, 146]. Acesta are următoarea expresie:

$$DEF = P - E_0 \quad (2.11)$$

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

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.

În același timp, ținînd cont de orientarea agrară a țării, intensificarea procesului de aridizare în lunile de vară, cunoașterea necesarului de apă în irigație, a fost estimat și Indicele perioadelor uscate (Izu), elaborat la nivel regional. Acesta reprezintă coraportul dintre suma zilelor uscate înregistrate în ani concreți și media lor multianuală pentru perioada sus indicată [19, p.306]:

$$Izu = \frac{\sum zu_{(V-VIII)}}{\bar{X} zu_{(V-VIII)}}, \quad (2.12)$$

unde $\Sigma zu_{(V-VIII)}$ – suma zilelor uscate înregistrate în perioada (mai-august), când are loc creșterea și dezvoltarea intensivă a culturilor agricole, $\overline{X} zu_{(V-VIII)}$ – media multianuală a zilelor uscate (lunile mai-august).

Tabelul 2.3. Calificativele Indicelui Nedealcov a perioadelor uscate (Izu)

Valorile Izu	Calificativele Izu
0,1-1,0	perioadă normală
1,1-2,0	perioadă uscată moderată
2,1-3,0	perioadă uscată semnificativă
3,1-4,0	perioadă uscată periculoasă
>4,1	perioadă uscată excepțională

Indicele Izu permite evidențierea gradului de ariditate prin determinarea perioadelor cu zile uscate. În cazul când valorile Izu este de 2.1, suma zilelor uscate întrece dublu media multianuală ale acestora, instalându-se o perioadă uscată semnificativă (tab. 2.3).

Prin esența sa fizică, acest indice este complex, deoarece zilele uscate sunt considerate acele zile, în care temperaturile diurne constituie 25°C și mai mult, iar umiditatea relativă a aerului este sub 30%. Menționăm, că indicele sus nominalizat și-a găsit aplicație și pe teritoriile aderente a țărilor vecine [150, p.1-8].

Datele privind estimarea calității apelor de suprafață au fostt 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:

$$IPA = \frac{\sum Ci}{CMAi/6} \quad (2.13)$$

unde:

Ci – concentrația medie a parametrilor;

$CMAi$ - concentrația maximă admisibilă a parametrilor;

6 – numărul de parametri luați în calcul.

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.

2.3. Concluzii la Capitolul 2

1. Modificările climei actuale ca consecință a schimbărilor de climă, intensificarea procesului de aridizare, orientarea agrară a economiei naționale, necesarul în utilizarea efectivă și chibzuită a apelor de suprafață, condiționează elaborarea unui suport metodologic științific privind gestionarea corectă a apelor de suprafață în viitorii ani apropiați.

2. Autorul pentru prima dată propune utilizarea unor indici ecometrici cum ar fi Indicele Diekman, Lang, Coeficientul Dantin-Revenga în evidențierea aridizării climei regionale.

3. Se propune utilizarea unei baze informaționale complexe de date care reflectă pe de o parte o gamă de indici ecometrici supuși studiului și pe de altă parte Indicele de Poluare a Apei care reflectă starea calității apelor de suprafață pe teritoriul Republicii Moldova.

Capitolul 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 intensificarea aridizării ca consecință a încălzirii globale, prognozată de unele scenarii și modele climatice [2, 3, 4, 19, 26, 82, 83, 85, 93, 108, 109, 110, 111]. Aceste proiecții climatice estimează, că secetele vor persista în regiunile cu climat critic din Europa, îndeosebi în cele sudice, ca și în America de Nord, iar aceste regiuni vor suferi de uscăciune pronunțată, arșiță, lipsă de apă și producții agricole reduse. Alte scenarii evaluează impactul modificărilor climatice globale în Republica Moldova, demonstrând că ariditatea se va accentua în perioada de vegetație a culturilor în partea de sud și sud-est a țării [19], ceea ce nu vine în contradicție cu estimările efectuate pentru regiunile sudice din cadrul Europei [112, 113, 119, 120, 122, 146, 147].

Cunoșterea aridizării este necesară și pentru explicarea caracteristicilor peisajului geografic, și pentru utilizarea rațională a resurselor de apă în multe regiuni ale țării.

În aspect regional, definirea și caracterizarea aridității ca intensitate s-a realizat prin mai multe metode, începând cu Indicele de Ariditate propus de UNESCO, Indicele de ariditate De Martonne [115, 118], deficitul de umiditate și încheind cu Indicele perioadelor uscate (*Izu*) elaborat la nivel național [19, p.306].

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, determină instalarea perioadelor secetoase, care contribuie la apariția deficitului de apă climatic. În condițiile țării, cu regim instabil de umiditate, aceasta influențează, în anumiți ani concreți, calitatea apelor de suprafață. Astfel, pe lângă poluarea provocată de către activitatea antropică, influența perioadelor uscate asupra calității apelor de suprafață poate fi substanțială, prin scăderea debitului anual al apei în râuri sau micșorarea substanțială a suprafeței lacurilor.

Ținând cont de resursele de apă potabilă limitate la nivel regional considerăm, că este extrem de importantă cunoașterea variabilității temporale a parametrilor climatici ce reflectă caracterul manifestării extremelor termice, a perioadelor uscate, a evaporabilității, a deficitului de apă climatic cu scopul determinării impactului posibil al aridizării asupra calității apelor de suprafață.

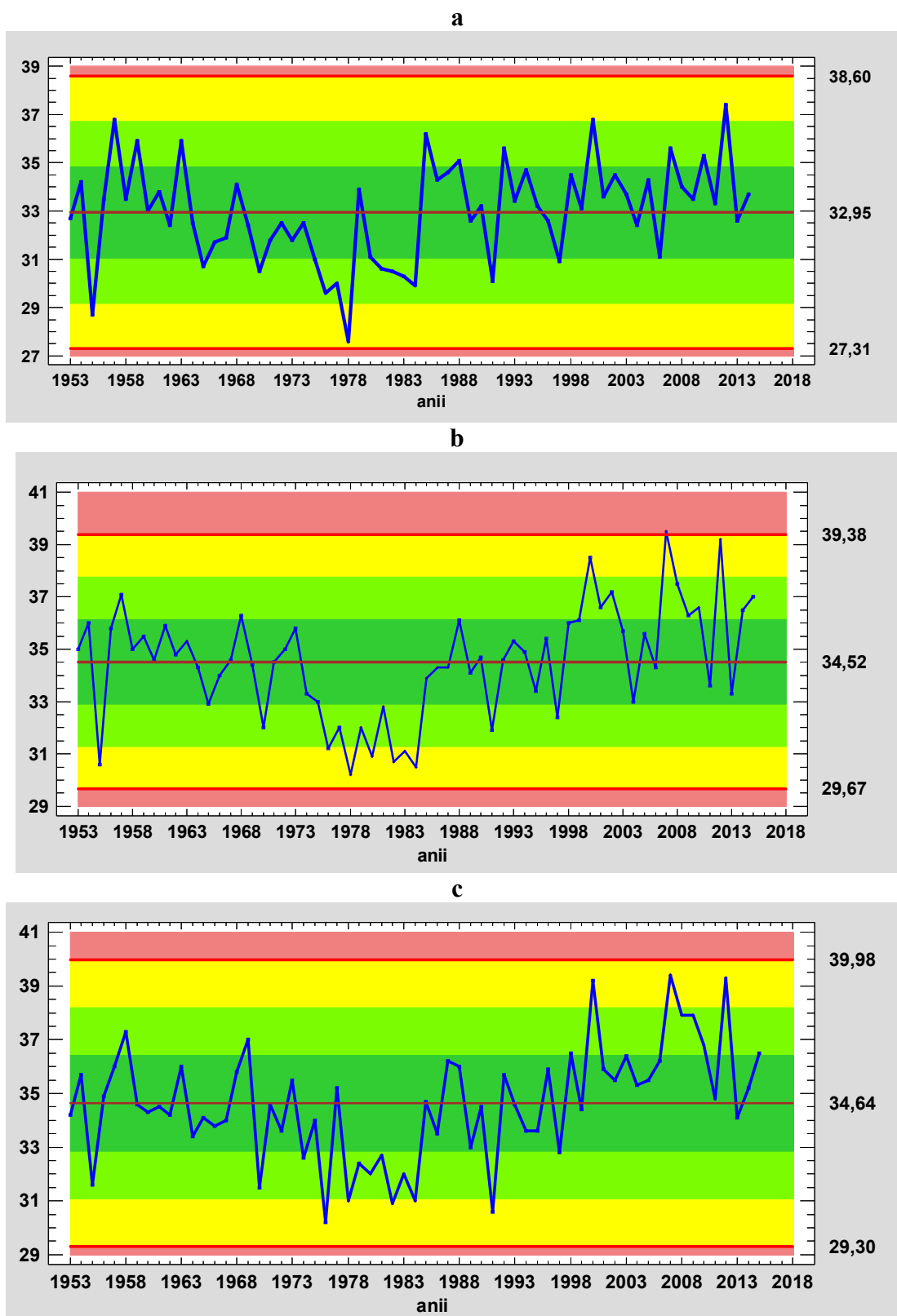
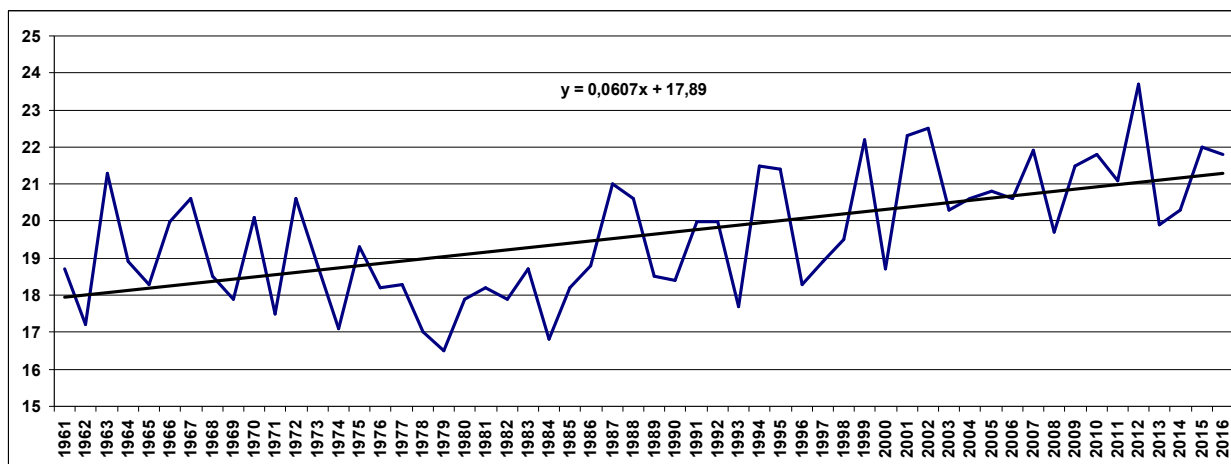


Fig.3.1. Variabilitatea maximumului absolut în limitele celor 3 sigma
(a-Briceni, b-Chișinău, c-Cahul)

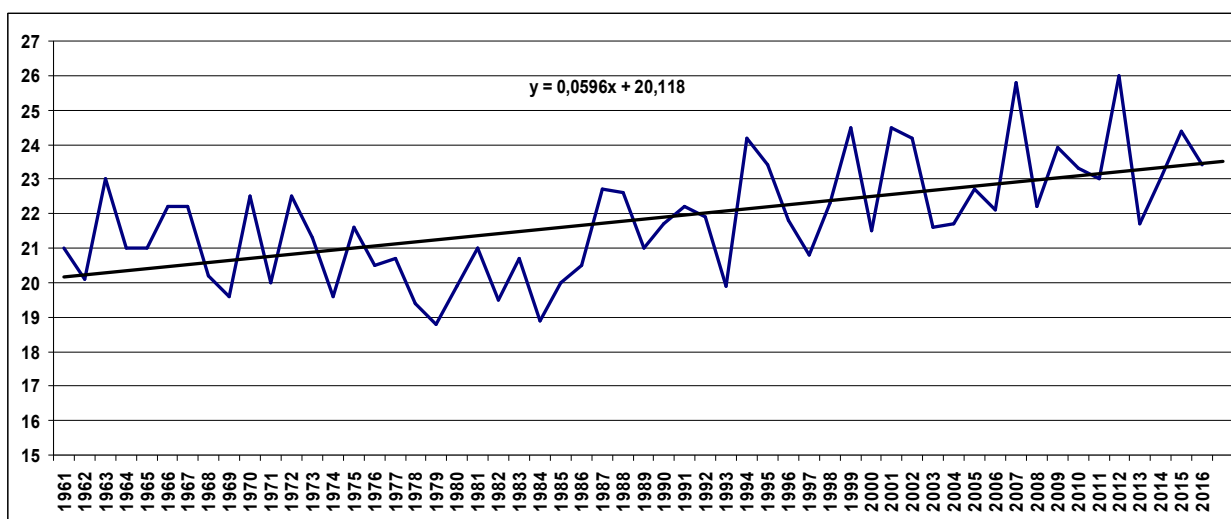
Așadar, în condițiile Republicii Moldova, în regimul temperaturilor maxime din nordul țării, cu precădere în ultimii ani (2000-2015) sub linia centrală ce exprimă norma climatică ale acestora a fost înregistrat doar un singur caz, restul anilor au înregistrat valori cu mult mai

ridicate decît norma climatică [18, p.221-224]. În unii ani concreți (2000, 2007, 2009, 2012), valorile termice au constituit peste 35⁰C, față de linia centrală de 32,95⁰C (fig. 3.1a).

a



b



c

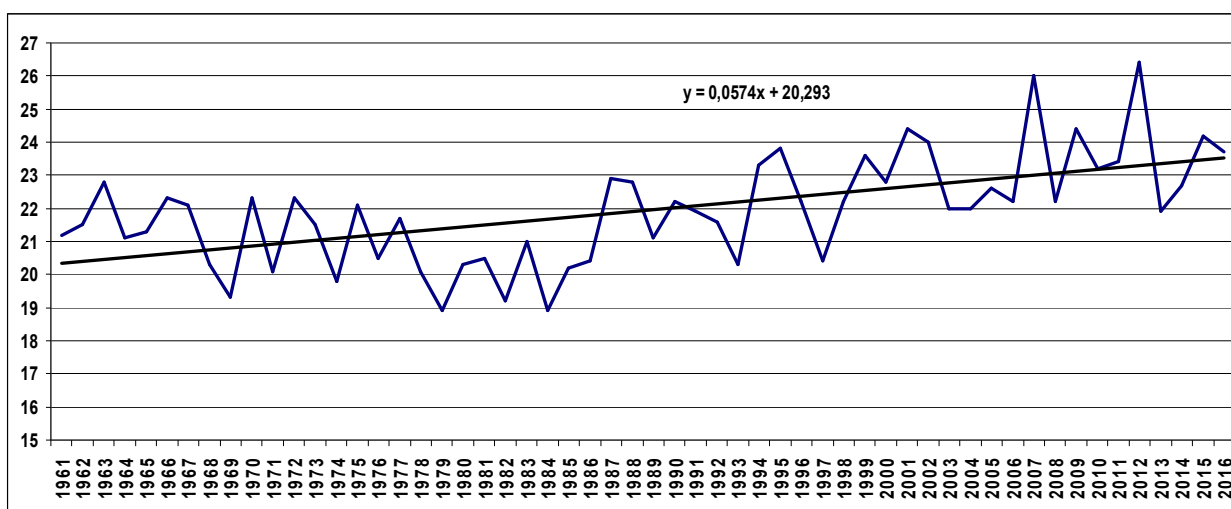


Fig.3.2. Tendința de majorare a temperaturii medii lunare (iulie) pe teritoriul Republicii Moldova (a- Briceni, b-Chișinău, c-Cahul) în perioada 1961-2016

În partea centrală a țării, liniei centrale îi corespunde valoarea de $34,52^{\circ}\text{C}$. Deși, în 3 cazuri se observă valori sub norma climatică, acestea la fel, sunt semnificative ($35,0^{\circ}\text{C}$). Deasupra liniei centrale cu valori mai sus de $36,0^{\circ}\text{C}$ se înscriu 11 ani (fig. 3.1 b).

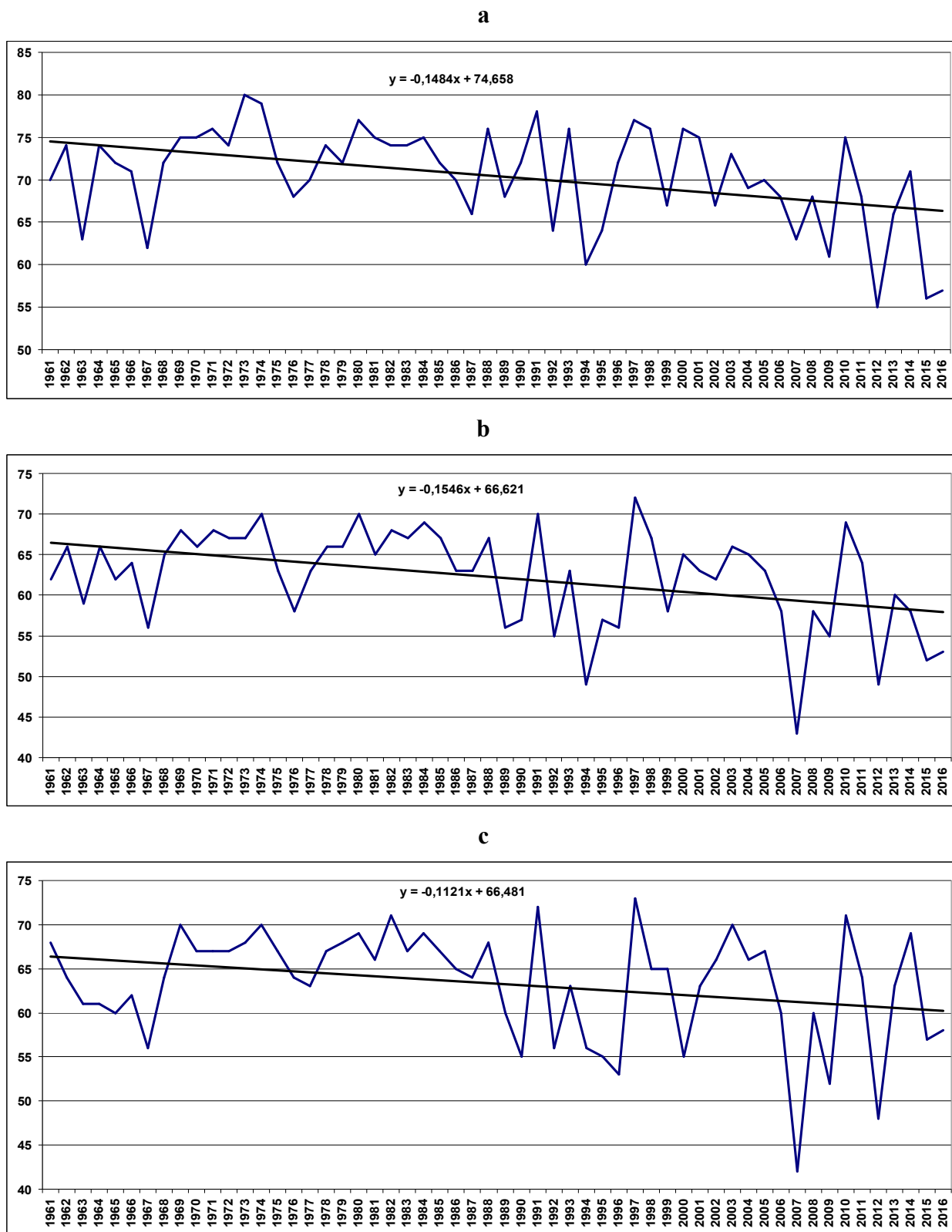


Fig.3.3. Tendința de micșorare a umidității lunare relative a aerului (iulie, %) pe teritoriul Republicii Moldova (a- Briceni, b-Chișinău, c-Cahul) în perioada 1961-2016

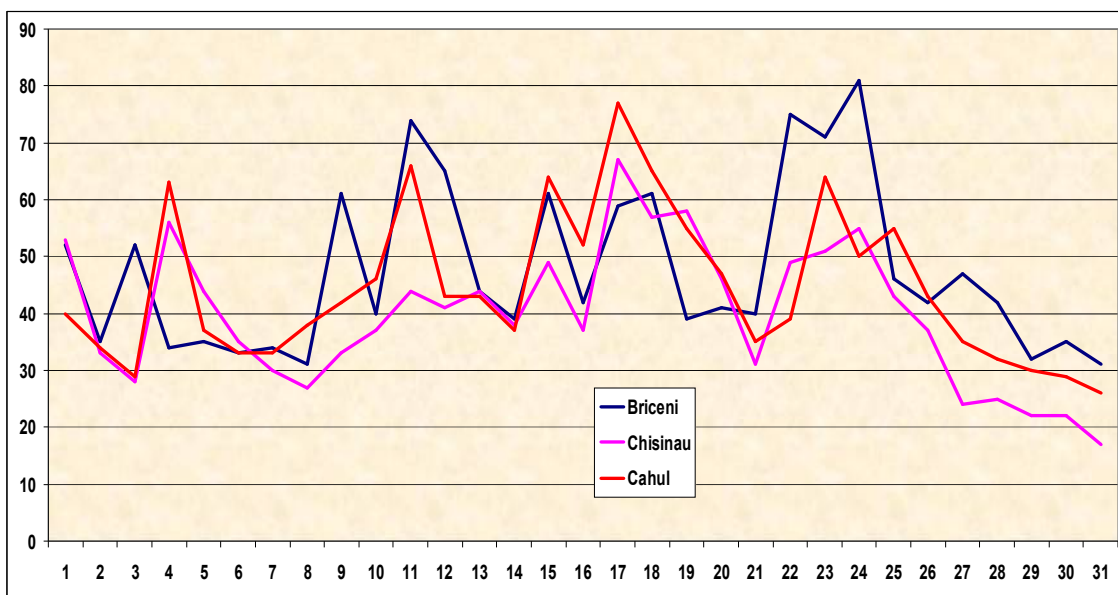
În sudul republicii, linia centrală este aproximativ aceeași ca și în cazul valorilor ce caracterizează regimul maximelor absolute din partea centrală (34, 64⁰C). Sub linia valorilor centrale, adică a mediilor multianuale, se înregistrează un singur caz, dar cu valori esențiale (35,0⁰C). Peste zona de 36,0⁰C se înscriu circa 14 cazuri (fig. 3.1 c).

Cele relatate, indică faptul, că în ultimele două decenii, crește intensitatea și frecvența temperaturilor maxim absolute, ceea ce demonstrează că perioada zilelor uscate persistă și probabil că această tendință se va păstra și în viitorul apropiat.

Ținând cont de faptul, că pe teritoriul Republicii Moldova se atestă o majorare (fig. 3.2) și a valorilor medii lunare, cu precădere în cea mai caldă lună a anului (iulie), când se observă și probabilitatea cea mai mare de manifestare a maximelor termice putem concluziona faptul, că această creștere a fondului termic se va menține și în viitorii ani apropiați [14, p.156-166]. Deși, în nordul țării (fig. 3.2.a), temperatura medie multianuală este de 19,6⁰C și constituie cu 2,2⁰C mai puțin decât în partea centrală (21,8⁰C) și cu 2,3⁰C (21,9⁰C) mai puțin decât în sudul țării, ritmul mai accelerat cu care se petrece aici sporirea temperaturii medii lunare din luna iulie comparativ cu restul teritoriului (0,0607⁰C/an), cel mai probabil, că va determina deplasarea arealului de aridizare a climei semnificativ spre nord.

Umiditatea relativă a aerului din această lună înregistrează o tendință de micșorare în perioada supusă studiului (1961-2016). Cu toate că valorile multianuale la nord constituie 70,4%, comparativ cu restul teritoriului, unde media multianuală variază în limitele 62,2% (Chișinău) și 63,2% (Cahul), în partea de nord a țării această micșorare este la fel semnificativă și constituie cu -0,0363% /an, comparativ cu partea de sud a țării (fig. 3.3a, b, c).

a



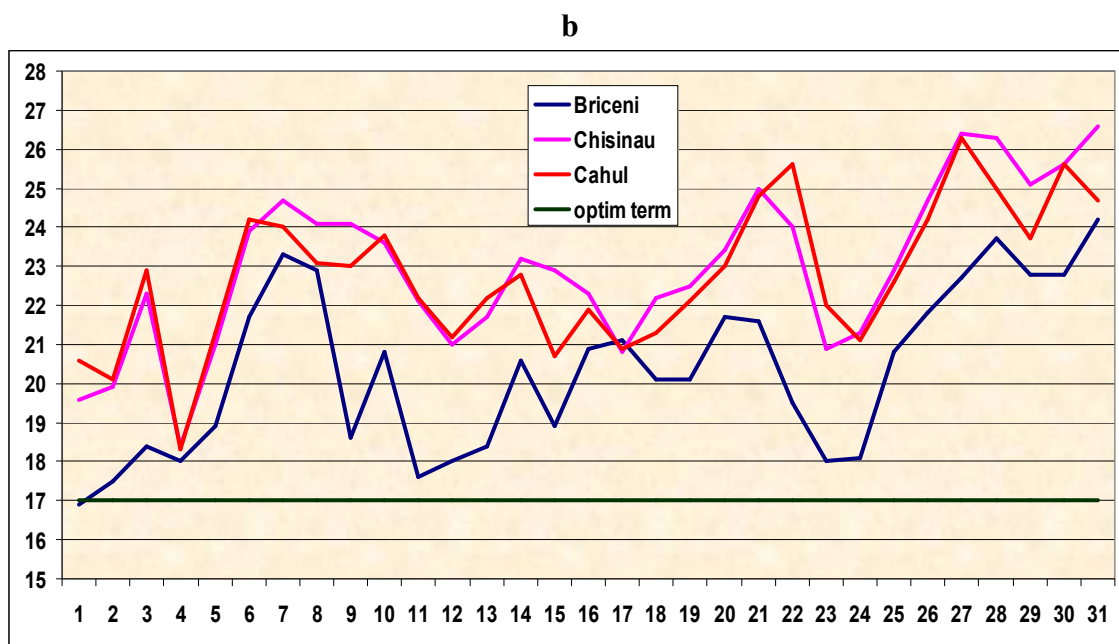


Fig.3.4. Umiditatea minimă diurnă (a) și temperatura diurnă (b) din luna iulie 2014 pe teritoriul Republicii Moldova

În unii ani luați aparte (spre exemplu iulie 2014) se conturează rolul combinat ai factorilor termo-pluviometrici în aridizarea climei. Astfel, în cea mai caldă lună a anului, în unii ani luați aparte, fiind considerați aproape de manifestarea anilor normali, în partea centrală și de sud, fondul termic a fost mai ridicat cu 3-4° comparativ cu partea de nord (fig. 3.4.b) și către finele lunii, temperatura diurnă a constituit peste 26°C, față de 22°C înregistrată în partea nordică a țării. Considerăm, că asemenea condiții meteorologice determină și aridizarea diferită pe teritoriul Republicii Moldova.

Așadar, limitele variabilităților termice constituie 33,2....35,8°C în cazul maximelor termice și 63...66,7% - în cazul umidității relative a aerului. Modelarea cartografică a temperaturii maxime și a umidității relative a aerului din perioada sus nominalizată (iulie 2014) și suprapunerea unor sectoare unde acestea au înregistrat consecințe ale aridizării, scoate în evidență specificul manifestării și formării condițiilor climatice caracteristice procesului de aridizare climatică (fig. 3.4.a).

În același timp, se atestă o scădere pronunțată a valorilor ce caracterizează umiditatea minimă relativă a aerului și anume sub 20% în partea centrală și de sud. Astfel, se constată că zonele (fig. 3.5) cu instalarea perioadelor uscate cu temperaturi sporite și deficit pluviometric scăzut pot fi cu precădere în sudul țării (raioanele Ștefan-Vodă, Taraclia, Cahul, Comrat).

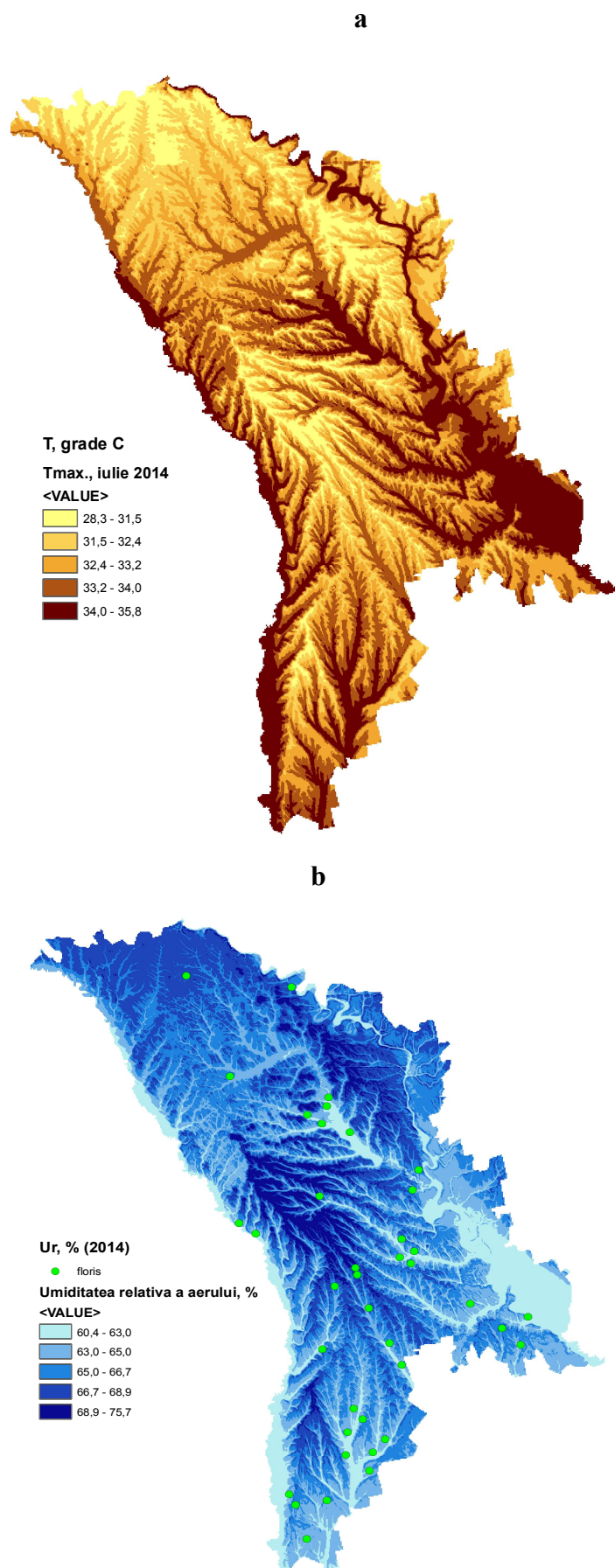


Fig.3.5. Modelarea cartografică a temperaturii maxime (a) și a umidității relative a aerului (b) în anumiți ani concreți (2014).

Asemenea tendințe se păstrează și în restul lunilor din perioada caldă a anului, iar în cazul păstrării tendințelor regionale de schimbare a climei care se caracterizează prin majorarea regimului termic și scăderea umidității relative, se vor crea condiții favorabile pentru intensificarea procesului de aridizare și în viitorii ani apropiați.

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

Ariditatea în noile condiții climatice, necesită luarea în calcul a unor asemenea indici, care ar putea explica adecvat acest proces. Cu atât mai mult, că în condițiile Republicii Moldova, pe fondul creșterii temperaturii, se majorează și cantitățile maxime diurne a precipitațiilor atmosferice. Caracterul variabil ale acestora din ultima perioadă de timp cu alternările frecvente ale perioadelor ploioase declanșatoare de inundații cu perioadele uscate și secetoase, determină 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 [47, 50, 71, 75], 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.

La nivel regional, în paralel cu indicele CHT , estimarea gradului de ariditate, în speță cu referire la impactul acesteia asupra sectorului agricol și forestier, a fost efectuat prin intermediul Indicelui Aridității (Im) Em. de Martonne [115, 19], care exprimă coraportul dintre precipitațiile atmosferice anuale (sezoniere, lunare) și temperatura medie anuală (sezonieră, lunară) plus 10.

$$Im = P / T + 10 \quad (3.2)$$

Este cazul să se menționeze, că acest indice al aridității (Im), în ultima perioadă de timp, tot mai des cu succes se utilizează în țările cu insuficiență de umiditate. Mai mult decât atât, Centrul Internațional de Climatologie ”Variability Analysis of Surface Climate Observations (GPCC/VASCLimO) a întocmit harta repartiției mondiale a Im calculat pentru perioada 1951-2000. Rezultatele obținute în cercetările anterioare [21, p.46] exprimate prin modelările cartografice regionale destul de bine se concordează cu valorile repartiției mondiale ale acestui indice, de aceea considerăm binevenită utilizarea informației existente cu privire la acest indice.

Procesul de aridizare, mai ales din sud-estul Europei, confirmă utilitatea și a altui indice, și anume a Indicelui Standardizat al Precipitațiilor Atmosferice (*SPI*), formulat de Mc Key și utilizat în estimările spațio-temporale regionale [117, p.73-84]. Acesta reprezintă echivalentul anomaliei standardizate a variabilei aleatoare de la norma climatică:

$$SPI = (x_i - x) / \sigma \quad (3.3)$$

(unde x_i și x corespundător reprezintă valoarea meteorologică factologică și a normei climatice, σ - devierea standard).

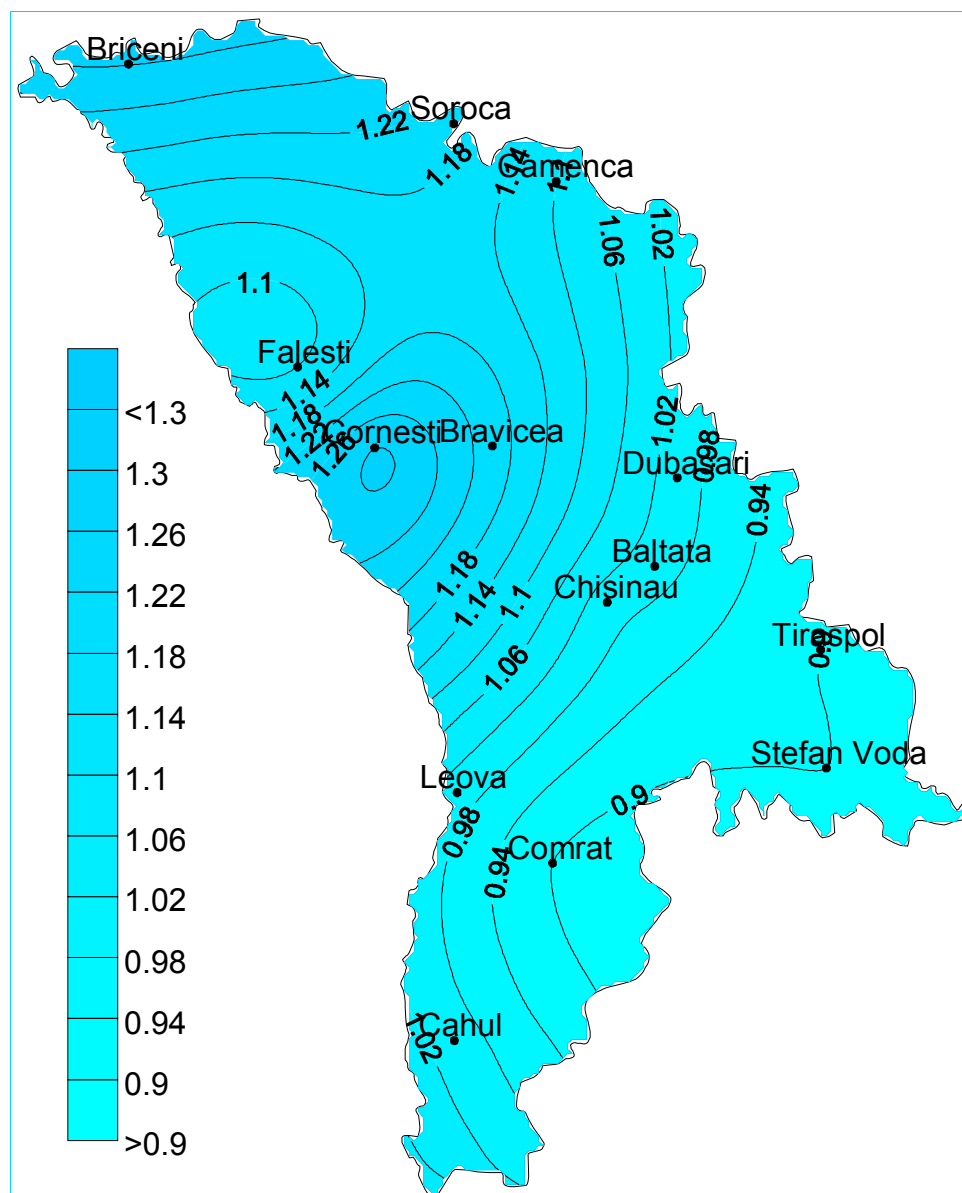


Fig. 3.6. Repartiția spațială a Coeficientului Hidrotermic Seleaninov

Dacă Indicele de Ariditate de Martonne și Indicele Standardizat al Precipitațiilor Atmosferice reflectă adecvat condițiile de ariditate de pe teritoriul țării, Coeficientul Hidrotermic

Seleaninov, care a avut o aplicabilitate largă în trecut, actualmente necesită o precizare. Schimbările climatice din ultimii ani, după cum demonstrează cercetările anterioare [19], influențează substanțial valorile acestuia, fapt demonstrat și de harta digitală privind repartitia acestuia în spațiu cu includerea valorilor numerice din ultimii ani. Așadar, pe teritoriul Republicii Moldova se atestă o majorare a valorilor CHT, trecând peste limita unității chiar și în sudul țării, fapt confirmat și de datele multianuale înregistrate la Cahul (1.02). Cele mai scăzute valori, dar și aceleași fiind aproape de unitate caracterizează regimul de umiditate ca favorabil, chiar și în extremitatea sud-estică, unde CHT constituie 0.9 (fig. 3.6). Deci, estimarea gradului de ariditate prin intermediul Coeficientului Hidrotermic Seleaninov nu reflectă adecvat starea actuală a regimului de umiditate de pe teritoriul Republicii Moldova.

Concluziile obținute a condiționat și revizuirea Indicelui de Ariditate (*Ia*) propus de UNEP (1992) și UNESCO (1979), ce exprimă raportul dintre cantitatea precipitațiilor atmosferice și evaporabilitate [25, p. 278-340]. Este important să se menționeze faptul, că acest indice, practic se utilizează în toate țările cu regim de umiditate instabil. În funcție de variația regională a valorilor sale (tab.3.1), au fost stabilite patru categorii de ariditate a teritoriilor la nivel global (UNEP, 1992).

Tabelul 3.1. Clasificarea UNESCO/UNEP a terenurilor în funcție de gradul de ariditate

Categoria	Indicele de ariditate	Suprafața globală (%)
Hiperarid	< 0,05	7,5
Arid	0,05 -0,20	12,1
Semiarid	0,20 -0,50	17,7
Uscat semiumed	0,50 -0,65	9,9

Așadar, Indicele de Ariditate UNESCO/UNEP demonstrează existența sau absența deficitului de umiditate în cadrul arealelor supuse studiilor.

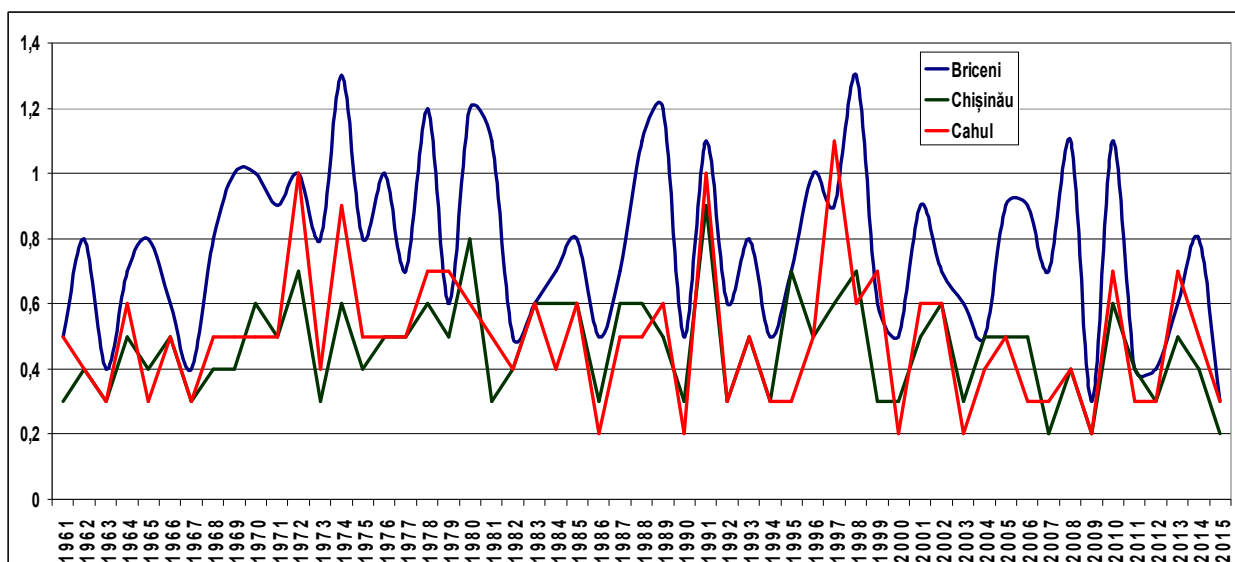


Fig. 3.7. Analiza temporală a Indicelui de Ariditate (I_a) pe teritoriul Republicii Moldova

În vederea obținerii unor estimări comparative cu cercetările anterioare [19, p.306], a fost calculat I_a pentru perioada de vegetație, luînd în considerație întreaga perioadă actualizată (1961-2016).

S-a constatat, că în aspect temporal, în sudul țării, în anumiți ani concreți (fig. 3.7), cu precădere în ultimele decenii, I_a atinge limita care caracterizează clima ca aridă. Aceste valori substanțial se deosebesc de valorile I_a ce caracterizează nordul țării, unde Indicele de Ariditate estimează clima în această regiune ca uscat- semiumedă (de 0.65).

Modelarea cartografică relevă faptul, că în perioada de vegetație, Indicele de Ariditate (I_a) conform valorilor sale în Stepa Bălțului (la nord), în sudul, sud-estul și partea central-estică a țării se află la limita de 0.5, caracterizează clima ca semiaridă și uscat-semiumedă (fig. 3.8). Valori de peste 0.68 li se atribuie teritoriilor altitudinale din nordul și partea centrală a țării. Menționăm, că aceste valori sunt mai scăzute decît cele obținute în cercetările anterioare [47], aceasta servind drept dovadă, că condițiile climaterice devin mai aride în perioada de vegetație.

Estimările temporale privind Indicele perioadelor uscate (I_{zu}) elaborat la nivel regional, (dar cu aplicabilitate și în evaluările internaționale), relevă că în ultimii ani, gradul de aridizare este pronunțat [150, p.1-8], pentru lunile mai-august, perioadă de timp, cînd poluarea apelor de suprafață poate spori din cauza aridizării.

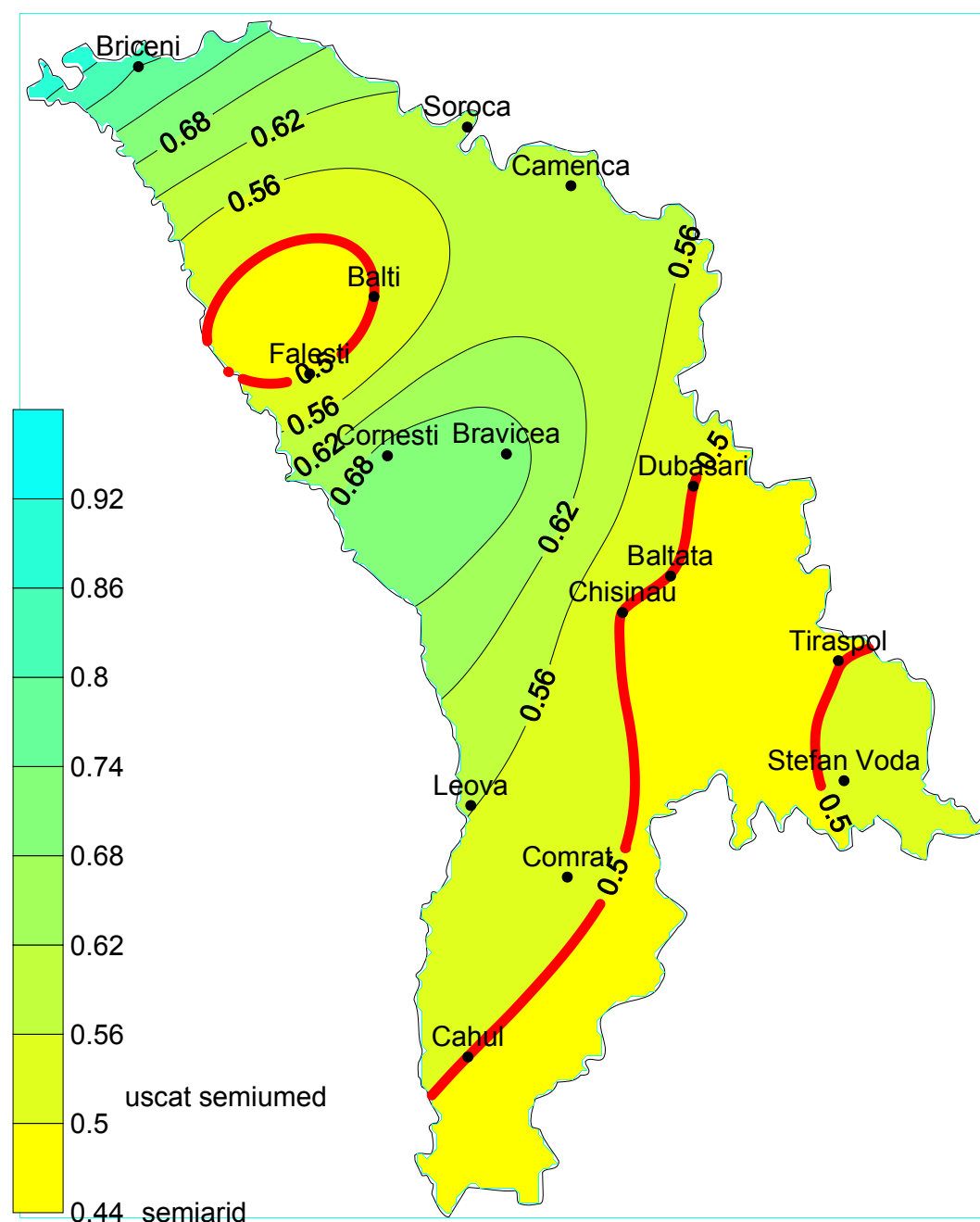


Fig.3.8. Repartiția spațială a Indicelui de Ariditate (Ia)

Analiza în dinamică a *Izu*- indicator util în estimarea aridizării climei în cadrul lunilor mai-august, când necesarul în apă este deosebit în condițiile Republicii Moldova, demonstrează că valorile acestui indice în ultimii ani trec de limita perioadelor uscate semnificative (fig. 3.9). Astfel, în nordul țării această limită a fost întrecută de 4 ori pe "axa timpului" (fig. 3.9.a), iar în partea de sud a țării, în aceeași perioadă de referință (1960-2015), au fost înregistrate 7 cazuri peste limita perioadelor uscate semnificative (fig. 3.9.b).

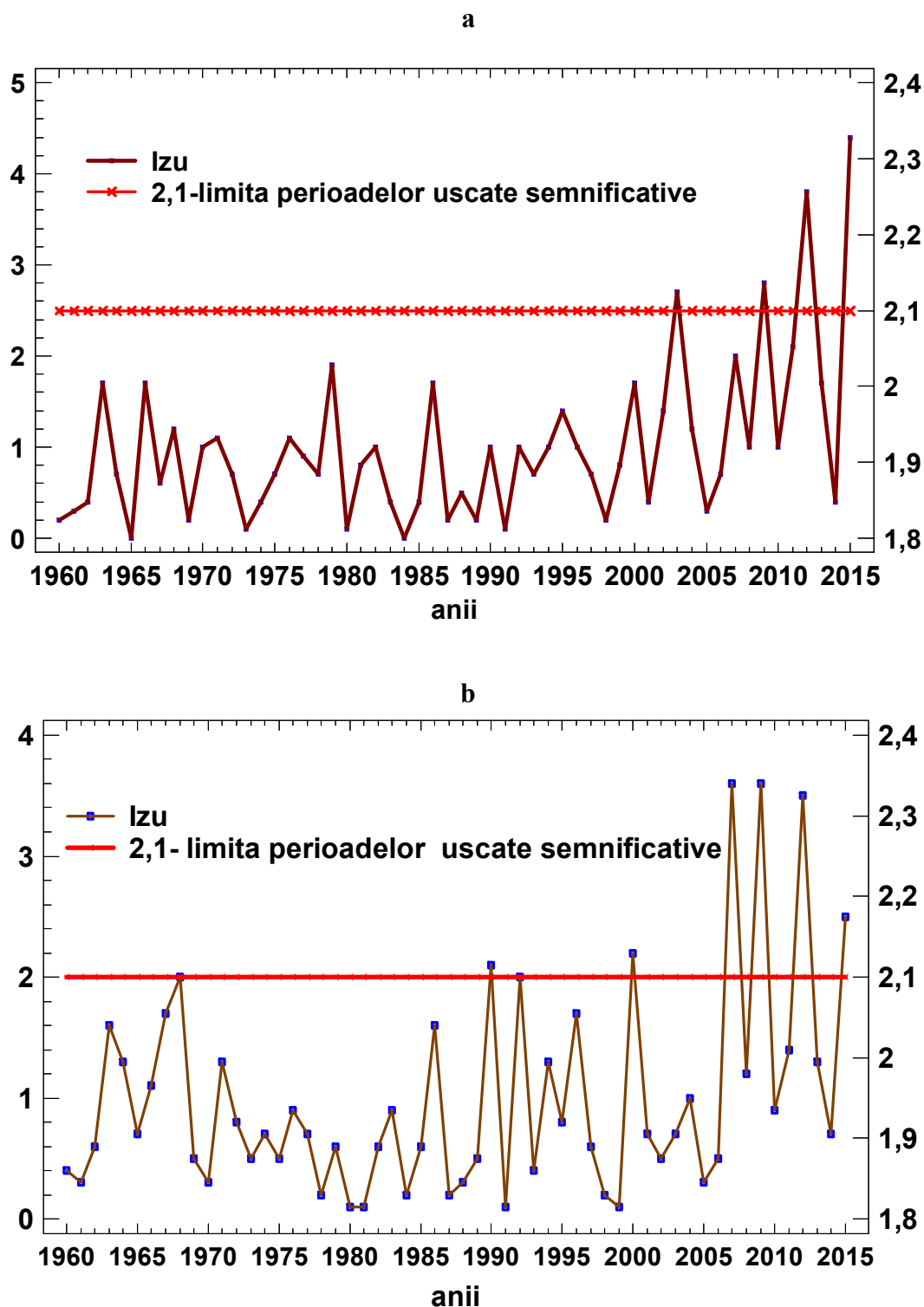


Fig.3.9. Evoluția Indicelui perioadelor uscate, Izu (1960-2015)
(a-Briceni; b-Cahul)pe teritoriul Republicii Moldova

Menționăm, că cele mai înalte valori ale *Izu*, atât în partea de nord cât și de sud a țării au fost înregistrate în anii 2007, 2009, 2012, 2015- ani, când gradul de aridizare a climei a fost cel mai pronunțat în ultimele două decenii [18, p.221-224].

Perioadele uscate semnificative condiționează apariției deficitului de apă climatic, cel din urmă fiind sensibil față de valorile evaporabilității înregistrate.

Evapotranspirația de referință, cunoscută în trecut sub denumirea de evaporabilitate sau evaporație potențială, este un indicator important utilizat în studii climatologice și hidrologice ce caracterizează bilanțul apei în sol și cerințele de apă ale culturilor agricole. De asemenea, acest parametru aduce informații geografice privind tipul de peisaj și tipul sau clasa de sol.

Diferența dintre valorile anuale ale precipitațiilor și ale evaporabilității, definit Deficit anual (*DEF*) de Apă Climatic (sau hidrologic) în marea parte a teritoriilor cu regim de umiditate instabil este cu semnul negativ. *DEF* reprezintă o diferență între termeni mai adecvați ce caracterizează esența peisajului natural, prin contribuția evaporabilității în locul temperaturii, precipitațiile și aceasta având aceleași unități de măsură, mm.

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 pentru a identifica formula adecvată valorilor factologice. Realizările științifice obținute la acest compartiment au fost necesare, deoarece, observații privind evaporația factologică sunt destul de limitate în republică, efectuându-se doar la 7 din cele 17 stațiuni meteorologice existente. Calculul acestui parametru a fost efectuat prin mai multe formule cum ar fi: formula Alpatiev – conform deficitului de umiditate a aerului; formula Ivanov – care a luat în calcul temperatura medie a aerului în complex cu media lunară a umidității relative a aerului, formulele Costin și Olidecop fiind calculate după temperatura aerului și insuficiența de saturare a aerului cu umezeală și formula Budîco, în care calculul evaporabilității se efectuează după suma temperaturilor active care se află în strânsă legătură cu bilanțul radiativ. S-a constatat, că metoda propusă de N.Ivanov [19, p.164-167], cel mai bine aproximează valorile evaporabilității calculate de valorile factologice.

Astfel, fost calculată și elaborată baza de date privind valorile ce caracterizează evaporabilitatea anuală pe teritoriul republicii (tab. 3.2). Se constată că cele mai înalte valori în aspect multianual se înregistrează în partea centrală (Chișinău... 942,9 mm) și de sud (Comrat... 907,8 mm). Valorile maxime variind în limitele 1292-1343 mm.

Tabelul 3.2. Indicii statistici ce caracterizează valorile evaporabilității anuale (mm) în perioada 1961-2015

Indici statistici	Briceni	Chisinau	Comrat
X	704,1	942,9	907,8
Cv	16,7 %	14,2%	15,1%
Minimum	454,5	658,5	644,4
Maximum	1080,4	1343,0	1292,3

În același timp, în anii uscați, odată în 10 ani, aceasta (E_0) poate constitui 1106.3-1132.2 mm în partea centrală și de sud, fapt de care trebuie să se țină cont la determinarea Deficitului de Apă Climatic și deci și a normelor de irigare (tab. 3.3).

Tabelul 3.3. Evaporabilitatea (mm) cu diferit grad de asigurare pe teritoriul Republicii Moldova

Asigurarea	Briceni	Chisinau	Comrat
1,0%	454,5	658,5	644,4
5,0%	541,5	743,8	705,1
10,0%	569,5	805,2	768,7
25,0%	624,1	843,5	818,2
50,0%	701,8	943,0	875,1
75,0%	769,0	1008,0	968,9
90,0%	847,5	1132,2	1106,3
95,0%	951,7	1252,5	1189,3
99,0%	1080,4	1343,0	1292,3

Estimarea intensității și frecvenței evaporabilității în partea de nord a republicii (tab.3.4), în aspect anual demonstrează, că în cele mai dese cazuri (44 din 55 ani), evaporabilitatea variază în limitele 550-820 mm.

Tabelul 3.4. Intensitatea și frecvența de manifestare a evaporabilității (mm) în partea de nord (st.Briceni) a Republicii Moldova

Clasele	Limita inferioară	Limita superioară	Frecvența
1	420,0	464,4	1
2	464,4	508,8	0
3	508,8	553,3	2
4	553,3	597,7	5
5	597,7	642,2	11
6	642,2	686,6	7
7	686,6	731,1	12
8	731,1	775,5	4
9	775,5	820,0	5
10	820,0	864,4	3
11	864,4	908,8	2
12	908,8	953,3	1
13	953,3	997,7	1
14	997,7	1042,2	0
15	1042,2	1086,6	1
16	1086,6	1131,1	0
17	1131,1	1175,5	0
18	1175,5	1220,0	0

În partea centrală a țării (tab.3.5), în 47 din 55 ani, evaporabilitatea anuală variază de la 797,8 – 1153,3 mm.

Tabelul 3.5. Intensitatea și frecvența de manifestare a evaporabilității (mm) în partea centrală (st.Chișinău) a Republicii Moldova

<i>Clasele</i>	<i>Limita inferioară</i>	<i>Limita superioară</i>	<i>Frecvența</i>
1	620,0	664,4	1
2	664,4	708,8	0
3	708,8	753,3	2
4	753,3	797,7	1
5	797,7	842,2	9
6	842,2	886,6	6
7	886,6	931,1	8
8	931,1	975,5	9
9	975,5	1020,0	8
10	1020,0	1064,4	4
11	1064,4	1108,8	1
12	1108,8	1153,3	2
13	1153,3	1197,7	1
14	1197,7	1242,2	0
15	1242,2	1286,6	1
16	1286,6	1331,1	1
17	1331,1	1375,5	1
18	1375,5	1420,0	0

Deși, s-ar părea că aceste valori sunt cele mai înalte în aspect spațial, partea de sud a țării (tab.3.6), înregistrează o frecvență mai sporită a evaporabilității anuale. Aceasta, în 49 de cazuri din 55 ani constituie 743,3- 1143,3 mm.

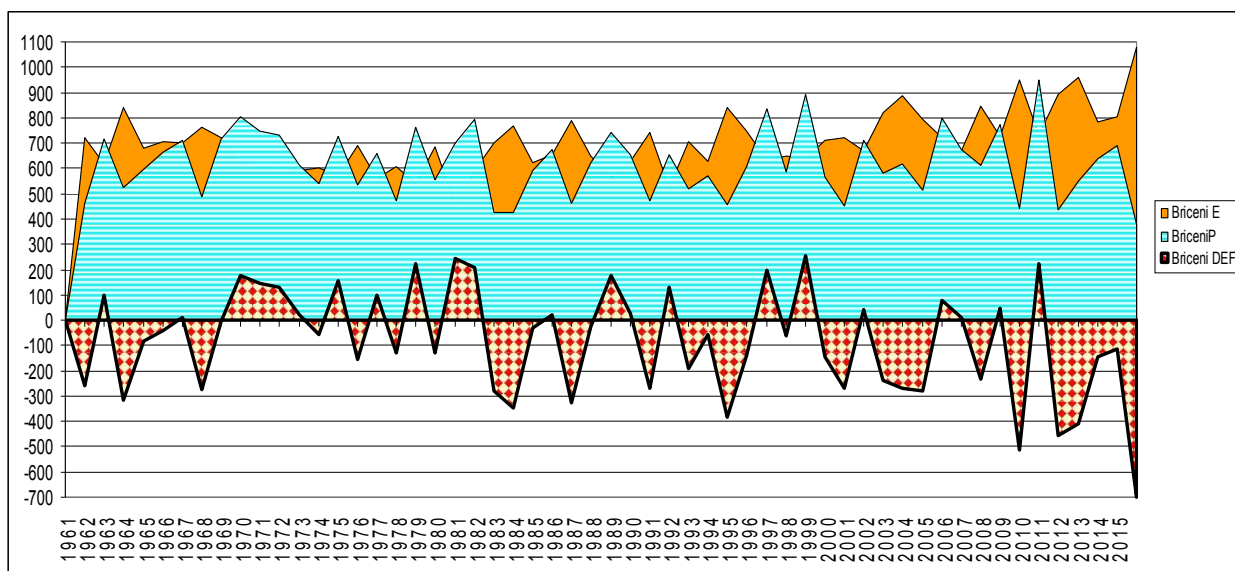
Tabelul 3.6. Intensitatea și frecvența de manifestare a evaporabilității (mm) în partea de sud (st.Comrat) a Republicii Moldova

<i>Clasele</i>	<i>Limita inferioară</i>	<i>Limita superioară</i>	<i>Frecvența</i>
1	610,0	654,4	1
2	654,4	698,8	1
3	698,8	743,3	1
4	743,3	787,7	8
5	787,7	832,2	7
6	832,2	876,6	10
7	876,6	921,1	4
8	921,1	965,5	9
9	965,5	1010,0	3
10	1010,0	1054,4	2
11	1054,4	1098,8	3

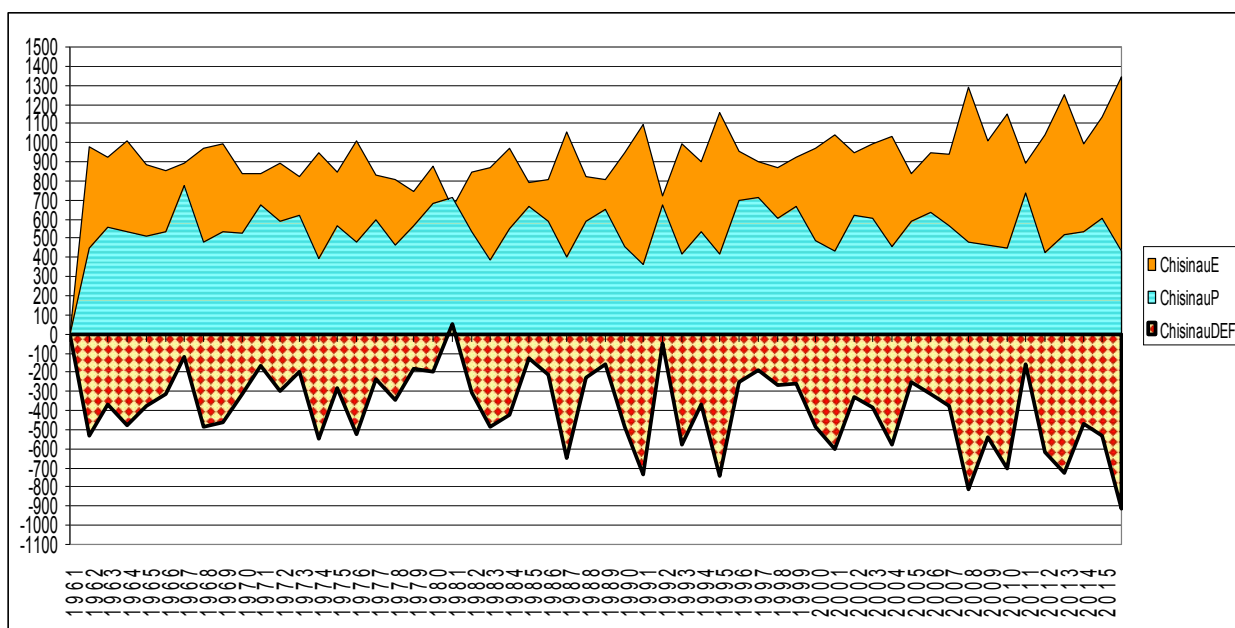
12	1098,8	1143,3	3
13	1143,3	1187,7	0
14	1187,7	1232,2	1
15	1232,2	1276,6	1
16	1276,6	1321,1	1

Estimarea mersului multianual al evaporabilității (E_0), a precipitațiilor atmosferice anuale (P) și a Deficitului de Apă Climatic (DEF), relevă faptul, că cele mai neesențiale valori ale DEF anual se atestă în partea de nord a țării (fig. 3.9 a). În această zonă a țării, cele mai mari valori acesta le-a înregistrat în 2015, când deficitul de apă climatic (DEF) a fost de -701,1 mm, față de -84,2 mm, media multianuală înregistrată în perioada anilor 1961-2015.

a



b



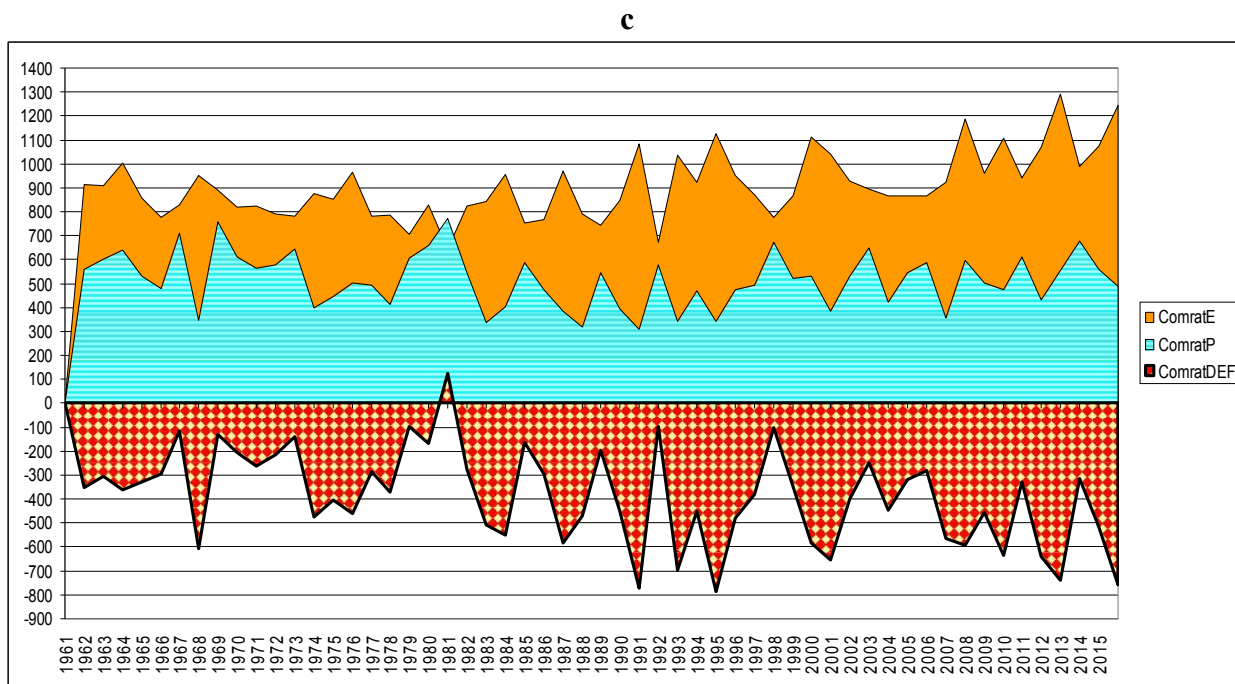


Fig. 3.9. *Evoluția concomitentă a evaporabilității (E_0), precipitațiilor atmosferice anuale (P) și a deficitului (DEF) de apă climatic (a- Briceni; b-Chișinău; c-Comrat)*

În partea centrală a republicii, evoluția concomitentă a evaporabilității, precipitațiilor atmosferice anuale și a Deficitului de Apă Climatic indică, că valorile acestuia esențial cresc (fig. 3.9b), iar în ultimele decenii acestea, constituie sub -600 mm, față de media multianuală de -393,7 mm, maximumul deficitar fiind de -913 mm atestat în 2015.

În sudul republicii, analiza temporală a evaporabilității, precipitațiilor atmosferice anuale și a Deficitului de Apă Climatic, relevă faptul, că indicele DEF în majoritatea cazurilor (fig. 3.9c), în ultimele decenii, însumează valori de -600... -700 mm, față de media multianuală de -391,5 mm. Ca și în cazul precedent, cele mai semnificative valori au fost înregistrate în 2015 (-913 mm).

Valori esențiale ale DEF anual în ultima perioadă au fost înregistrate în anii 2010, 2012, 2013 pe tot teritoriul Republicii Moldova, ceea ce încă odată confirmă la estimarea acestui indice și în aspect lunar, cu scopul reglementării normelor de irigare. Astfel, cunoașterea intensității și frecvenței de manifestare a deficitului de apă climatic va contribui la stabilirea normelor concrete de irigare și deci de utilizare corectă a resurselor de apă potabilă.

Așadar, majorarea maximelor termice, instalarea perioadelor uscate în ultima perioadă de timp, tendința de intensificare a procesului de vaporizare, creșterea numerică a valorilor ce caracterizează Deficitul de Apă Climatic condiționează estimarea indicilor complecși prin care s-ar putea scoate în evidență gradul de continentalism a climei regionale. Potrivit [17, p.55-57, 28, p.12-26] Indicele Diekman (Id) poate fi considerat drept edificator a gradului de

continentalism conform regimului precipitațiilor atmosferice. El se exprimă prin diferența dintre suma cantităților de precipitații din intervalul mai-iulie și cea a intervalului august-septembrie.

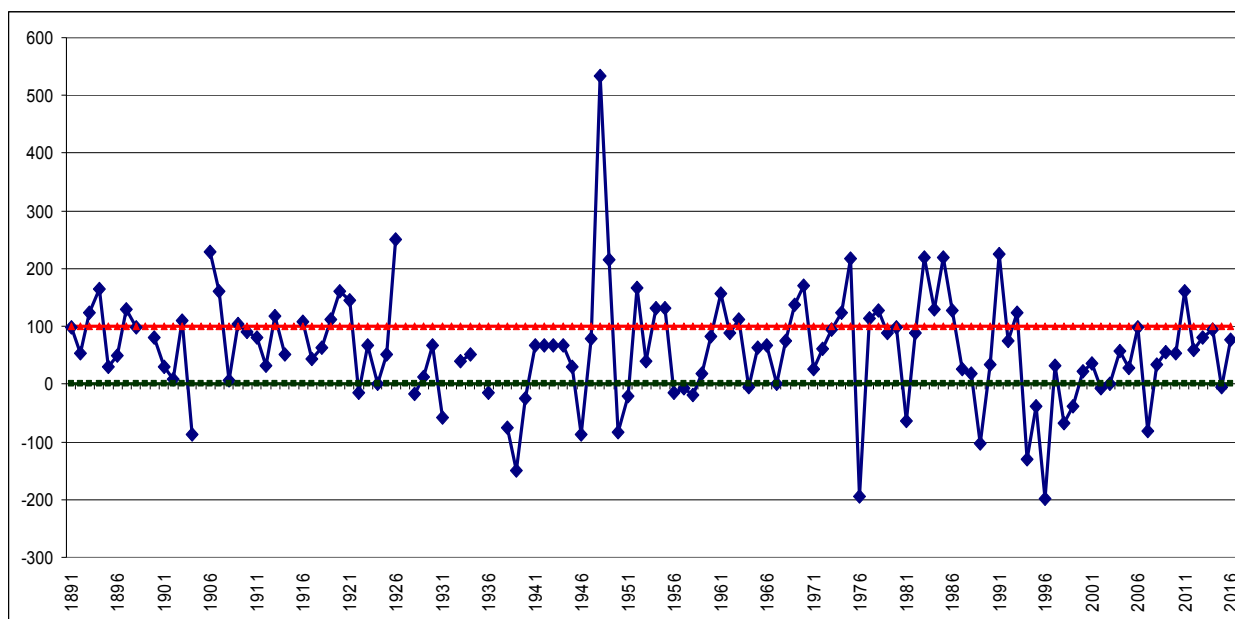


Fig.3.10. Mersul multianual al Indicelui Diekman, st.Chișinău (1891-2016)

Analiza mersului multianual al Indicelui Diekman pentru o perioadă de mai mult de un secol, demonstrează că în majoritatea anilor Id însumează valori pozitive și exprimă gradul de continentalitate a climei regionale. Perioada cu cele mai semnificative valori ale Id , când acestea depășesc limita de 100 mm aparține sfârșitul anilor 40 și până la începutul anilor 90 ai secolului trecut. Precipitațiile din lunile mai, iunie, iulie au prevalat asupra cantităților pluviometrice atestate lunilor august, septembrie și octombrie (fig. 3.10).

Tabelul 3.7. Topul anilor cu grad înalt și scăzut de continentalitate a climei regionale, conform Id (mm)

Anii cu gradul înalt de continentalitate conform Id		Anii cu gradul scăzut de continentalitate conform Id	
1948	533	1996	-198
1926	250	1976	-194
1906	230	1939	-149
1991	225	1994	-130
1985	220	1989	-103
1983	219	1946	-87
1975	217	1904	-86,3
1949	215	1950	-83
1970	170	2007	-82
1952	167	1938	-75

Valorile maxim absolute aparțin anului 1948, cînd acestea au fost de tocmai 533 mm (tab. 3.7), media multianuală fiind de 59,7 mm. Calculul intensității și frecvenței Indicelui Diekman relevă faptul (tab. 3.7), că pe parcursul seriilor observațiilor instrumentale în 54 de cazuri limita variabilității a fost cuprinsă între valorile 45,7...140,9 mm, iar în 14 cazuri acesta s-a caracterizat prin valori de 140,9...236,2 mm, fapt confirmat și prin analiza graficului proporției quantilelor acestui indice (fig. 3.11) .

Tabelul 3.7. Intensitatea și frecvența *Id* (mm), st.Chișinău (1891-2016)

Clasele	Limita de jos	Limita de sus	Frecvența	Frecvența relativă
1	-240,0	-192,381	2	0,0168
2	-192,381	-144,762	1	0,0084
3	-144,762	-97,1429	2	0,0168
4	-97,1429	-49,5238	8	0,0672
5	-49,5238	-1,90476	13	0,1092
6	-1,90476	45,7143	23	0,1933
7	45,7143	93,3333	31	0,2605
8	93,3333	140,952	23	0,1933
9	140,952	188,571	8	0,0672
10	188,571	236,19	6	0,0504
11	236,19	283,81	1	0,0084
12	283,81	331,429	0	0,0000
13	331,429	379,048	0	0,0000
14	379,048	426,667	0	0,0000
15	426,667	474,286	0	0,0000
16	474,286	521,905	0	0,0000
17	521,905	569,524	1	0,0084

Așadar, aridizarea în noile condiții climatice necesită luarea în calcul a unor indici, care ar putea explica adecvat acest proces. Cu atît mai mult, că în condițiile Republicii Moldova pe fondul creșterii temperaturii, se majorează și cantitățile de precipitații atmosferice. Caracterul variabil ale acestora din ultima perioadă de timp cu instalarea perioadelor uscate și secetoase, determină selectarea celor mai optimi indici ecometrici, care ar putea explica corect apariția aridizării pronunțate în ultima perioadă de timp.

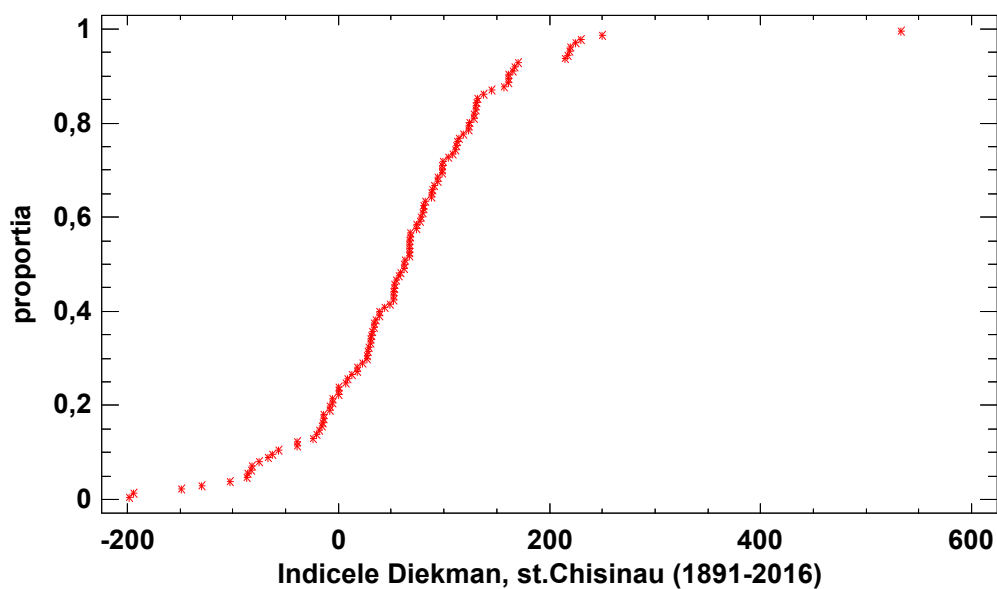


Fig. 3.11. *Quantilele Indicelui Diekman calculat pentru perioada observațiilor instrumentale (1891-2016)*

Estimarea spațială a valorilor maxime a Indicelui Diekman înregistrate în 1948 (fig. 3.12),

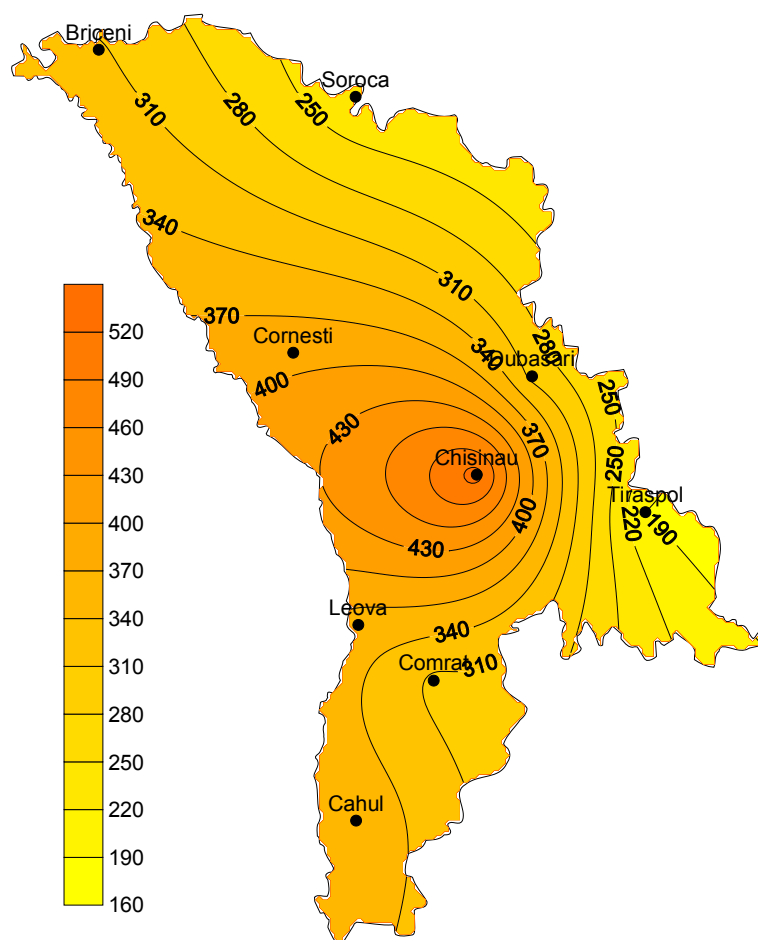


Fig. 3.12. *Valorile maxime ale Indicelui Diekman pe teritoriul Republicii Moldova, anul 1948*

indică că cel mai vulnerabil teritoriu către intensificarea gradului de continentalism a fost teritoriul localizat în partea central vestică, unde au prevalat cele mai esențiale valori pluviometrice pentru lunile mai, iunie, iulie față de cele înregistrate în lunile august, septembrie, octombrie.

Constatăm, că actualmente caracterul precar de cădere a precipitațiilor atmosferice din a doua jumătate a perioadei calde a anului și micșorarea cantităților de precipitații în lunile mai, iunie, iulie incadrează ultimii ani în limita culoarului cu valori de la 0 spre 100 mm. În același timp, în anii concreți care s-au caracterizat ca uscați cum ar fi 2007, 2012 gradul de ariditate a influențat extrem de periculos calitatea apelor de suprafață. Cele relatate presupune elaborarea unui registru cu mai mulți indici ce caracterizează gradul de continentalism a climei cu scopul evidențierii procesului de aridizare, în contextul schimbărilor climatice.

La părerea noastră, unul dintre acești indici, este Indicele ecometric Lang (I_l) care poate ilustra atât succesiunea lunilor ploioase cât și a celor aride. Acesta ține cont de raportul precipitații - temperatură, ca expresie a intrărilor și ieșirilor de apă din sistem, temperatura fiind unul din factorii principali a evapotranspirației. Rezultatele obținute sunt extrem de utile în estimarea actuală a resurselor de apă de suprafață în aspect regional.

Calculul parametrilor statistici ce relevă media multianuală pentru ultima perioadă de timp (1961-2016), demonstrează, că conform I_l nordul țării se caracterizează printr-un climat temperat cald (76,2), iar în partea centrală și de sud, conform valorilor acestui indice (55,4...53,3), clima se caracterizează ca semiaridă. Cele mai neesențiale valori a Indicelui Lang (I_L) în nordul țării au constituit 36,1, în partea centrală – 31,9 și în sudul acesteia valorile cele mai scăzute au constituit 29,8. În același timp, cele mai mari valori a I_L au fost înregistrate în nordul republicii, constituind 121,5. Despre variabilitatea esențială a acestui indice vorbesc și valorile sigmei (tab. 3. 8).

Tabelul 3.8. Indicii statistici ce caracterizează Indicele Lang (I_L)

Indici statistici	Briceni			Chișinău			Cahul		
	I_L anual	I_L vara	I_L iulie	I_L anual	I_L vara	I_L iulie	I_L anual	I_L vara	I_L iulie
X	76,2	12,9	4,9	55,4	8,9	3,1	53,3	9,0	2,9
Σ	20,7	4,2	3,3	12,7	3,2	1,8	13,5	4,0	2,1
Minimum	36,1	2,9	0,2	31,9	2,7	0,2	29,8	2,6	0,0
Maximum	121,5	23,3	16,3	85,8	17,6	7,6	53,3	9,0	2,9

Deci, 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 caracterizat ca o climă temperat caldă. Pe măsura deplasării spre centru, doar în 20 cazuri clima s-a caracterizat ca temperat caldă, în 28 de cazuri ea 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 până la 25. Crește semnificativ și anume până la 13 cazuri, anii când clima a fost caracterizată ca stepică (fig. 3.13 a).

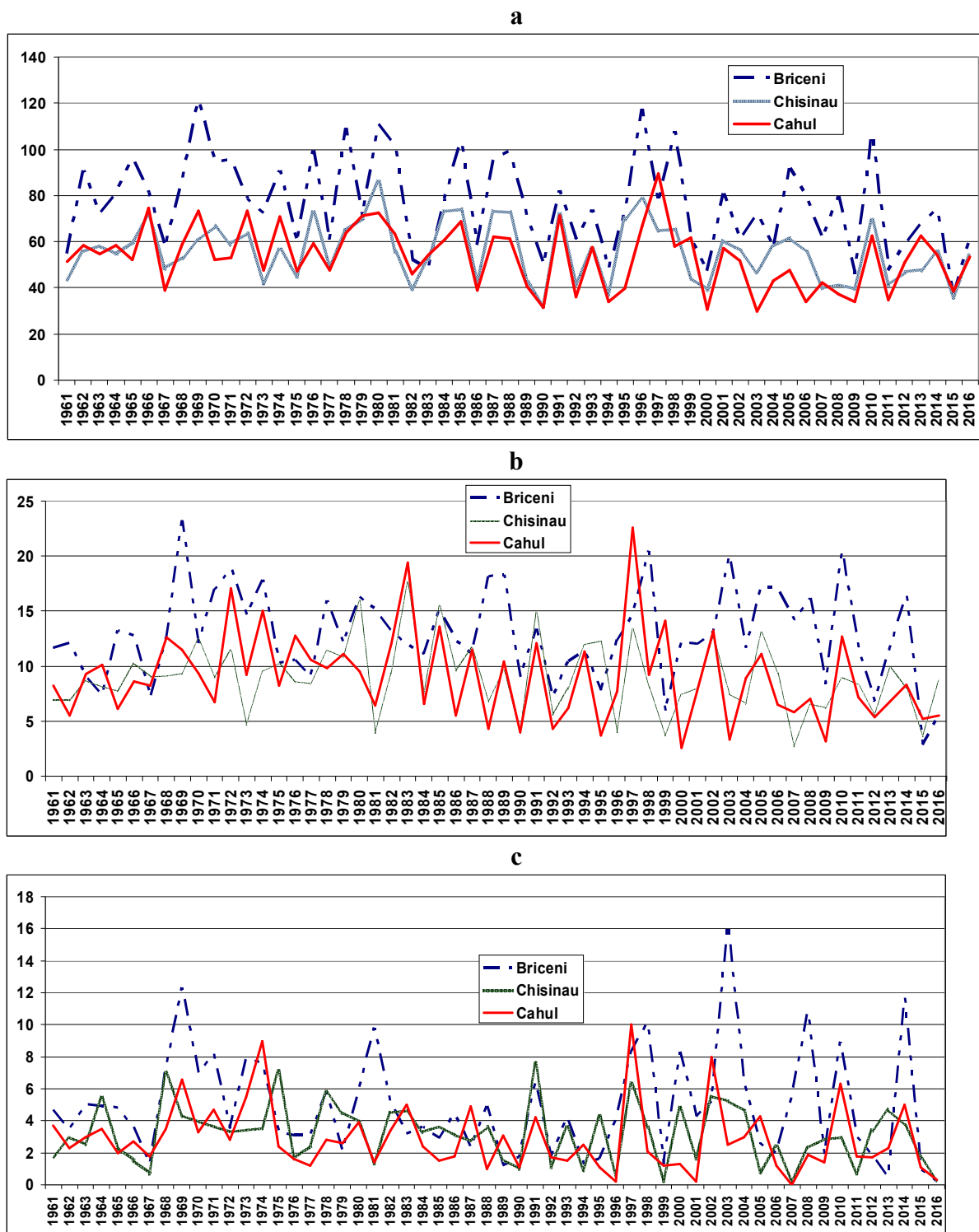


Fig. 3.13. *Dinamica Indicelui ecometric Lang (I_L), în aspect anual (a), sezonier (b), lunar (c)*

Pe măsura analizei lui la scări mai mici de timp, și anume în aspect sezonier și lunar, (fig.3.13 b, c) observăm, că clima se caracterizează ca deșertică pe tot teritoriul țării.

Tendința cu care se manifestă acest fenomen (fig. 3.13 a, b, c) demonstrează că pretutindeni pe teritoriul țării procesul de aridizare va continua și în viitor. În același timp, constatăm, că în nordul țării (fig. 3.14 a) trendul este cu mult mai pronunțat, fapt de care este necesar să se țină cont în monitoringul apelor de suprafață limitate în condițiile climei actuale.

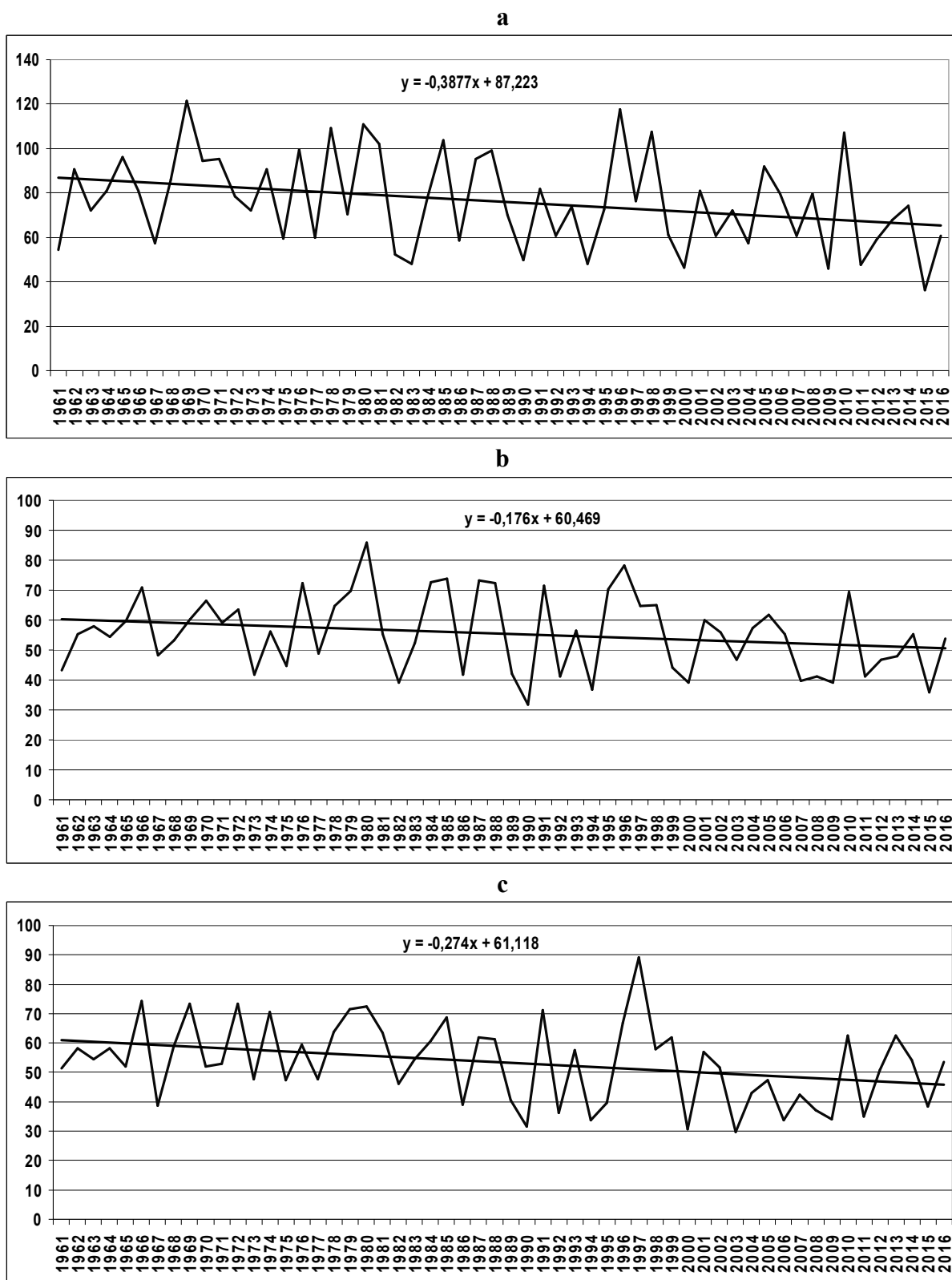


Fig. 3.14. Tendințele regionale de manifestare a Indicelui ecometric Lang (I_L),
a- Briceni, b-Chișinău, c-Cahul

Astfel, în condițiile schimbărilor climatice observăm o tendință de micșorare a valorilor și deci, și de intensificare a procesului de aridizare pe teritoriul Republicii Moldova (fig. 3.13.a,b,c), cu precădere în anotimpul de vară.

Analiza anilor cu valori scăzute a Indicelui Lang (tab.3.9), demonstrează că din topul celor 10 ani cu valori mai semnificative, 5 ani din nordul țării, 6 ani din centrul și 7 ani din sudul țării - aparțin ultimilor două decenii (2000-2015), ceea ce permite să concluzionăm, că procesul de aridizare se intensifică în ultima perioadă de timp.

Tabelul 3.9. Anii cu valorile cele mai scăzute a Indicelui Lang (1961-2016)

Briceni		Chișinău		Cahul	
Anii	I _L	Anii	I _L	Anii	I _L
2015	36,1	1990	31,9	2003	29,8
2009	45,9	2015	35,8	2000	30,5
2000	46,5	1994	36,7	1990	31,6
2011	47,8	2000	39	1994	33,9
1994	48	1982	39,2	2006	33,9
1983	48,2	2009	39,2	2009	34
1990	49,7	2007	39,8	2011	35
1982	52,3	2008	41,2	1992	36,2
1961	54,5	2011	41,2	2008	37,3
2004	57,2	1992	41,3	2015	38,5

Estimarea pe parcursului anului a duratei neîntrerupte cu deficit pluviometric în baza diagramei ombrotermice Gaussen demonstrează, că în unii ani concreți, această durată poate semnificativ varia de la nord la sud. Astfel, spre exemplu, în 2015 deficitul pluviometric în nordul țării s-a instalat în perioada mai-septembrie, în centru – în perioada aprilie octombrie, iar în sudul țării s-a atestat cea mai lungă durată cu deficit pluviometric înregistrat din martie până octombrie (fig.3.15 a,b,c). Fără îndoială, că asemenea evaluări sunt extrem de utile în estimarea reală a condițiilor de ariditate în contextul schimbărilor climatice, mai cu seamă, în țările cu regim instabil de umiditate din care face parte și teritoriul Republicii Moldova.

Rezultatele obținute permit să se concluzioneze faptul, că în anumiți ani extremi perioadele uscate neîntrerupte pot esențial varia în teritoriu și deci, diferit influența asupra calității apelor de suprafață. Pentru a concretiza specificul aridității în noile condiții climatice

considerăm că este util să se aplice o serie de indici ecometrici, care ar putea argumenta științific manifestarea acestui proces.

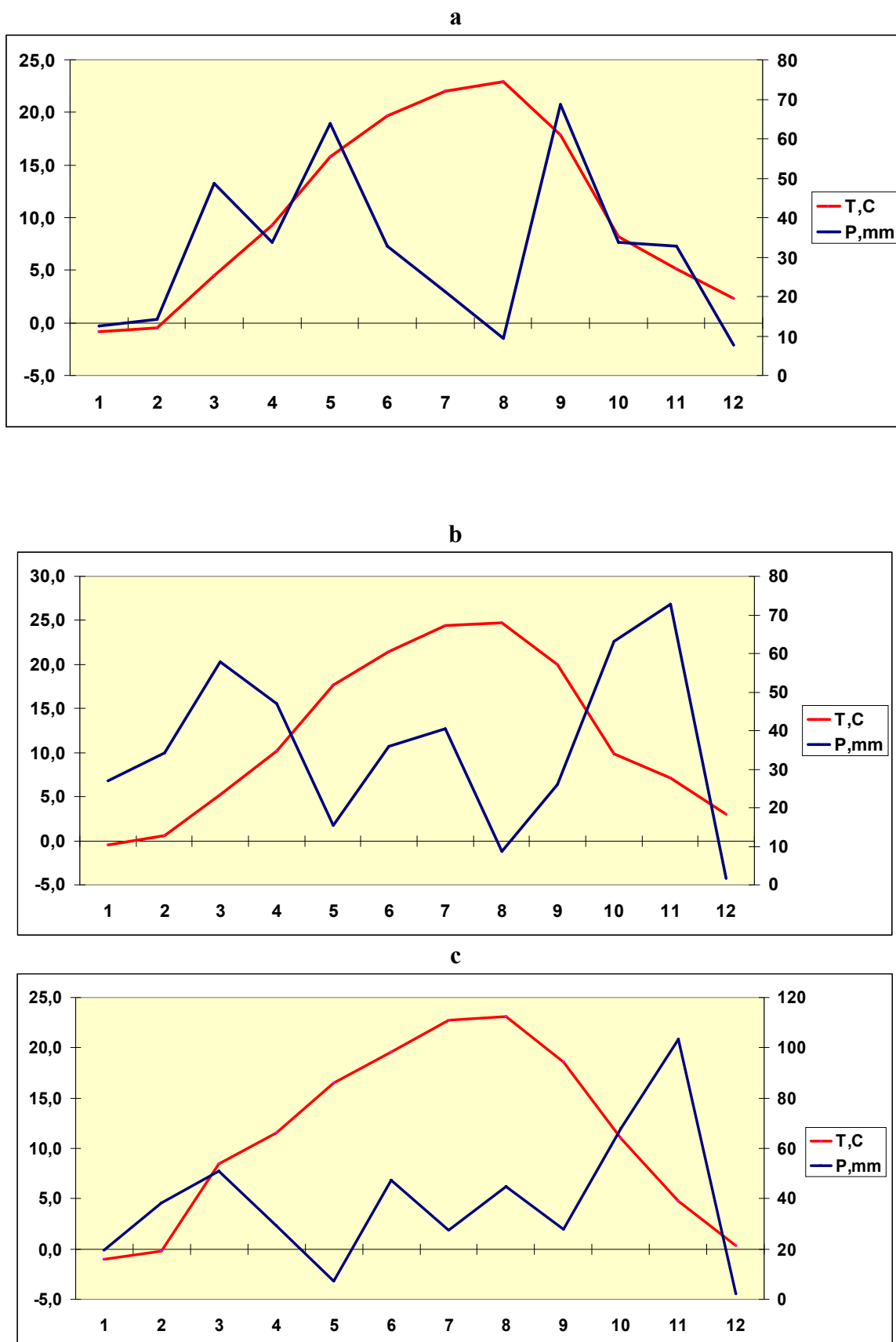


Fig. 3.15. Diagrama ombrotermică Gaussen (a- Briceni, b-Chișină, c-Cahul)

Deci, în evidențierea continentalității climei a fost luat în considerație Coeficientul Dantin-Revenga, care relevă că la etapa actuală, cu precădere în partea centrală și de sud a țării (fig. 3.16), se stabilesc în 20-22 cazuri o clima semiaridă, iar în sudul țării în cinci ani clima s-a caracterizat ca aridă.

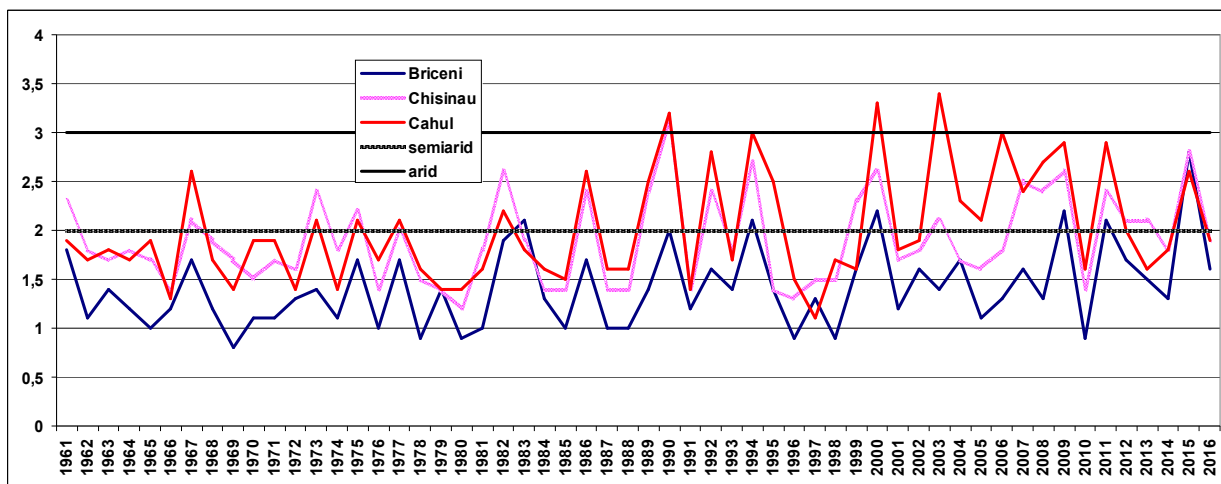


Fig. 3.16. *Evoluția Coeficientului Dantin-Revenga (1961-2016)*

Astfel, în nordul țării (Briceni), clima în 6 cazuri s-a caracterizat ca semiaridă (1983, 1994, 2000, 2009, 2011, 2015). Pentru perioada supusă studiului (1961-2016) în această zonă a țării condiții aride, conform Coeficientului Dantin-Revenga, nu au fost înregistrate. În partea centrală a țării (Chișinău), în 20 de cazuri (1961, 1967, 1973, 1975, 1982, 1986, 1989, 1990, 1992, 1994, 1999, 2000, 2003, 2007, 2008, 2009, 2011, 2013, 2015) cu condiții climatice au fost semiaride, iar anul 1990 a fost calificat ca arid. Majoritatea anilor (1967, 1973, 1977, 1982, 1986, 1989, 1990, 1992, 1994, 1995, 2000, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2015) în sudul republicii (Cahul) s-au stabilit condiții climatice semiaride, iar în 5 ani (1990, 1994, 2000, 2003, 2006), clima din sudul țării a fost înregistrată ca aridă (fig. 3.16).

Deci, gradul de ariditate pentru o anumită regiune concretă se determină prin raportul dintre caracteristicile umidității și a celor de căldură. Teritoriul Republicii Moldova este asigurat pe deplin cu resurse de căldură, și insuficient cu cele de umiditate. În aspect regional predomină bilanțul negativ al umezelii – adică cantitatea de precipitații căzute nu poate asigura potențialul de căldură și energetic al teritoriului, care poate să evapore cantități mult mai mari de apă decât primește sub formă de precipitații.

Un alt parametru al umidității aerului, de mare importanță practică, îl reprezintă deficitul de saturație, astfel încât cunoașterea regimului acestuia prezintă un interes deosebit, ținând cont de aspectul precarității precipitațiilor și temperaturile ridicate din sezonul cald. Slaba amenajare a infrastructurii de irigații, condiționează studiul deficitului de saturație care ne oferă o viziune pragmatică asupra raporturilor dintre tensiunea maximă și tensiunea reală a vaporilor de apă. Și în cazul când între acestea două există diferențe mari și procesele de evaporare –

evapotranspirație se intensifică, și în cazul când diferențele sunt mici și aceste procese se diminuează - creșterea și dezvoltarea culturilor sunt influențate semnificativ.

Valorile deficitului de saturație este în continuă creștere, mai ales începând cu anii 80 ai secolului XX și creșterea acesteia mai pronunțată în primul deceniu a secolului XXI (în partea centrală și de sud) denotă la intensificarea procesului de aridizare pe teritoriul Republicii Moldova.

Așadar, valorile anuale ale deficitului de saturație pentru partea de nord a republicii (Briceni) este de 4 mb cu variații ne semnificative de la această valoare, până în ultimul deceniu, când acestea constituie peste 5 mb. Pentru partea centrală și de sud valorile anuale ale deficitului de saturație constituie mai mult de 5 mb, iar în ultimul deceniu deficitul întrece cu mult valoarea de 7 mb [19, p.156-157].

Estimările evoluției concomitente a duratei deficitului de saturație (mb) cu a numărului zilelor uscate cunoscute la acest compartiment, indică la majorarea valorilor a acestor două componente climatice, începând cu anii 80 ai secolului XX, iar către sfârșitul primului deceniu al secolului XXI se înregistrează cele mai esențiale valori practic pe tot teritoriul republicii [19, p.158-163].

Așadar, evidențierea specificului regional de manifestare a aridizării în noile condiții climatice necesită luarea în calcul a unor astfel de indici, care ar putea explica adecvat acest proces. Rezultatele obținute sunt extrem de utile în gestionarea corectă a resurselor de apă de suprafață.

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

Creșterea evapotranspirației, în special, în lunile de vară datorită majorării temperaturii aerului conduc la reducerea medie a regimului de scurgere a râurilor, la fel și reducerea grosimii și a duratei stratului de zăpadă din cauza creșterii temperaturii aerului în timpul iernii. Scăderea umidității solului influențează reducerea la minim a scurgerilor de suprafață vara și toamna, contribuind astfel, la creșterea frecvenței poluării și a restricțiilor alimentării cu apă. Așadar, temperaturile crescute pot afecta calitatea apei din râuri și acumulări prin scăderea oxigenului dizolvat și a înfloririi algale, la eutrofizarea apei din râuri și lacuri [127, p.131].

Deci, cauzele sus enumerate, determină expunerea teritoriului către procesul de aridizare. Constatăm, că în aspect regional [133,p.131, 134, p.13-20] cercetările cunoscute la acest compartiment au la baza estimării formula lui Hahn, care exprimă abaterea standard a temperaturilor medii lunare și a abaterii standard a cantității precipitațiilor medii lunare, amplitudinea termică lunară, frecvența lunilor extrem de uscate în perioada de primăvară și vară.

La nivel regional [127], s-au indentificat pragurile perioadelor extreme fierbinți și reci. Constatăm, că reîșind din particularitățile regionale drept luni fierbinți sunt considerate lunile incluse cu temperaturi medii peste 22^{0C}, iar în calculul frecvenței extremelor reci s-a constituit pragul termic sub -5^{0C}. În cazul perioadelor uscate s-a luat în calcul asigurarea cu 10% a cantității de precipitații sezoniere în perioada de primăvară – vară. Astfel, pentru toate stațiunile meteorologice au fost calculați și elaborate hărțile parametrilor climatici ce au stat la baza *expunerii* teritoriului Republicii Moldova către manifestarea riscurilor meteo-climatice în contextul schimbărilor climatice. S-a constatat, că cele mai expuse areale către manifestarea riscurilor sunt cele amplasate în partea centrală și de nord-vest, unde frecvența dezastrelor este mai mare în ultimii ani.

În estimarea expunerii teritoriului țării către aridizare, în lucrarea dată, a fost creat registrul anilor cu condiții semiaride și deșertice cu scopul evidențierii particularităților regionale de manifestare a acestui fenomen în ultimele decenii.

S-a constatat [17, p.55-57], că conform Indicelui Lang în nordul țării (tab.3.13), anii cu condițiile semiaride evidențiați în aspect anual se repetă și în cadrul sezonului de vară, și în cea mai caldă lună a anului (iulie). În același timp, menționăm, că dacă în aspect anual nu au fost evidențiați ani ce ar caracteriza clima cu condiții climatice deșertice, pe măsura micșorării scării de timp (în aspect sezonier sau lunar), aridizarea climei crește și persistă practic în fiecare an.

Tabelul 3.13. Registrul anilor cu condiții semiaride și deșertice în nordul republicii (st. Briceni), conform Indicelui Lang

Indicele Lang anual		Indicele Lang vara		Indicele Lang iulie	
Anii condiții semiaride	cu Anii condiții deșertice	Anii condiții semiaride	cu Anii condiții deșertice	Anii condiții semiaride	cu Anii condiții deșertice
1961		1961	1961	1961	1961
			1962		1962
			1963		1963
			1964		1964
			1965		1965
			1966		1966
1967		1967	1967	1967	1967
			1968		1968
					1969
			1970		1970
			1971		1971
			1972		1972
			1973		1973
			1974		1974
1975		1975	1975	1975	1975

			1976		1976
			1977		1977
			1978		1978
			1979		1979
			1980		1980
			1981		1981
1982		1982	1982	1982	1982
1983		1983	1983	1983	1983
			1984		1984
			1985		1985
1986		1986	1986	1986	1986
			1987		1987
			1988		1988
			1989		1989
1990		1990	1990	1990	1990
			1991		1991
			1992		1992
			1993		1993
1994		1994	1994	1994	1994
			1995		1995
			1996		1996
			1997		1997
					1998
			1999		1999
2000		2000	2000	2000	2000
			2001		2001
			2002		2002
					2003
2004		2004	2004	2004	2004
			2005		2005
			2006		2006
			2007		2007
			2008		2008
2009		2009	2009	2009	2009
					2010
2011		2011	2011	2011	2011
2012		2012	2012	2012	2012
			2013		2013
			2014		2014
2015		2015	2015	2015	2015
			2016		2016

Aceiași tendință în aspect sezonier și lunar se păstrează și pentru restul teritoriului țării (tab. 3.14, tab. 3.15). În același timp, constatăm, că în nordul țării, pentru toată perioada supusă studiului (1961-2016), în 42 de ani, clima ce caracterizează anul în întregime nu a înregistrat condiții semiaride, aceasta fiind estimată ca climă umedă. Pe măsura deplasării spre centru (tab. 3.13, tab. 3.14, tab. 3.15), numărul anilor cu climă umedă se micșorează de două ori, adică din

totalul anilor supuși studiului doar în 20 de ani nu s-au înregistrat condiții climatice semiaride, iar în partea sudică a acesteia, numărul este și mai mic, însumând un total de doar 17 ani. Constatăm, că ani cu condiții ce ar caracteriza clima anuală ca deșertică nu s-au înregistrat, ceea ce fără îndoială, că "ascunde" procesul de aridizare a climei pentru scările mai mici de timp cum ar fi anotimpurile și lunile.

Tabelul 3.14. Registrul anilor cu condiții semiaride și deșertice în centrul republicii (st. Chișinău), conform Indicelui Lang

Indicele Lang anual		Indicele Lang vara		Indicele Lang iulie	
Anii cu condiții semiaride	Anii cu condiții deșertice	Anii cu condiții semiaride	Anii cu condiții deșertice	Anii cu condiții semiaride	Anii cu condiții deșertice
1961		1961	1961	1961	1961
1962		1962	1962	1962	1962
1963		1963	1963	1963	1963
1964		1964	1964	1964	1964
1965		1965	1965	1965	1965
		1966	1966	1966	1966
1967		1967	1967	1967	1967
1968		1968	1968	1968	1968
		1969	1969	1969	1969
		1970	1970	1970	1970
1971		1971	1971	1971	1971
		1972	1972	1972	1972
1973		1973	1973	1973	1973
1974		1974	1974	1974	1974
1975		1975	1975	1975	1975
		1976	1976	1976	1976
1977		1977	1977	1977	1977
		1978	1978	1978	1978
		1979	1979	1979	1979
		1980	1980	1980	1980
1981		1981	1981	1981	1981
1982		1982	1982	1982	1982
1983		1983	1983	1983	1983
		1984	1984	1984	1984
		1985	1985	1985	1985
1986		1986	1986	1986	1986
		1987	1987	1987	1987
		1988	1988	1988	1988
1989		1989	1989	1989	1989
1990		1990	1990	1990	1990
		1991	1991	1991	1991
1992		1992	1992	1992	1992
1993		1993	1993	1993	1993
1994		1994	1994	1994	1994
		1995	1995	1995	1995

		1996	1996	1996	1996
		1997	1997	1997	1997
		1998	1998	1998	1998
1999		1999	1999	1999	1999
2000		2000	2000	2000	2000
		2001	2001	2001	2001
2002		2002	2002	2002	2002
2003		2003	2003	2003	2003
2004		2004	2004	2004	2004
		2005	2005	2005	2005
2006		2006	2006	2006	2006
2007		2007	2007	2007	2007
2008		2008	2008	2008	2008
2009		2009	2009	2009	2009
		2010	2010	2010	2010
2011		2011	2011	2011	2011
2012		2012	2012	2012	2012
2013		2013	2013	2013	2013
2014		2014	2014	2014	2014
2015		2015	2015	2015	2015
2016		2016	2016	2016	2016

Considerăm, că concluziile obținute în baza elaborării registrului anilor cu condiții semiaride și deșertice pe teritoriul republicii sunt extrem de utile în cazul estimării tendințelor regionale de manifestare a procesului de aridizare în viitorii ani apropiați.

Tabelul 3.15. Registrul anilor cu condiții semiaride și deșertice în sudul republicii (st. Cahul), conform Indicelui Lang

Indicele Lang anual		Indicele Lang vara		Indicele Lang iulie	
Anii cu condiții semiaride	Anii cu condiții deșertice	Anii cu condiții semiaride	Anii cu condiții deșertice	Anii cu condiții semiaride	Anii cu condiții deșertice
1961		1961	1961	1961	1961
1962		1962	1962	1962	1962
1963		1963	1963	1963	1963
1964		1964	1964	1964	1964
1965		1965	1965	1965	1965
		1966	1966	1966	1966
1967		1967	1967	1967	1967
1968		1968	1968	1968	1968
		1969	1969	1969	1969
1970		1970	1970	1970	1970
1971		1971	1971	1971	1971
		1972	1972	1972	1972
1973		1973	1973	1973	1973
		1974	1974	1974	1974
1975		1975	1975	1975	1975
1976		1976	1976	1976	1976
1977		1977	1977	1977	1977

		1978	1978	1978	1978
		1979	1979	1979	1979
		1980	1980	1980	1980
		1981	1981	1981	1981
1982		1982	1982	1982	1982
1983		1983	1983	1983	1983
		1984	1984	1984	1984
		1985	1985	1985	1985
1986		1986	1986	1986	1986
		1987	1987	1987	1987
		1988	1988	1988	1988
1989		1989	1989	1989	1989
1990		1990	1990	1990	1990
		1991	1991	1991	1991
1992		1992	1992	1992	1992
1993		1993	1993	1993	1993
1994		1994	1994	1994	1994
1995		1995	1995	1995	1995
		1996	1996	1996	1996
		1997	1997	1997	1997
1998		1998	1998	1998	1998
		1999	1999	1999	1999
2000		2000	2000	2000	2000
2001		2001	2001	2001	2001
2002		2002	2002	2002	2002
2003		2003	2003	2003	2003
2004		2004	2004	2004	2004
2005		2005	2005	2005	2005
2006		2006	2006	2006	2006
2007		2007	2007	2007	2007
2008		2008	2008	2008	2008
2009		2009	2009	2009	2009
		2010	2010	2010	2010
2011		2011	2011	2011	2011
2012		2012	2012	2012	2012
		2013	2013	2013	2013
2014		2014	2014	2014	2014
2015		2015	2015	2015	2015
2016		2016	2016	2016	2016

În același timp, este important să se evidențieze condițiile climatice reale și în aspect anual. Menționăm, că elaborarea registrului anilor cu condiții semiaride și aride în baza Coeficientului Dantin-Revengea relevă pe deplin anii în care s-au manifestat condițiile climatice aride pe teritoriul țării (tab.3.16). La părerea noastră, valorile acestui coeficient reflectă pe deplin particularitățile regionale de manifestare a climei actuale. De aceea considerăm, că el este indicatorul potrivit în estimarea gradului de expunere a unui teritoriu către procesul de aridizare.

Tabelul 3.16. Registrul anilor cu condiții semiaride (culoarea galbenă) și aride (culoarea portocalie), evidențiate conform coeficientului Dantin-Revena

Briceni		Chisinau		Cahul	
Anii	condițiile climatice cuantificate	Anii	condițiile climatice cuantificate	Anii	condițiile climatice cuantificate
1961	1,8	1961	2,3	1961	1,9
1962	1,1	1962	1,8	1962	1,7
1963	1,4	1963	1,7	1963	1,8
1964	1,2	1964	1,8	1964	1,7
1965	1,0	1965	1,7	1965	1,9
1966	1,2	1966	1,4	1966	1,3
1967	1,7	1967	2,1	1967	2,6
1968	1,2	1968	1,9	1968	1,7
1969	0,8	1969	1,7	1969	1,4
1970	1,1	1970	1,5	1970	1,9
1971	1,1	1971	1,7	1971	1,9
1972	1,3	1972	1,6	1972	1,4
1973	1,4	1973	2,4	1973	2,1
1974	1,1	1974	1,8	1974	1,4
1975	1,7	1975	2,2	1975	2,1
1976	1,0	1976	1,4	1976	1,7
1977	1,7	1977	2,0	1977	2,1
1978	0,9	1978	1,5	1978	1,6
1979	1,4	1979	1,4	1979	1,4
1980	0,9	1980	1,2	1980	1,4
1981	1,0	1981	1,8	1981	1,6
1982	1,9	1982	2,6	1982	2,2
1983	2,1	1983	1,9	1983	1,8
1984	1,3	1984	1,4	1984	1,6
1985	1,0	1985	1,4	1985	1,5
1986	1,7	1986	2,4	1986	2,6
1987	1,0	1987	1,4	1987	1,6
1988	1,0	1988	1,4	1988	1,6
1989	1,4	1989	2,4	1989	2,5
1990	2,0	1990	3,1	1990	3,2
1991	1,2	1991	1,4	1991	1,4
1992	1,6	1992	2,4	1992	2,8
1993	1,4	1993	1,8	1993	1,7
1994	2,1	1994	2,7	1994	3,0
1995	1,4	1995	1,4	1995	2,5
1996	0,9	1996	1,3	1996	1,5
1997	1,3	1997	1,5	1997	1,1
1998	0,9	1998	1,5	1998	1,7
1999	1,6	1999	2,3	1999	1,6
2000	2,2	2000	2,6	2000	3,3
2001	1,2	2001	1,7	2001	1,8
2002	1,6	2002	1,8	2002	1,9

2003	1,4	2003	2,1	2003	3,4
2004	1,7	2004	1,7	2004	2,3
2005	1,1	2005	1,6	2005	2,1
2006	1,3	2006	1,8	2006	3,0
2007	1,6	2007	2,5	2007	2,4
2008	1,3	2008	2,4	2008	2,7
2009	2,2	2009	2,6	2009	2,9
2010	0,9	2010	1,4	2010	1,6
2011	2,1	2011	2,4	2011	2,9
2012	1,7	2012	2,1	2012	2,0
2013	1,5	2013	2,1	2013	1,6
2014	1,3	2014	1,8	2014	1,8
2015	2,8	2015	2,8	2015	2,6
2016	1,6	2016	1,9	2016	1,9

Așadar, pentru prima dată au fost elaborate hărțile Coeficientului Dantin-Revengea cu

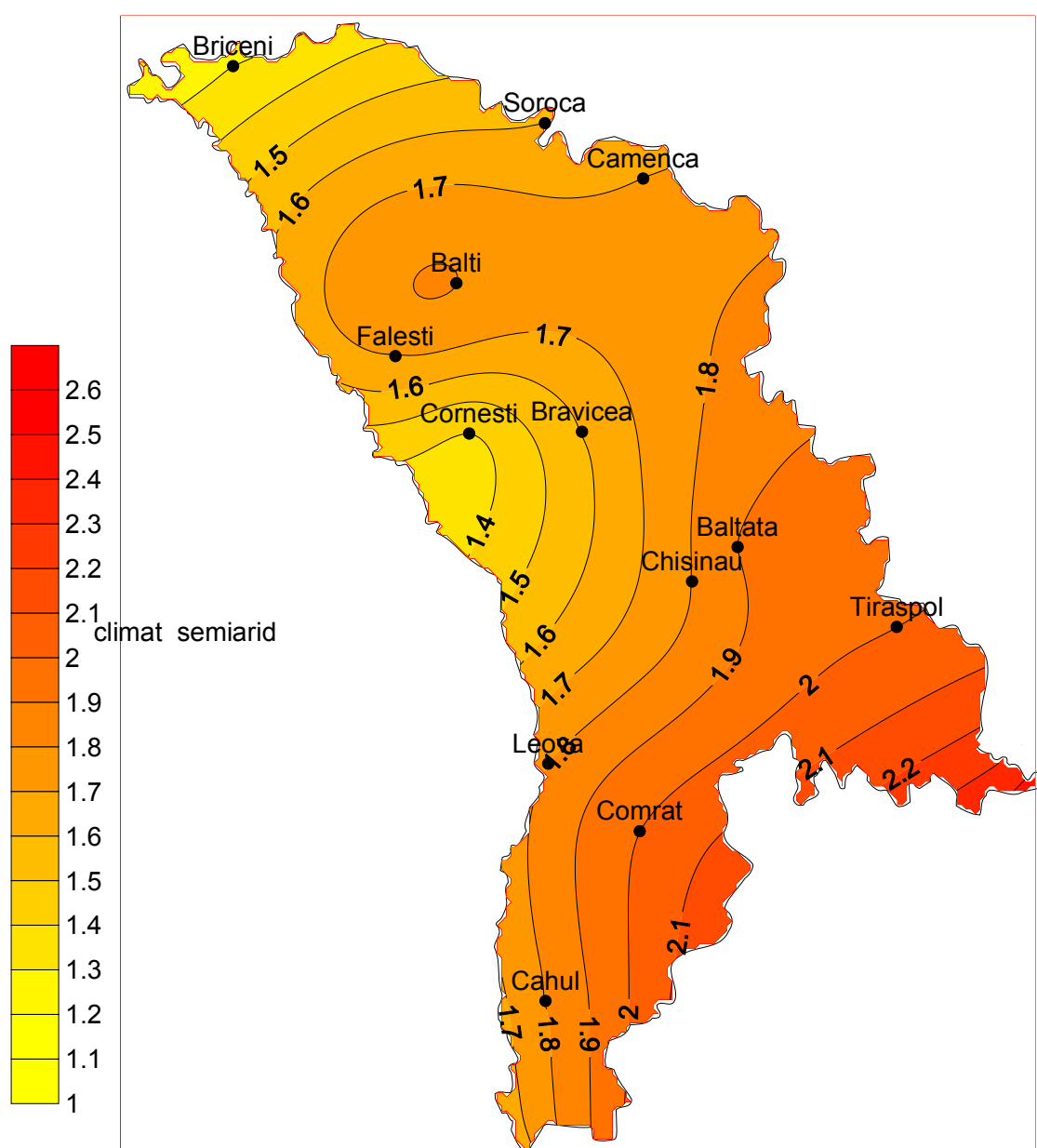


Fig. 3.17. Asigurarea cu 50% a Coeficientului Dantin-Revengea (1961-2016)

diferit grad de probabilitate, care permite scoaterea în evidență a teritoriilor vulnerabile către acest fenomen.

Astfel, conform fig. 3.17 partea de sud, sud-est și parțial în partea central-vestică a țării practic fiecare al doilea an înregistrează valori ce caracterizează clima ca semiaridă.

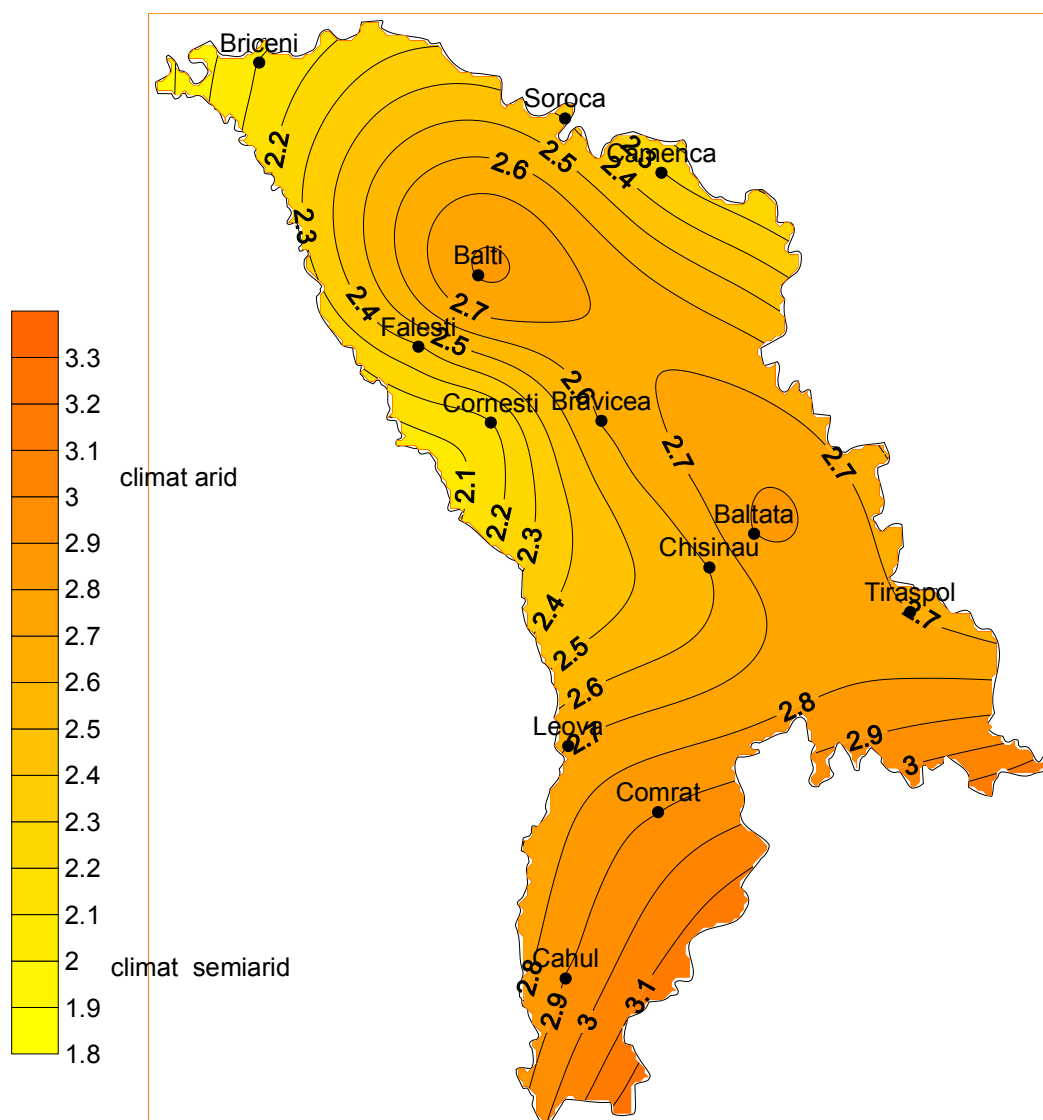


Fig. 3.18. Asigurarea cu 90% a Coeficientului Dantín-Revenge (1961-2016)

În cazul manifestării anilor uscați cu perioada de revenire odată în 10 ani (conform fig. 3.18) extremitatea de sud și sud-est înregistrează valori ce caracterizează clima ca aridă, restul teritoriului fiind calificat conform acestui coeficient ca semiaridă.

Hărțile sus menționate au fost elaborate utilizând metoda de interpolare Radial Basic din cadrul programului SURFER. Această metodă ia în calcul influența altitudinii locului asupra redistribuirii elementelor climatice. Ținând cont de rolul acestui factor fizico-geografic în

formarea câmpurilor de temperatură și precipitații, considerăm oportun utilitatea metodei de interpolare Radial Basic în diatribuția spațială a Coeficientului Dantin-Revenga.

Constatăm, că de rezultatele obținute ar trebui să se țină cont la luarea măsurilor cu caracter aplicativ privind managmentul adecvat al resurselor de apă de suprafață în contextul noilor condiții climatice. Nu mai puțin important este și cunoașterea gradului de expunere a unui teritoriu către procesul de aridizare.

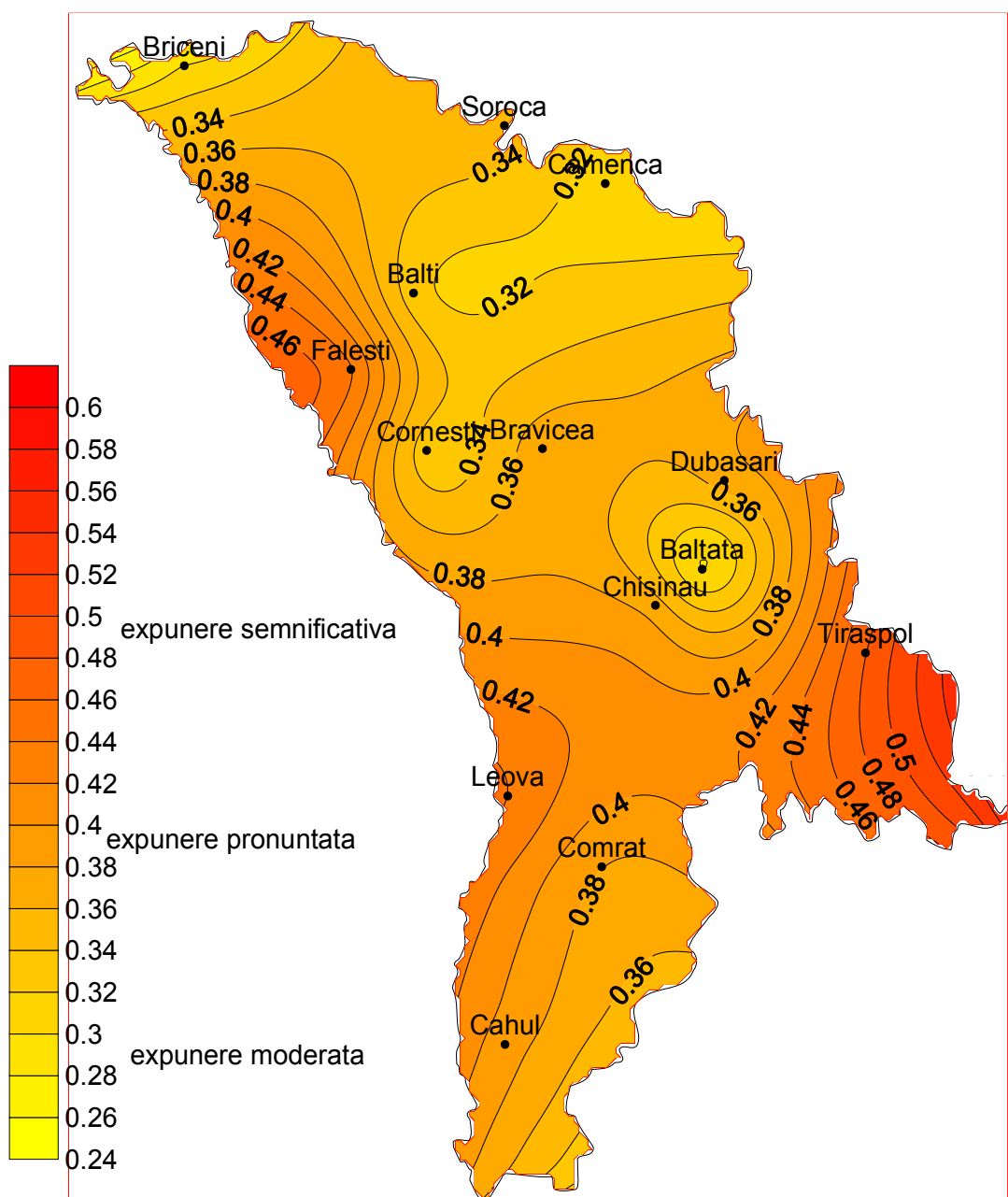


Fig. 3.19. *Expunerea teritoriului Republicii Moldova către aridizarea climei, conform Coeficientului Dantin-Revenga*

În vederea calculului și a elaborării modelului cartografic al expunerii pentru toate stațiunile meteorologice seriile de timp au fost transformate conform expresiei:

$$X' = \frac{X - \min X}{\max X - \min X}, \quad (3.4)$$

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

Astfel, a fost elaborată baza informațională de date calculată pentru toate stațiunile meteorologice din Republica Moldova, care a permis scoaterea în evidență a gradului diferit de expunere a teritoriului țării către procesul de aridizare (fig. 3.19). Harta digitală obținută a permis evidențierea expunerii moderate, pronunțate și semnificative către acest proces.

Datele de intrare în calculul vulnerabilității sunt standardizate. În acest context, menționăm, că de obicei standardizarea combină două operațiuni: și anume centrarea și reducția datelor [19, p.35]. Centrarea valorilor unui șir constă în înlocuirea variabilelor originale cu abaterile acestora de la valoarea de referință: mediana, media sau o valoare oarecare, considerată semnificativă în analiza statistică. Astfel, centrarea, ca prima etapă a standardizării, presupune centrarea valorilor în raport cu media aritmetică. Reducția, cea de-a doua operațiune, prevede împărțirea valorilor variabilelor la abaterea standard și în ultima etapă a standardizării se aplică variabilei centrate.

Considerăm, că rezultatele obținute ar permite gestionarea și efectuarea managementului corect al resurselor de apă potabilă în noile condiții climatice. 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. Definirea aridității este încă dificil de făcut, dar au existat preocupări vechi în acest sens, atât prin propunerea unor termeni ce înglobează temperatura aerului și precipitațiile atmosferice, cât (mai ales în ultima parte a secolului al XX-lea) și prin luarea în considerație a diferiților termeni ce estimează evapotraspirația de referință și precipitațiile. Acești termeni au fost și sunt și în prezent utili în măsurarea fenomenului de ariditate, fiind necesari atât în caracterizarea climatologică a regiunilor geografice, cât și pentru adoptarea de măsuri practice de combatere a acestui fenomen.

Cunoașterea fenomenului de ariditate și a frecvenței apariției secetelor, precum și a utilizării raționale a apei din bazinele hidrografice ale țării în primul rând va putea contribui la asigurarea eficientă cu resurse de apă potabilă în toate sferele de activitate umană și în speță domeniul agricol. Consumul de apă al culturilor agricole este un parametru fundamental în dezvoltarea plantelor. Cunoașterea interacțiunilor din sistemul sol - plantă - atmosferă (SPAC = soil - plant - atmosphere continuum, conform utilizării termenilor în limba engleză) este deosebit

de importantă în optimizarea producției agricole. Momentul aplicării irigației, împreună cu cantitatea de apă ce trebuie administrată culturilor agricole (norma de udare, norma de irigație) sunt necesare în proiectarea, amenajarea și exploatarea sistemelor de irigație.

Dar deficitul de apă va crește pe măsură ce necesarul pentru irigațiile în agricultură crește și alimentarea cu apă subterană și straturile purtătoare de apă vor fi afectate; temperaturile ridicate pot afecta calitatea apei în râurile și lacurile de acumulare (creșterea frecvenței poluării, scăderea oxigenului dizolvat și a algelor înfloritoare, eutrofizarea pot afecta populațiile de pește); reducerea debitului râurilor poate aduce probleme privind furnizarea utilităților, capacitatea autocurățare a râurilor, ecologia acvatică și recreere; bolile asociate apei și a pagubelor produse de inundații și secete vor crește.

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. Reieșind din faptul, că actualmente circa 40% mai multe persoane sunt înregistrate la riscul de deficit absolut de apă decât ar fi în cazul inexistenței schimbărilor climatice, că teritoriul Republicii Moldova este situat într-o zonă cu umiditate insuficientă, dar cu un ritm accelerat al schimbărilor climatice, realizările obținute sunt extrem de importante în asigurarea echilibrului ecologic.

3.4. Concluzii la capitolul 3

1. Au fost revizuiți indicii ecometrici ce caracterizează gradul de ariditate a unui teritoriu. S-a demonstrat, că unii indici cum ar fi Coeficientul Hidrotermic Seleaninov nu redă condițiile reale de ariditate în condițiile Republicii Moldova. De aceea, s-a estimat aportul fiecărui indice ecometric ce ar putea caracteriza noile condiții reale în contextul modificărilor de mediu pronunțate.

2. În vederea evidențierii gradului de continentalitate și de ariditate s-au calculat și estimat indici ecometrici cu aplicabilitate în premieră pentru teritoriul Republicii Moldova. S-a constatat, spre exemplu, că Indicele Lang scoate bine în evidență caracterul semiarid și arid al climei în aspect sezonier și lunar. Coeficientul Dantin-Revenga prin valorile sale evidențiază caracterul semiarid și arid al climei regionale în general. Elaborarea registrului Indicelui Lang și a Coeficientului Dantin-Revenga ar putea sta la baza elaborării pronosticului probabil de manifestare a acestui proces în viitorii ani apropiați.

3. În baza Coeficientului Dantin-Revenga, pentru prima dată, are loc elaborarea hărților digitale ce permite 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 țării.

4. S-a realizat zonarea teritoriului Republicii Moldova, 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).

Capitolul 4. IMPACTUL ARIDIZĂRII CLIMEI ASUPRA CALITĂȚII APELOR DE SUPRAFAȚĂ

Cercetările anterioare obținute la acest compartiment [13, p.182-186, 15 p.170] relevă faptul, că impactul schimbărilor climatice asupra resurselor de apă de suprafață s-ar reduce la identificarea a două aspecte majore, și anume, iernile mai calde și mai scurte conduc la scăderea volumul de zapadă sezonieră și la topirea timpurie a zăpezii, iar verile cu temperaturi extreme și perioade secetoase generează reducerea cantitativă și calitativă a resurselor de apă. Scăderea umidității solului determină reducerea la minim a scurgerilor (vara și toamna), contribuind la creșterea frecvenței poluării. Așadar, temperaturile crescute pot afecta calitatea apei din râuri prin scăderea oxigenului dizolvat și înfloririle algale, eutrofizare, etc. Reducerea debitelor râurilor poate crea probleme privind capacitatea de autoepurare a râurilor, creșterea pagubelor cauzate de secete.

În acest context, considerăm că este extrem de important de a evidenția, care este impactul real al aridizării, prin obținerea hărților de hazard și risc la manifestarea acestui fenomen pe marile bazine hidrografice cu perspectiva utilizării acestora de către organele de conducere, mai ales în zonele cu risc ridicat. Aceasta ar permite adoptarea unor normative de siguranță la evenimentele mai intense apărute ca urmare a schimbărilor climatice.

Fără îndoială, că problemele date necesită aprofundarea unor noi cercetări necesare fundamentării 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

În ultima perioadă de timp, sistemele riverane tot mai des sunt afectate de perioadele cu scurgere minimă, provocate în mare măsură de stabilirea condițiilor de secetă și uscăciune, contribuind astfel, la gama extinsă a problemelor de gospodărire a apei. Estimările scurgerii minime sunt esențiale în planificarea rezervelor de apă, a sistemelor de irigații și a managementului calității apei. Cererea tot mai mare de resurse de apă implică o administrare mai bună a situației de deficit de apă, indiferent dacă că este vorba de secete neobișnuite sau debite minime anuale repetate. În același timp, consecințele secetei sunt cel mai simțite în zonele semiaride și aride.

Dacă seceta este considerată ca o anomalie temporară, ariditatea este restrânsă la precipitații scăzute și regiuni cu potențial crescut de evapotranspirație și reprezintă o caracteristică a climei.

Dar în același timp, managementul adecvat al resurselor de apă va fi posibil doar prin utilizarea cunoștințelor avansate despre originea, cantitatea și calitatea acestora. În ultimii ani, condițiile de secetă și aridizare au pus în pericol resursele de apă din sud-estul Europei și au afectat modul de viață al multor oameni. În ultimele câteva decade, s-a evidențiat tot mai mult faptul că aceste fenomene au un impact major asupra oricăror forme și aspecte ale vieții și economiei, întregii societăți, dar și asupra mediului. Impacturile observate și așteptate ale schimbărilor climatice indică o creștere medie a temperaturii medii anuale și scăderea cantității precipitațiilor atmosferice din perioada caldă a anului. Scenariile climatice estimate ar trebui să conducă la creșterea crizei apei și la apariția problemelor privind calitatea apei din regiune.

Valurile de căldură din timpul verii, precum și fenomenele de precipitații intense vor deveni din ce în ce mai frecvente în tot sud-estul Europei, inclusiv și pe teritoriul Republicii Moldova.

Particularitățile tipice procesului de aridizare sunt scurgerea diminuată prin albie și debitul redus de intrare în acumulări, lacuri și iazuri și zone umede micșorate cu impacturi directe asupra habitatelor și speciilor imediat dependente de apă și deteriorării și protecției resurselor de apă disponibile și utilizării durabile a apei.

Cunoașterea secetelor scurgerii prin albie sau a secetelor apei de suprafață este importantă în cazul unei varietăți de sarcini, de exemplu, gospodărirea lacurilor de acumulare pentru furnizarea de apă potabilă sau producerea de energie, considerații privind calitatea apei sau navigabilitatea prin albie.

O perioadă în timpul căreia debitul este sub nivelul normal sau este insuficient, în ambele cazuri secetele sunt caracterizate prin valori ale scurgerii minime, trebuind să fie făcută astfel o diferențiere clară între secete și perioade cu scurgere minimă. Termenul de "perioadă cu scurgere minimă" se referă în general la regimul unui râu, reprezentând ciclul mediu anual al scurgerii prin albie, iar termenii "perioadă cu scurgere minimă (perioadă cu ape mici)" și "perioadă cu scurgere maximă (perioadă cu ape mari)" sunt folosiți pentru a descrie fluctuațiile anuale normale ale scurgerii apei raportate la ciclul anual al climatului regional.

Caracterizarea scurgerii minime și a secetei este un proces de analiză și evaluare a diferitelor tipuri de informații despre debite cu privire la disponibilul de apă. În principal, sunt folosite două tipuri de date: date reale de monitorizare, obținute din măsurătorile directe ale debitelor, pe loc și datele obținute prin calcul sau modelare prin implementarea diferitelor metode de analiză a recesiei apei pentru caracterizarea scurgerii minime sau modele hidrologice

sau de bilanț hidrologic, adecvate pentru investigațiile secetei hidrologice. Dar, luând în considerare că datele despre scurgerea minimă sunt variabile, complet aleatorii în ceea ce privește folosirea, oriunde e posibil se recomandă folosirea de date reale de măsurători.

Deci, conform datelor [2,p.10-57, 3,p.7-21] Serviciului Hidrometeorologic de Stat, volumului scurgerii apelor de suprafață, în unii ani secetoși, substanțial scade. Astfel, spre exemplu, în șirul ultimilor 40 de ani de observații apropiați după scurgere pentru râul Nistru, ar fi anii (postul hidrologic Hrușca): 1972, 1973, 1983, 1988, 1991,1992, 1995, 2004, 2007, 2011, 2012,2013 cu 80-85% din norma climatică. Pentru râul Prut (postul hidrologic Șirăuți) în anii 1993, 2000, 2003, 2004, 2007, 2009, 2011, 2012, 2013 volumul scurgerii a constituit 70,4%. Volumul scurgerii apei din cadrul râurilor mici ce traversează centrul și sudul țării, poate fi cu mult mai mic, în unii ani, acesta constituind doar 30-40% din valorile medii multianuale. Anii cu scurgere semnificativ de scăzută (sub 70 % din valorile medii multianuale) pe r. Nistru (la postul hidrometric Hrușca) în perioada anilor 1980–2013 au fost: 1984, 1985, 1987, 1988, 1990, 1992, 1994, 1995, 2003, 2009 (55.6%), 2013 (62.6%).

Constatăm, că anii cu scurgere scăzută (sub 55 % din valorile medii multianuale) pe r. Prut (la postul hidrometric Șirăuți) în perioada 1990–2013 au fost: 1990, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 2000, 2007, 2009 (32.6%), 2012 (26.7%), 2013 (29.9%). Deci, în ultimii ani, mai cu seamă în cursul său inferior, se atestă o scădere considerabilă de pînă la 30% și mai puțin a volumului scurgerii apelor de suprafață, fapt de care trebuie să se țină cont la luarea măsurilor de atenuare a procesului de aridizare în noile condiții climatice.

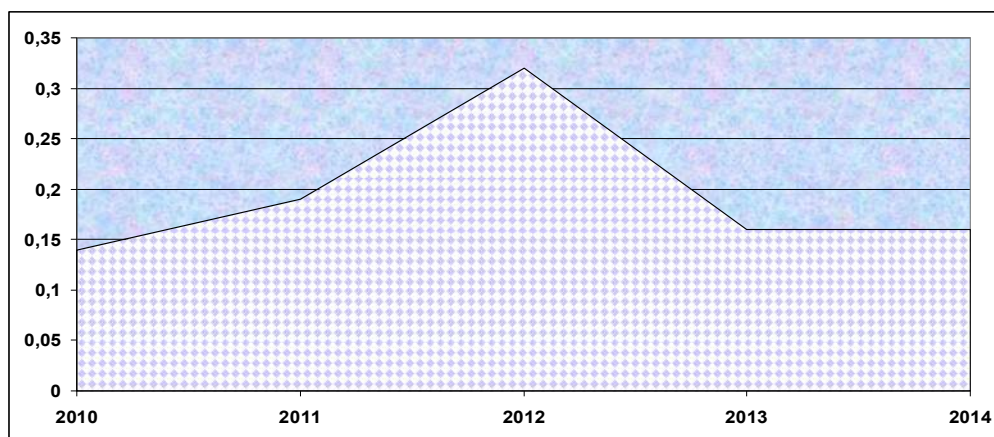
Potrivit datele investigațiilor fizico-chimice desfășurate pe parcursul anului 2015 de către Serviciul Hidrometeorologic de Stat [2, p.10-57], calitatea apei r. Nistru corespunde clasei a III-a (poluată moderat) la toate secțiunile monitorizate, cu excepția celor din sud-estul țării (s. Palanca), unde calitatea apei se atribuie clasei a IV-a (poluată), datorită concentrațiilor scăzute de oxigen dizolvat, fapt determinat în mare măsură de stabilirea perioadelor neîntrerupte secetoase din acest an. Monitorizarea calității apei r. Prut pe teritoriul Republicii Moldova efectuată lunar în 8 secțiuni relevă faptul, că pentru majoritatea secțiunilor de monitorizate pe r. Prut a fost atestată clasa a II-a de calitate, excepție fiind secțiunea s. Lipcani, unde pentru oxigen se atribuie clasa I-a de calitate. Deci, în partea de nord a bazinului Prut, unde și valorile Deficitului de Apă Climatic sunt mai neesențiale, pentru oxigen se atribuie cea mai înaltă clasă de calitate. În perioada ultimilor 5 ani, calitatea apei r. Prut, conform IPA, se caracterizează cu un nivel de poluare cu devieri neesențiale. Valoarea IPA pe parcursul perioadei menționate a variat în limitele de la 0,62 (clasa de calitate II - curată) secțiunea or. Ungheni, anul 2010, pînă la 1,34

(clasa de calitate III - moderat poluată) secțiunea s.Valea Mare, în anul 2013. În ce privește calitatea apei fl. Dunărea, pe parcursul ultimilor 5 ani, în secțiunea de monitoring (s. Giurgiuilești), se caracterizează (conform IPA), o tendință ușoară de creștere a nivelului de poluare în anii secetoși din regiune (2011, 2012, 2014), datorită sporirii evaporabilității din cadrul acestui areal.

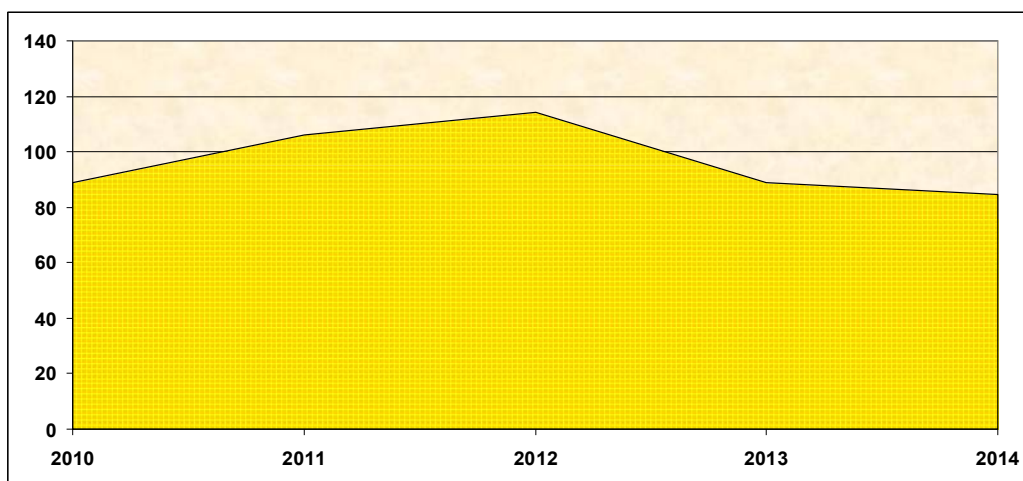
Așadar, estimarea datelor în anumiți ani concreți și prezentarea grafică a acestora, demonstrează, că calitatea apei râurilor mari Nistru, Prut și fl. Dunărea (fig. 4.1 a, b, c) poate suferi schimbări esențiale, fiind caracterizată cu o poluare moderată datorată în speță elementelor biogene, compușilor cuprului, fenolilor, produselor petroliere.

Calitatea apei din râurile mici se poate caracteriza printr-un grad înalt de poluare cu ioni de amoniu, nitriți, compușii cuprului, cu un nivel înalt al consumului biochimic de oxigen (CBO₅) și un nivel scăzut al conținutului de oxigen dizolvat în apă – determinată în mare măsură și de sporirea gradului de aridizare, cu precădere în sudul țării, unde această influență se resimte mai semnificativ.

a



b



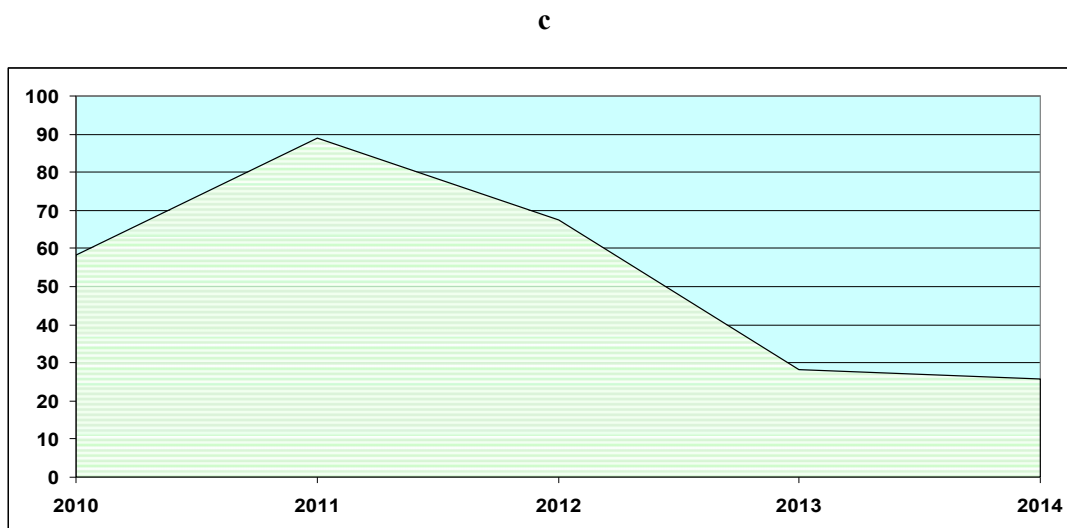


Fig. 4.1. Valorile oxigenului dizolvat(a), a poluării cu ioni de amoniu (b) și consumul biochimic (c) de oxigen la 5 zile (CBO₅)

S-a constatat, că [127, p.131] în anii extremi de uscați, crește nivelul de eutrofizare și poate dublu crește gradul de poluare a apei datorită concentrației poluanților în urma intensificării evaporabilității.

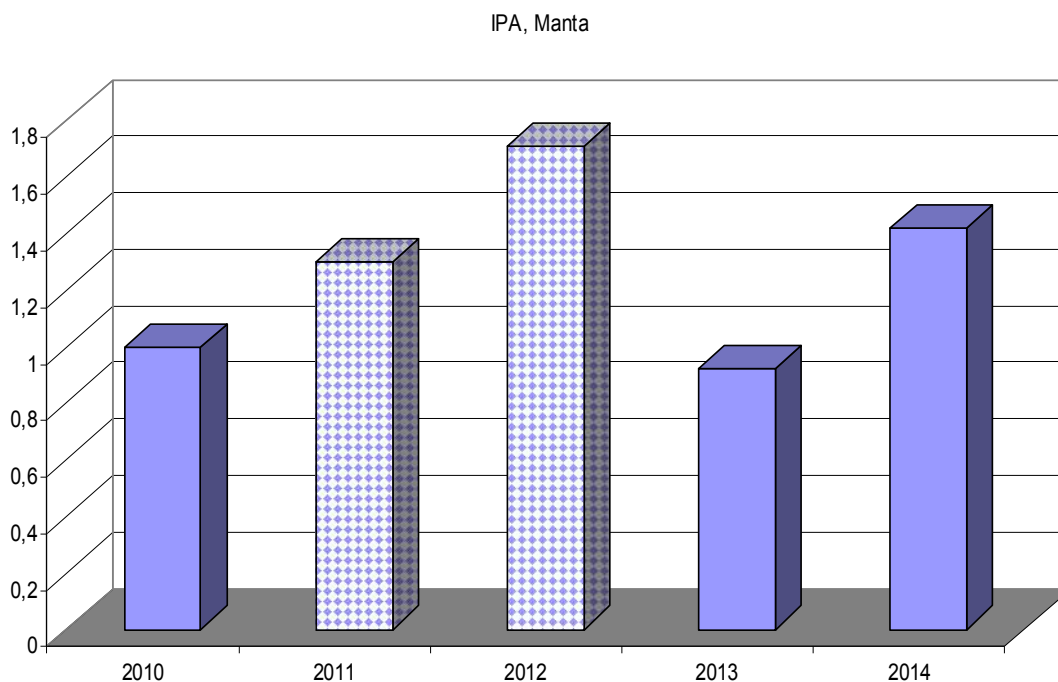


Fig. 4.2. Calitatea apei lacului Manta, conform IPA în perioada anilor 2010-2014

Astfel, în partea inferioară a r. Prut, evaporabilitatea semnificativă din ultimii ani, deficitul de apă climatic anual substanțial, provocat în mare măsură de perioadele uscate periculoase instalate în lunile mai-august, au contribuit nu numai la scăderea debitului apei în

rîu, dar și la micșorarea suprafeței apei în lacurile Manta și Belev, înrăutățindu-se brusc calitatea apei acestora (fig. 4.2, fig. 4.3).

Așadar, conform datelor [2] Indicele Poluării Apei, în lacul Manta, în anii 2011 și 2012 s-au înregistrat unele din cele mai scăzute valori ale Deficitului de Apă Climatic (-685,2 și -670,1 mm corespunzător față de -301,7 mm media multianuală), care în valoare absolută *DEF* întrece de două ori norma climatică în regiune (fig. 4.2), calificînd calitatea apei din acest lac din clasa a II-a de calitate (curată) în clasa a III-a (*moderat poluată*).

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 (fig. 4.3).

Cele relatate, fără îndoială, determină estimarea spațială a indicilor climatici ce stau la baza evidențierii arealelor vulnerabile expuse procesului actual de aridizare cu scopul de a gestiona corect resursele de apă de suprafață și de a atenua la nivel local impactul aridizării asupra calității apelor de suprafață.

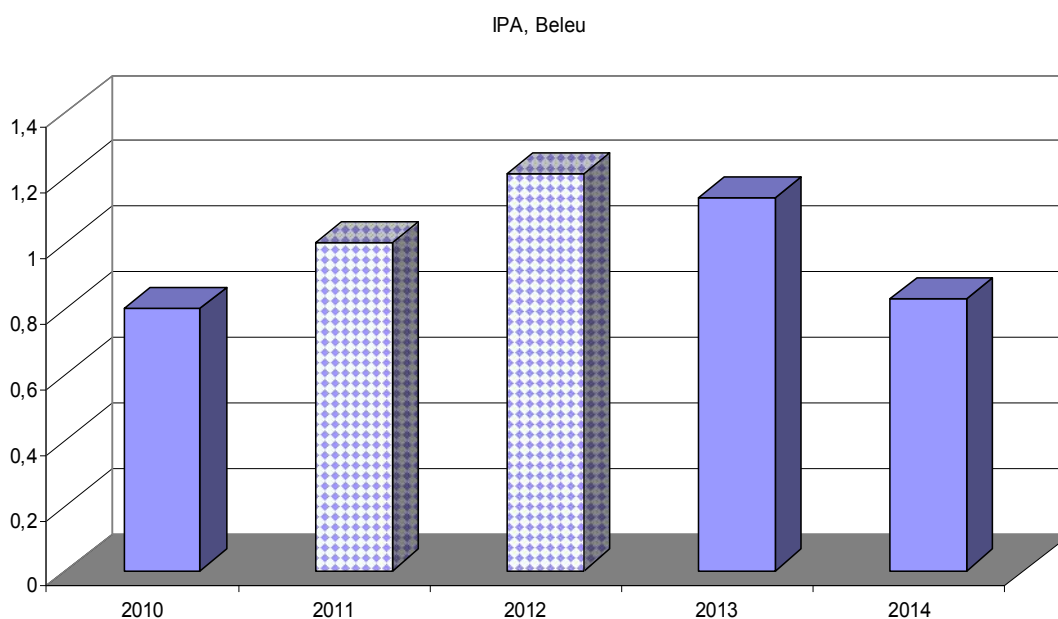


Fig. 4.3. Calitatea apei lacului Belev, conform IPA în perioada anilor 2010-2014

Deci, la nivel bazinal, au fost elaborate modelele cartografice care relevă repartitia spațială a Indicelui de Ariditate, a Deficitului de Apă Climatic cu scopul estimării adecvate a condițiilor de aridizare.

Utilizînd metodele de interpretare spațială elaborate la nivel național [11, p.5-11, 19, p.182-186] au fost obținute modelele cartografice privind indicii sus nominalizați la nivel

bazinal. Menționăm, că la baza elaborării modelelor cartografice au stat ecuațiile de regresie calculate pentru perioada contemporană de studiu (1961-2016). În cazul Deficitului de Apă Climatic, a Indicelui de Ariditate este semnificativă ponderea de influență a latitudinii geografice, a altitudinii absolute și a unghiului de înclinație a pantei. S-a ținut cont, ca nivelul semnificației fiecăruia dintre factorii fizico-geografici sus menționați să fie înalt, la fel și semnificația modelului în întregime. Drept indicator a corelației înalte dintre variabilele climatice (dependente) și factorii fizico-geografici (variabile independente) a fost urmărit nivelul coeficientului de determinare (R^2).

Deci, pentru a întocmi hărțile digitale corespunzătoare inițial au fost obținute ecuațiile de regresie, bazate pe analiza dependenței dintre variabila dependentă, indicele de ariditate sau deficitul de apă climatic luat în studiu și variabilele independente, adică poziția stațiilor meteorologice (latitudinea și longitudinea geografică) și elementele reliefului în aceste poziții (altitudinea absolută și relativă, unghiul de înclinație și expoziția versanților). Informația despre variabila dependentă se conține în baza de date, creată prin prelucrarea înregistrărilor de la stațiunile meteorologice din Republica Moldova, iar cea despre variabilele independente – în pașapoartele acestor stațiuni (tab. 4.1, fig.4.4).

Tabelul 4.1. Caracteristicile stațiilor meteorologice din Republica Moldova incluse în modelările cartografice

Id	Stația	H	H rel.	U	E	D	X	Y
1	Bălțata	79,0	37,0	1,5	135	1,62	654700	5213401
4	Bălți	102,0	12,0	0,5	180	0,96	571323	5291731
2	Bravicea	78,0	12,0	5,5	225	1,95	608561	5247618
3	Briceni	242,0	14,8	1,0	135	1,43	505111	5356205
14	Cahul	196,0	116,0	0,0	0	0,98	597743	5078597
5	Camenca	154,0	0,0	0,0	0	0,93	626697	5322811
15	Chișinău	173,0	103,0	0,5	0	1,20	641189	5203169
6	Comrat	133,0	88,0	0,5	135	2,19	625678	5129008
7	Cornești	232,0	132,0	5,5	225	1,79	575117	5247096
8	Dubăsari	41,7	26,9	4,0	225	0,77	661081	5238591
9	Fălești	161,5	80,0	0,5	180	1,71	553239	5270086
10	Leova	156,0	136,8	0,5	0	0,94	598545	5149071
11	Soroca	173,0	129,4	1,0	135	0,13	597565	5339252
12	Tiraspol	20,9	16,0	0,0	225	0,96	701873	5189675

Notă: H – altitudinea absolută, m;

H_{rel} – altitudinea relativă, m;

U – unghiul de înclinare a versantului, grade;

E – expoziția versantului, grade;

D – coeficientul fragmentării orizontale, km/km²;

X – coordonata x , m; Y – coordonata y , m

Coordonatele planimetrice sunt date în proiecția Mercator Transversal WGS84 cu meridianul central 27° și deplasare falsă spre Est 500000m

Analiza statistică a datelor a fost efectuată în cadrul programului Statgraphics Centurion XVI, în baza cărora au fost obținute ecuațiile de regresie, cu elementele corespunzătoare de

determinare a gradului de semnificației fiecărei variabile independente, dar responsabile de redistribuirea valorii dependente în spațiu (tab.4.2).

Tabelul 4.2. Parametrii ecuațiilor de regresie a parametrilor ecometrici

Parametrii ecometrici	Coeficienții de regresie parțială ale variabilelor independente					
	Valoarea P					
	A_h	$A_{\Delta h}$	A_e	A_u	A_y	Constanta C
Deficitul de Apă Climatic	<u>0,692019</u> 0,0159	-	-	<u>12,6188</u> 0,1055	<u>0,000488129</u> 0,0342	<u>-2941,72</u> 0,0175
Indicele de Ariditate	<u>0,000814717</u> 0,0365	-	-	<u>0,0235191</u> 0,0470		<u>0,423506</u> 0,0000

Notă: A_h - altitudinea absolută, m; $A_{\Delta h}$ - altitudinea relativă, m; A_e - expoziția versantului, grade; A_u - unghiul de înclinație a versantului, grade; A_y - latitudinea geografică exprimată în metri în proiecția Mercator Transversal WGS84 cu meridianul central 27^0 și deplasare falsă spre Est 500000m, constanta C- termenul liber, Valoarea P- nivelul semnificației a fiecărui factor fizico-geografic luat în analiză

Notă: Valoarea P a modelului - nivelul semnificației modelului. R, % - coeficientul de corelație, R^2 , % - coeficientul de determinare

		Standard	T	
Parameter	Estimate	Error	Statistic	P-Value
CONSTANT	-2941,72	1035,68	-2,84037	0,0175
f	0,000488129	0,000199175	2,45075	0,0342
H	0,692019	0,238929	2,89633	0,0159
k	12,6188	7,09137	1,77945	0,1055

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	67809,3	3	22603,1	7,14	0,0076
Residual	31657,2	10	3165,72		
Total (Corr.)	99466,5	13			

R-squared = 68,173 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 58,625 percent

Standard Error of Est. = 56,2647

Mean absolute error = 41,9714

Durbin-Watson statistic = 1,92015 (P=0,4852)

Lag 1 residual autocorrelation = 0,007949

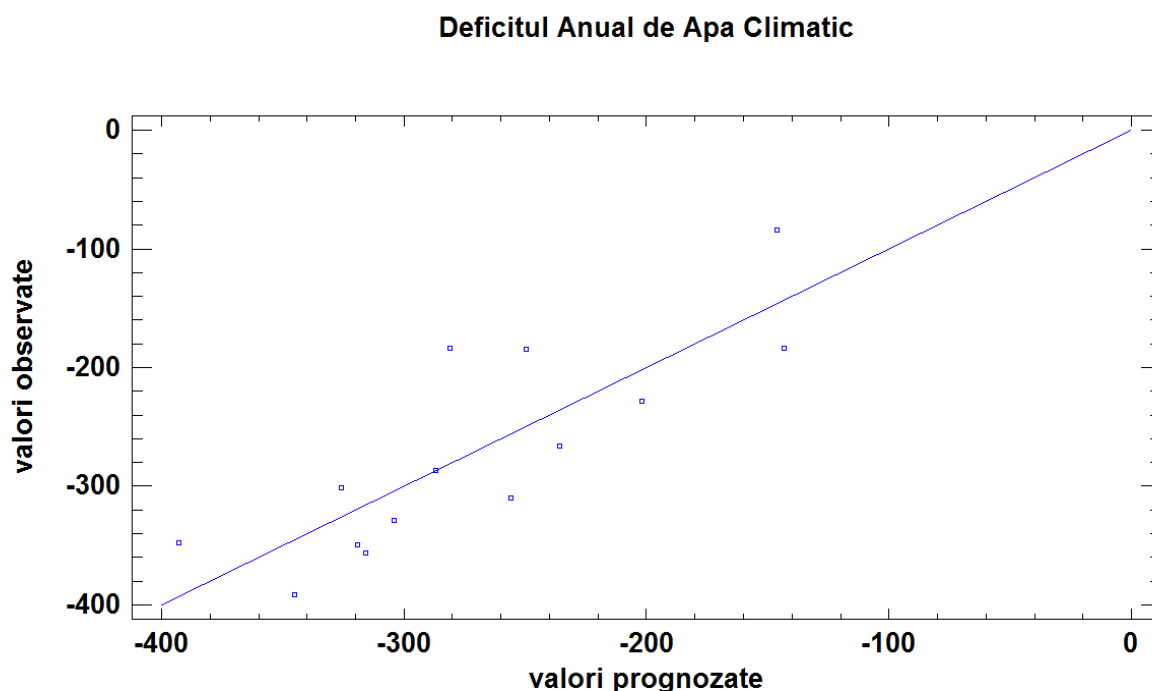


Fig.4.4. *Descrierea unui fragment din modelele regresionale ce caracterizează Deficitul Anual de Apă Climatic*

Valorile coeficientului de determinare R^2 indică, că variabilele independente incluse în model explică pînă la 68,13 % din variabilitatea Deficitului de Apă Climatic (deci a variabilei dependente), respectiv R coeficientul de corelare fiind de 0,82. DS – reprezintă deviația standard reziduală și fiind egală cu 56,2, această valoare poate fi utilizată în evaluările cu caracter de pronostic. MAE este eroarea medie absolută care denotă semnificația medie a seriei reziduale. DW reprezintă statistica Durbin-Watson privind corelarea consecutivă a variabilelor. Concomitent cu valorile coeficientului de determinare, a nivelului semnificației modelului în întregime se urmărește și nivelul semnificației fiecărei variabile independente incluse în model. Dacă nivelul semnificației acestor valori întrece nivelul de credibilitate, atunci variabila dată se exclude din model. În acest context, se utilizează analiza regresiei multiple cu excluderea și includerea treptată a variabilelor (fig.4.4).

Astfel, pe exemplul Deficitului anual de Apă Climatic, este prezentat un fragment din modelul regresional cu urmărirea schimbării valorilor semnificației fiecărui parametru inclus în model, dar și a nivelului semnificației modelului în întregime, a coeficientului de determinare R^2 precum și a erorii modelului (fig.4.4).

Așadar, valorile ce caracterizează Deficitul de Apă Climatic (DEF) în cadrul bazinului Nistru relevă faptul că deficitul de umiditate (fig. 4.5) în cadrul acestui areal variază de la -41,5--183,9 la altitudini pînă la -323,6--389,3 în cursul inferior al r.Nistru. Astfel, diferențierile spațiale

constituie în teritoriu -347,8. Dacă valorile Deficitului de Apă Climatic propriu zis reprezintă normele de irigare în cadrul acestui bazin, atunci diferențierile spațiale indică la variabilitatea acestui indice în teritoriu, fapt de care trebuie să se țină cont la efectuarea măsurilor diferențiate de redresare a situațiilor create privind gestionarea corectă a resurselor de apă de suprafață.

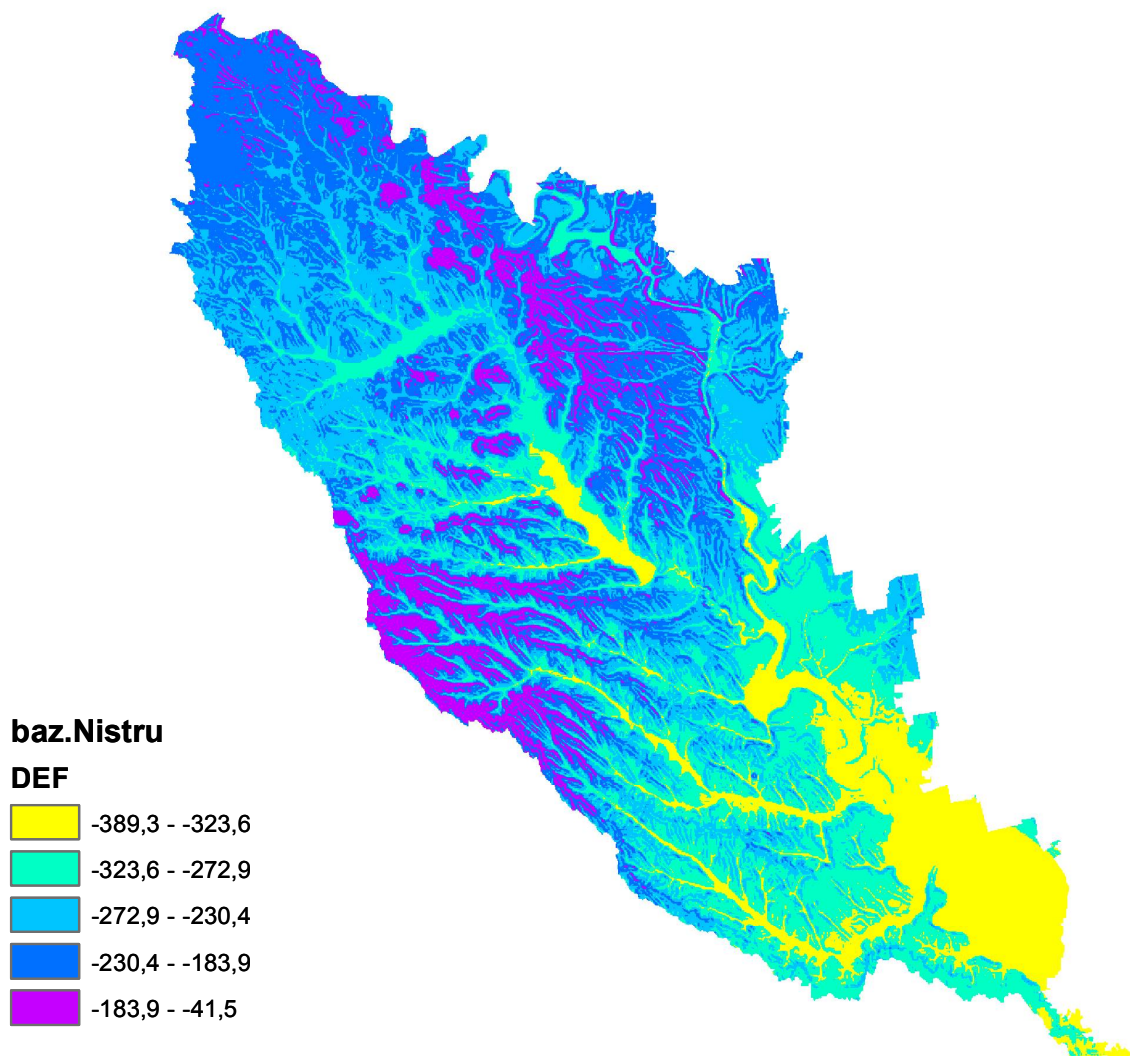


Fig. 4.5. Deficitul de Apă Climatic din cadrul bazinului Nistru (1961-2016)

Valorile Deficitului de Apă Climatic din cadrul bazinului Prut cresc (cu semn negativ) și limitele variabilității (fig. 4.6) acestui indice dintre cursul inferior al râului și partea lui superioară este de -43,8—220 mm și -356,2--421,4 mm corespunzător. Astfel, diferențierile spațiale cresc cu -30 mm mai mult comparativ cu datele ce caracterizează bazinul Nistrului, constituind în valori absolute -387,6 mm.

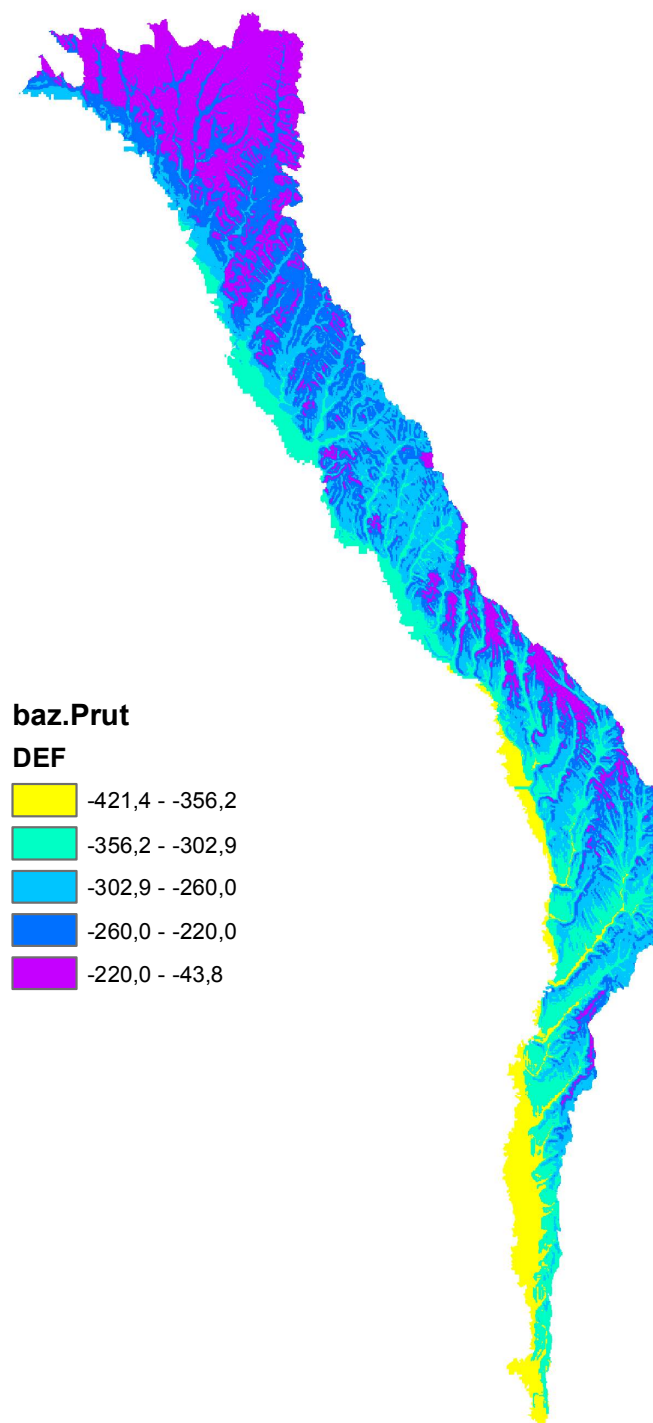


Fig. 4.6. Deficitul de Apă Climatic din cadrul bazinului Prut (1961-2016)

Deficitul de Apă Climatic din cadrul bazinului fl. Dunărea și a Mării Negre sunt aproximativ aceleași ca și în cazul valorilor din bazinul Prut, iar limitele variabilității (fig. 4.7) *DEF* dintre sud-estul și nord-vestul acestui areal constituie -75,9...-225,8 mm și -348,6...-420,1 mm corespunzător. Astfel, în diferențierile spațiale se mai adaugă -30 mm mai mult comparativ cu datele ce caracterizează bazinul Nistrului și aproape sunt aceleași ca și valorile din cadrul

bazinului Prut, cu precădere în sud-estul acestui areal, constituind în valori absolute -344,2 mm. Așadar, dacă limita superioară a valorilor de -420,1 mm rămîne ca și în cazul valorilor ce caracterizează Deficitul de Apă Climatic din cursul inferior al râului Prut, atunci pragul inferior este nu de -41,5 (ca în celelate două cazuri), dar de -75,9 mm, condiționat fiind în mare parte de poziția geografică a acestui bazin în extremitate de sud a țării.

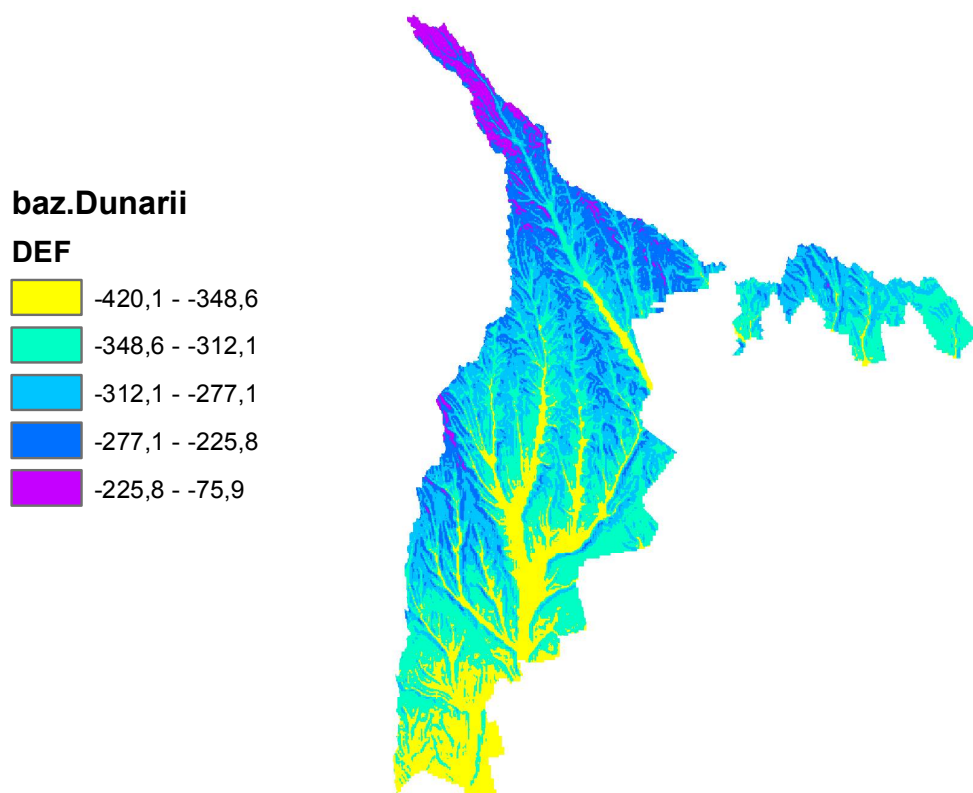


Fig.4.7. Deficitul de Apă Climatic din cadrul bazinului fl.Dunării și al Mării Negre (1961-2016)

Dat fiind faptul, că estimarea impactului aridizării asupra calității apelor de suprafață ar putea fi efectuată și prin elaborarea modelelor cartografice privind repartiția spațială a Indicelui de Ariditate (*Ia*), limitele variabilității acestui indice, spre exemplu, în cadrul bazinului Nistru relevă, că acesta 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. 4.8). Menționăm, că și văile râurilor mici din cadrul bazinului, la fel, înregistrează valori sub 0,55 ceea ce indică că pe aceste areale clima fiind ca semiaridă, negativ influențează calitatea apelor de suprafață. Deoarece ambii indici complecși (*DEF* și *Ia*) iau în calcul gradul de evaporabilitate a teritoriului și cantitatea

precipitațiilor căzute, putem concluziona că impactul aridizării asupra calității apelor de suprafață în arealele sus nominalizate va fi major în anii secetoși.

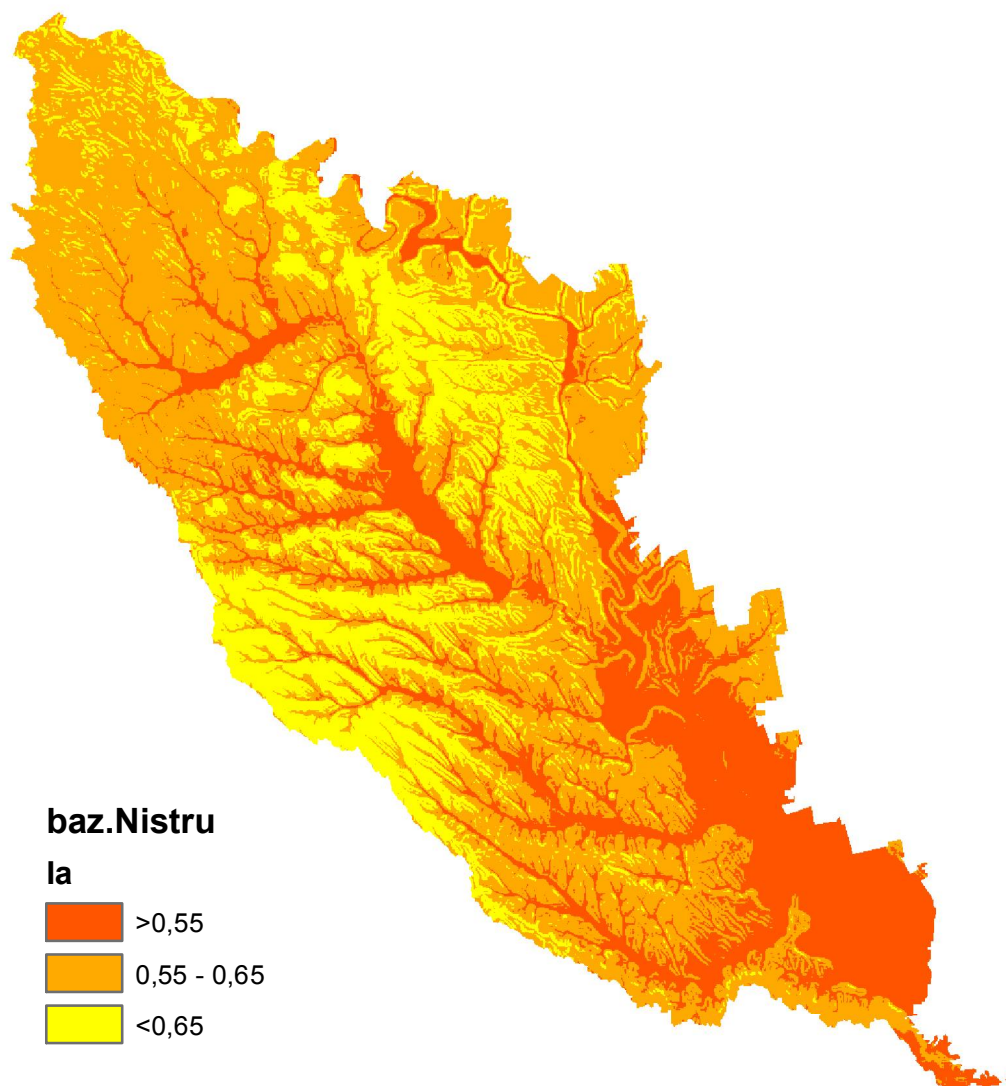


Fig.4.8. Repartiția spațială a Indicelui de Ariditate (*Ia*) din cadrul bazinului Nistru (1961-2016)

Valorile *Ia* din cadrul bazinului Prut indică că acest indice în cursul sau inferior și văile râurilor mici din acest areal, însumează valori sub 0,53, ceea ce demonstrează, că pe aceste areale clima fiind ca semiaridă, negativ poate influența calitatea apelor de suprafață (fig. 4.9).

Deoarece ambii indici complecși (*DEF* și *Ia*) iau în calcul gradul de evaporabilitate a teritoriului și cantitatea precipitațiilor căzute, putem concluziona că impactul aridizării asupra calității apelor de suprafață în arealele sus nominalizate va fi major în anii secetoși.

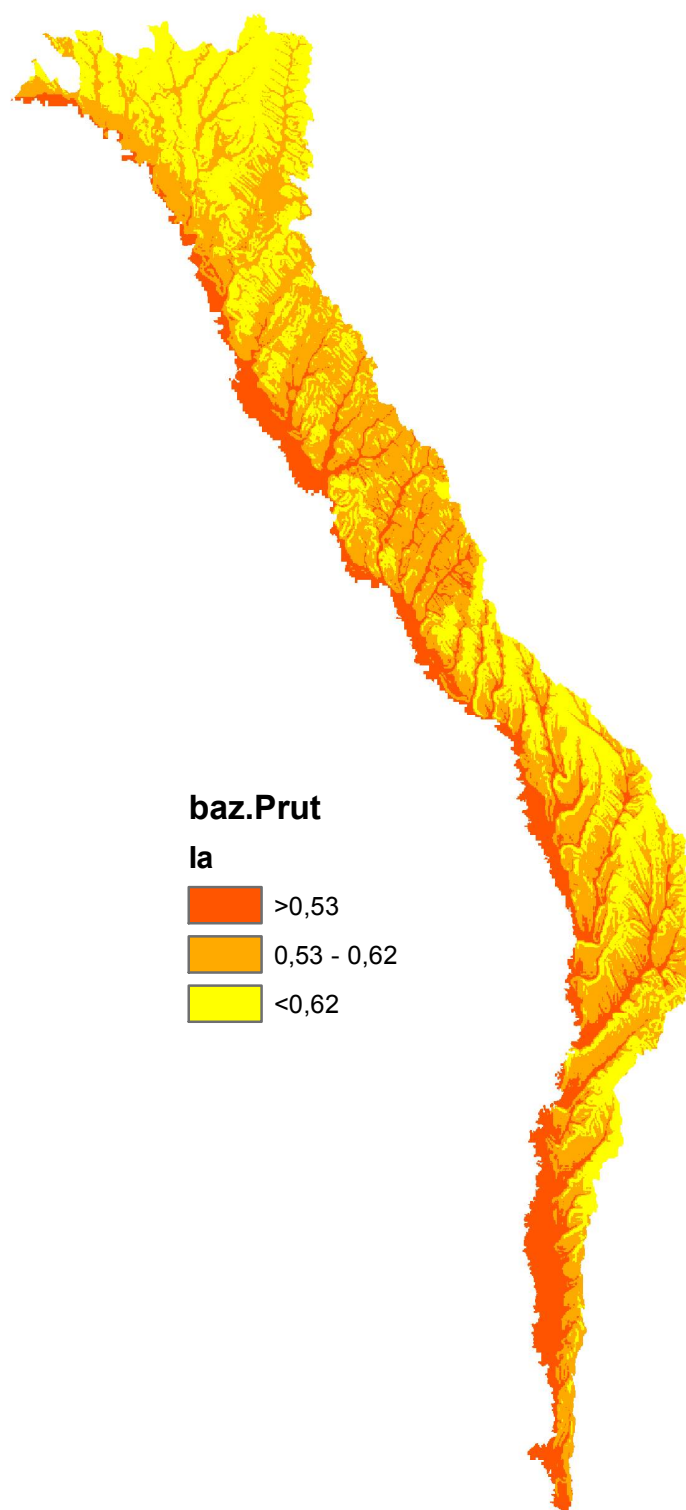


Fig. 4.9. Repartiția spațială a Indicelui de Ariditate (Ia) din cadrul bazinului Prut (1961-2016)

Indicele de Ariditate interpolat pentru tot teritoriul încadrat în cadrul bazinului Dunării relevă faptul, că pe o bună parte din teritoriu acesta însumează valori sub 0,53, ceea ce înseamnă că aproximativ circa 75% din teritoriu clima se caracterizează ca semiaridă, cu grad înalt de evaporabilitate și deci, și de influență asupra calității apelor de suprafață (fig. 4.10).

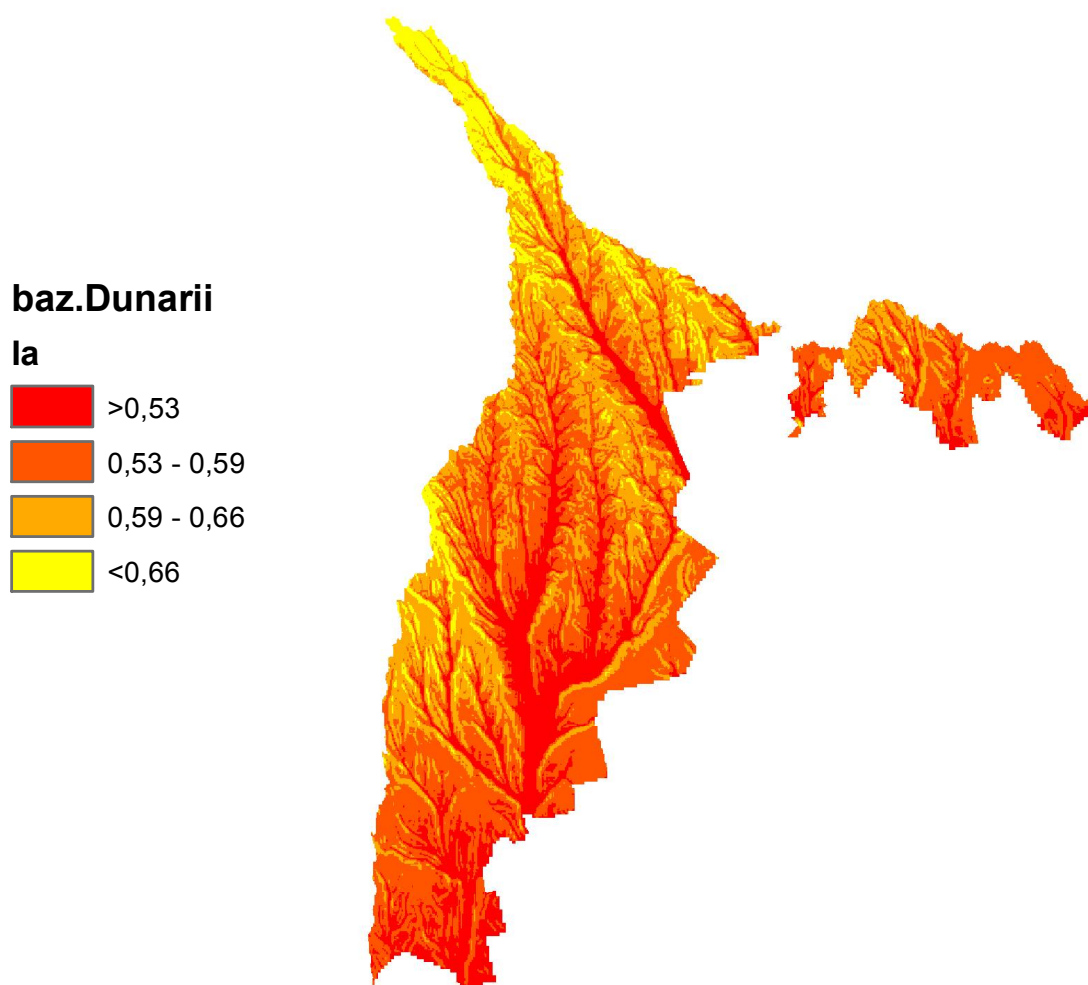


Fig. 4.10. *Repartiția spațială a Indicelui de Ariditate (Ia) din cadrul bazinului Dunării și al Mării Negre(1961-2016)*

Menționăm, că tot în cadrul acestui bazin sunt semnificative și valorile *DEF* (cu semnul negativ), ceea ce confirmă cele expuse mai sus. Ținând cont de faptul, că tot în această regiune este mare ponderea râurilor mici considerăm, că gradul de aridizare va influența nefavorabil asupra calității apelor de suprafață și în viitorii ani apropiați. În acest context, la părerea noastră, este extrem de importantă cunoașterea impactului aridizării climei asupra calității apelor la nivel local, cu precădere din centrul și sudul republicii, unde se atestă un ritm mai accelerat al schimbărilor climatice, dar și un grad mai înalt de aridizare a climei.

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 în mare măsură 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 [2, p.10-57, 3, p.7-21].

De aceea, scopul cercetărilor propuse a constat în evidențierea impactului aridizării climei asupra calității apelor la nivel local din sudul țării, unde gradul de aridizare a climei este cel mai înalt. Analiza comparativă a datelor privind calitatea apei 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 din regiune.

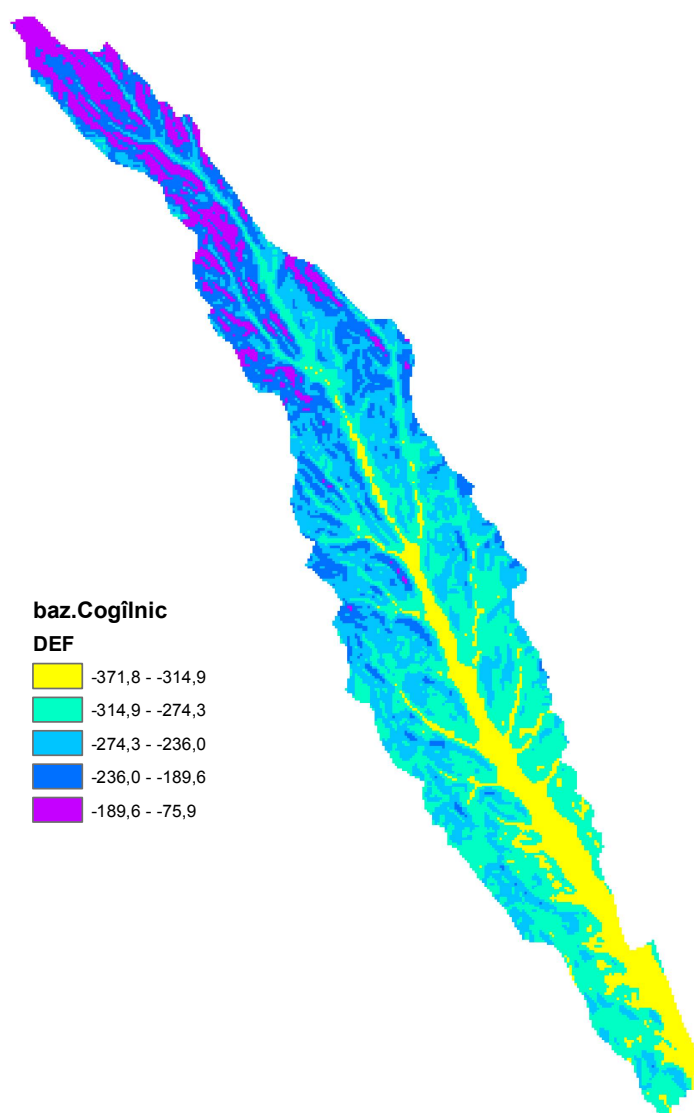


Fig. 4.11. Deficitul de Apă Climatic din cadrul bazinului râului Cogîlnic (1961-2016)

Menționăm, că monitorizarea calității apei r. Cogîlnic pe teritoriul Republicii Moldova se efectuează în 2 secțiuni: în or. Hîncești și în amonte de or. Cimișlia. Starea regimului de oxigen pentru acest bazin hidrografic a fost evaluată în baza datelor pentru următorii parametri: oxigenul dizolvat și saturația acestuia, consumul biochimic de oxigen la 5 zile și consumul chimic de oxigen cu bicromat. Concentrația oxigenului dizolvat s-a încadrat în limitele 0,81 -11,21 mgO₂/l,

valoarea minimă a fost depistată în luna august la secțiunea din or. Hîncești. Saturația oxigenului dizolvat a oscilat între 9-95%, clasificînd calitatea apei r. Cogîlnic ca poluată moderat la secțiunea din or. Cimișlia, amonte și, respectiv, ca foarte poluată la secțiunea din or. Hîncești. Consumul biochimic de oxigen (CBO_5) a obținut valori între 2,68-12,1 mgO_2/l , maxima fiind determinată în luna august la stația din or. Hîncești. Conform acestui indicator, calitatea apei r. Cogîlnic s-a atribuit la clasa a III-a (poluată moderat) la secțiunea din or. Cimișlia, amonte și, respectiv la clasa a V-a (foarte poluată) la secțiunea din or. Hîncești. Consumul chimic de oxigen (CCOCr) s-a încadrat în limitele clasei a IV-a (poluată) de calitate căpătînd valoarea maximă de 71,8 mgO/l la secțiunea din or. Cimișlia [2, p.10-57, 3,p.7-21].

Așadar, datorită întinderii mai mult meridionale a bazinului Cogîlnic, conform hărții digitale elaborate (fig. 4.11) observăm, că valorile indicelui *DEF* cresc în cursul său inferior, depășind de 5 ori valoarea înregistrată în nordul bazinului. Considerăm, că de aceste concluzii este necesar să se țină cont în cazul luării măsurilor de adaptare către noile condiții climatice.

Estimarea Deficitului de Apă Climatic (*DEF*) din cadrul bazinului Lunga relevă faptul, că aici semnificativ cresc valorile în intensitate (fig. 4.12). În același timp, diferențele spațiale dintre partea de nord și sud a acestui bazin se majorează doar de două ori, ceea ce încă odată demonstrează faptul, că impactul aridizării persistă asupra calității apei, fapt confirmat și de datele oferite de către Serviciul Hidrometeorologic de Stat.

Astfel, conform Regulamentului de calcul a percentilei pentru parametrii monitorizați, s-a stabilit că apa râului Lunga, după majoritatea parametrilor, se încadrează în limitele clasei a V-a de calitate (foarte poluată), cauza principală fiind factorii meteorologici nefavorabili sus enumărați. Potrivit datelor Serviciului Hidrometeorologic de Stat [2, p.10-57], în perioada ultimilor 5 ani, calitatea apei r. Lunga, conform IPA, se caracterizează cu un nivel de poluare ridicat. Valoarea IPA pe parcursul perioadei menționate a variat în limitele de la 2,54 (clasa de calitate IV – degradată) în secțiunea or.Ceadîr-Lunga, în amonte, pînă la 11,24 (clasa de calitate V-poluată), secțiunea or.Ceadîr-Lunga, în secțiunea punctului hidrometric, ambele fiind înregistrate în anul 2012, cînd conțițiile climatice au fost extrem de aride. Analiza datelor indică un nivel de poluare extrem de ridicat pentru r.Lunga, situîndu-l printre primele cele mai poluate obiecte acvatice monitorizate pe teritoriul republicii. Apa râului se caracterizează printr-un grad sporit de mineralizare, condiționat de specificul și caracterul solului și rocilor din regiunea prin care râul își croiește cursul, cantitatea redusă de precipitații atmosferice pentru zona respectivă, precum și debitul mic al râului.

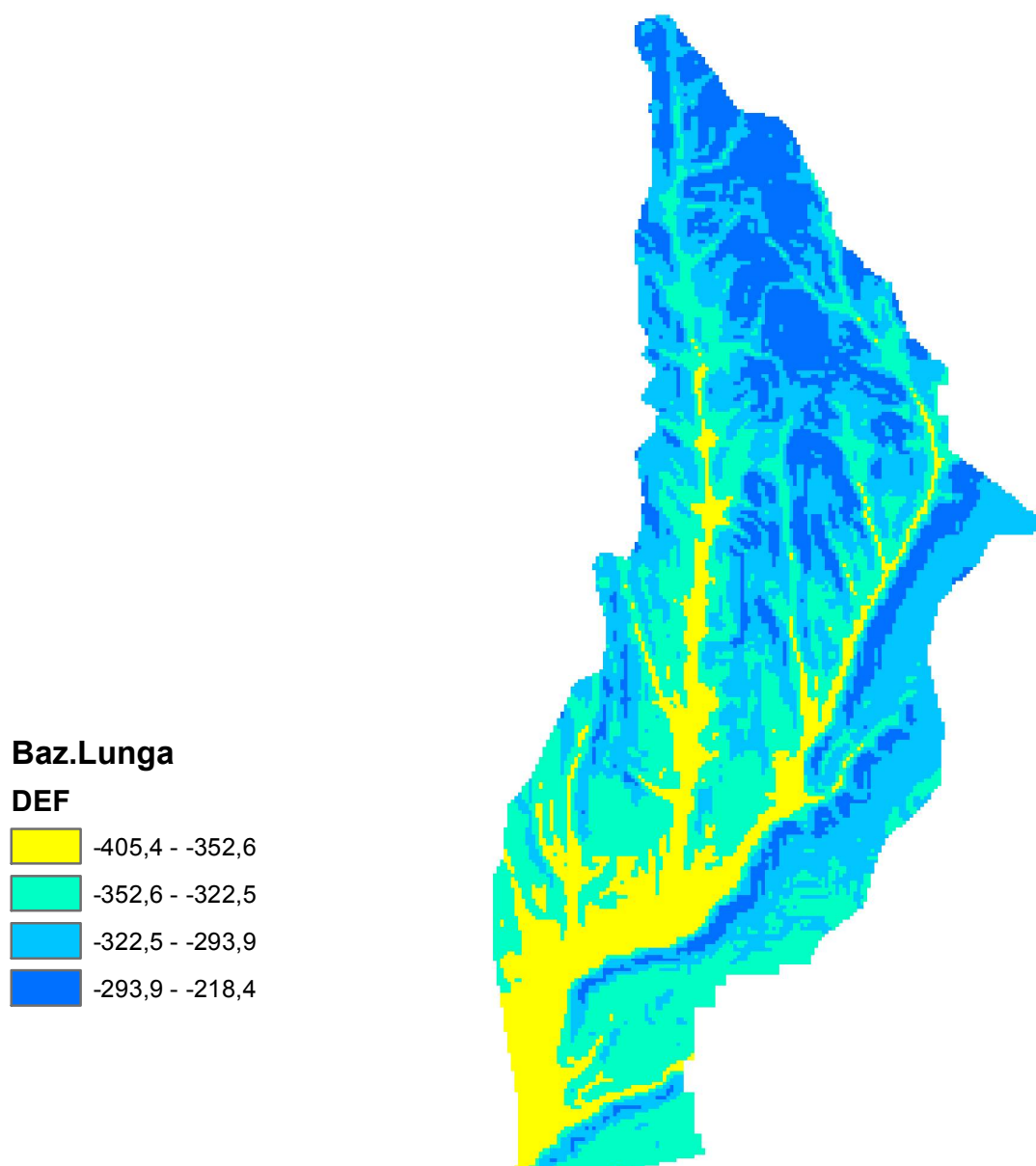


Fig. 4.12. Deficitul de Apă Climatic din cadrul bazinului râului Lunga (1961-2016)

Ținând cont de valorile semnificative cu semnul negativ al Deficitului de Apă Climatic din cadrul acestui bazin, dar și de tendințele de majorare a temperaturilor medii lunare, sezoniere și anuale de pe teritoriul Republicii Moldova [2, p.10-57] și nu în ultimul rând și a gradului înalt a evaporabilității din această regiune, putem conchide că impactul aridizării va continua să aibă o influență negativă asupra poluării apelor de suprafață.

Starea regimului de oxigen a fost evaluată în baza datelor pentru următorii parametri: oxigenul dizolvat și saturația acestuia, consumul biochimic de oxigen la 5 zile și consumul

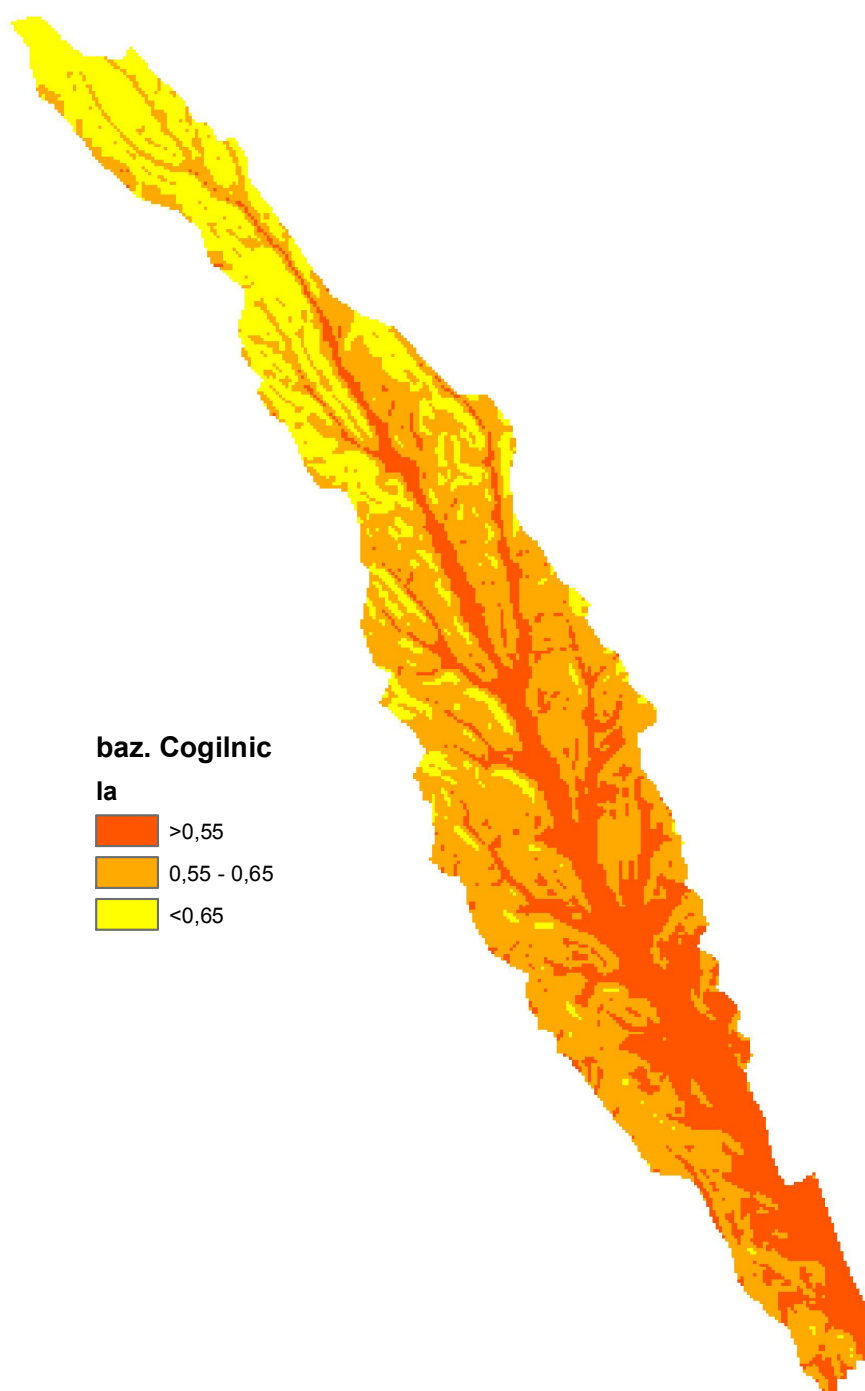


Fig. 4.13. Repartiția spațială a Indicelui de Ariditate (Ia) din cadrul bazinului râului Cogilnic (1961-2016)

chimic de oxigen cu bicromat. Concentrația medie pe secțiune a oxigenului dizolvat a variat între 2,63-10,88 mgO₂/l, valoarea minimă (2,63 mgO₂/l) fiind determinată în perioada de vară la stația în aval de or. Ceadâr-Lunga. Valoarea percentilei 10 pentru oxigen dizolvat, calculată pentru anul 2015, a variat în limitele 3,97-7,58 mgO₂/l, iar pentru ultimii 3 ani s-a încadrat între 4,17-5,47 mgO₂/l. Valoarea minimă a saturației oxigenului a fost măsurată în luna iulie la secțiunea în aval de or. Ceadâr-Lunga și a constituit 31%, pe când valoarea maximă de 97% a fost depistată în

amonte de or. Ceadâr-Lunga, de asemenea în luna iulie. Datele obținute pe parcursul anului 2015 despre saturația oxigenului în r. Lunga atribuie calitatea apei la clasa a III-a (poluată moderat) în secțiunea în aval de or. Ceadâr-Lunga și la clasa a V-a (foarte poluată) în amonte de or. Ceadâr-Lunga.

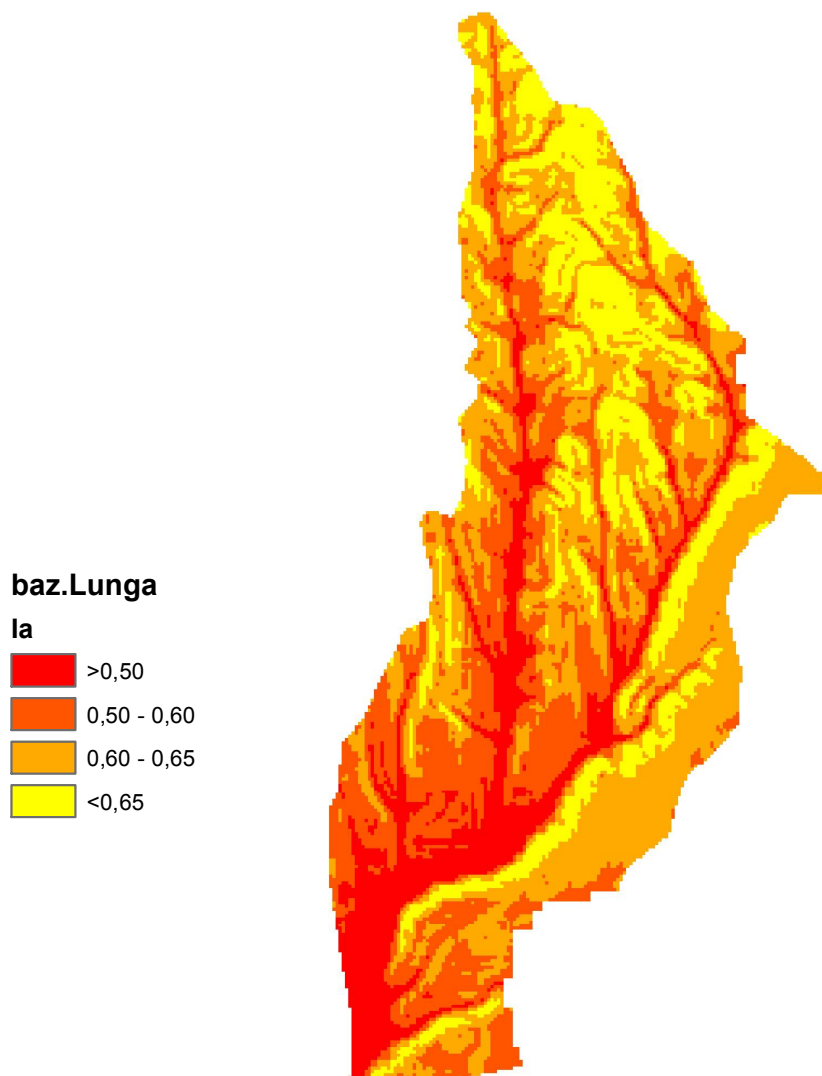


Fig. 4.14. Repartiția spațială a Indicelui de Ariditate (*Ia*) din cadrul bazinului râului Lunga (1961-2016)

Elaborarea hărților digitale (fig.4.13, fig.4.14), ce reflectă repartiția spațială a Indicelui de Ariditate *Ia* din cadrul acestor bazine demonstrează că nordul bazinului Cogîlnic se caracterizează prin climă în tranziție de la uscat semiumedă spre umedă (fig.4.13), în timp ce cursul său inferior se caracterizează prin climă semiaridă. În cazul repartiției spațiale a Indicelui de Ariditate (*Ia*) din cadrul bazinului Lunga (fig. 4.14) se observă că în cea mai mare parte a teritoriului, clima se caracterizează ca semiraidă, iar arealele cu climă uscată semiumedă sunt limitate.

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

Așadar, în ultimile decenii, fenomenele metereologice naturale severe și în speță procesul de aridizare a climei care se observă la nivel mondial, au dus la creșterea gradului de conștientizare a acestor pericole recurente de către factorii decizionali. Din acest motiv, prevenirea și atenuarea catastrofelor naturale ar trebui să fie o prioritate la nivel național. Întrucât dezastrele naturale nu pot fi evitate, integrarea procesului de evaluare a riscului și avertizare în timp real, împreună cu măsurile de prevenire și reducere, pot opri transformarea acestor fenomene în catastrofe. Se cunoaște faptul, că schimbările climatice pot duce la un stres termic sporit, la accentuarea secetei și a deficitului de umiditate. Deficitul de apă și problemele privind calitatea apei ar trebui să reprezinte un interes real pentru autorități.

Conform Convenției Națiunilor Unite privind Lupta împotriva Deșertificării (UNCCD), seceta este definită ca "fenomenul natural care apare atunci când precipitațiile sunt semnificativ sub nivelul normal înregistrat, cauzând dezechilibre hidrologice grave, care afectează sistemele de producere a resurselor pământului". Acest fenomen poate fi considerat ca fiind strict de natură meteorologică, hidrologică, agricolă sau economică, iar metoda de analiză adecvată permite evaluarea nivelului de gravitate în funcție de intensitate, durată, frecvență, timp și spațiu, precum și consecințele asupra mediului. În Preambulul către UNCCD, Părțile declară "că oamenii din zonele afectate sau amenințate sunt în centrul preocupărilor privind combaterea deșertificării și reducerea efectelor secetei, reflectând această preocupare a comunității internaționale [15, p.170] referitoare la impactul advers al deșertificării și secetei".

Ariditatea spre deosebire de secetă (care este o anormalitate temporară) e restrânsă la precipitațiile scăzute și se caracterizează printr-un potențial crescut de evapotranspirație, reprezentând o caracteristică a climei. Impacturile observate și așteptate ale schimbărilor climatice indică o creștere medie a temperaturii medii anuale și o variabilitate semnificativă a cantității precipitațiilor atmosferice pe multe areale. 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 (fig. 4.14) relatează diferențierea spațială a acestuia, reieșind din particularitățile fizico-geografice ale amplasamentului bazinului și a ponderii factorilor fizico-geografici de influență. Astfel, spre exemplu, în cadrul bazinului Nistrului 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 (fig.4.15).

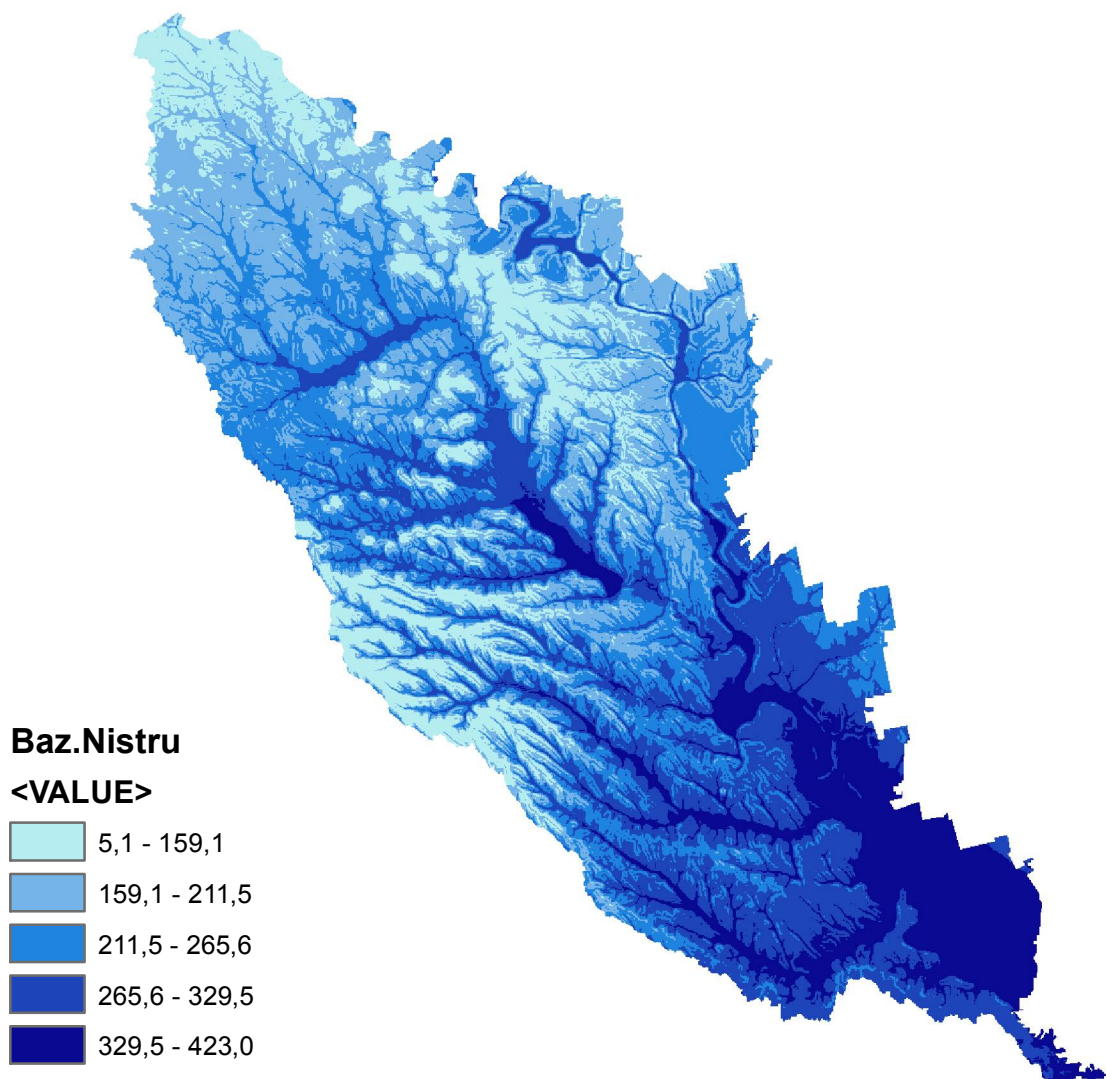


Fig. 4.15. *Necesarul în apă pentru irigație din cadrul bazinului Nistru*

În același timp, această valoare este întrecută în cadrul celorlalte două bazine și anume a bazinului Prut și fluviului Dunărea, unde cursurile inferioare ale râurilor mici și a râului Prut însumează un necesar natural în apă de 468-468 mm (fig.4.16, fig.4.17).

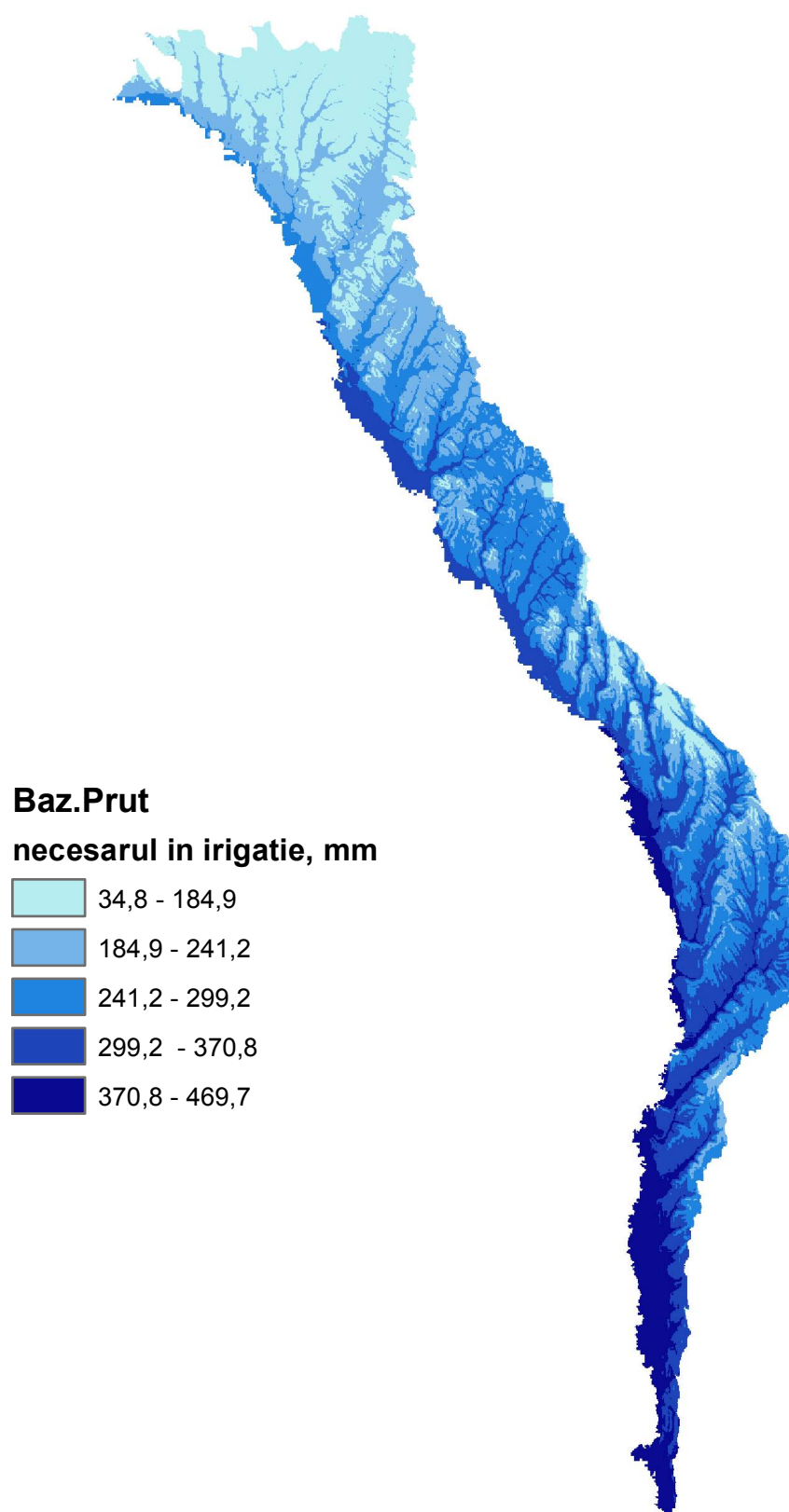


Fig. 4.16. *Necesarul în apă pentru irigație din cadrul bazinului Prut*

Nordul bazinului Prut și a fl.Dunărea însumează un necesar în jumătate, adică de 200mm. Considerăm, că cunoașterea unei asemenea diferențieri spațiale privind necesarul natural în apă,

ne obligă să detaliem cercetările pînă la nivelul local, ținînd cont de regimul de umiditate insuficient și resursele limitate de apă potabilă.

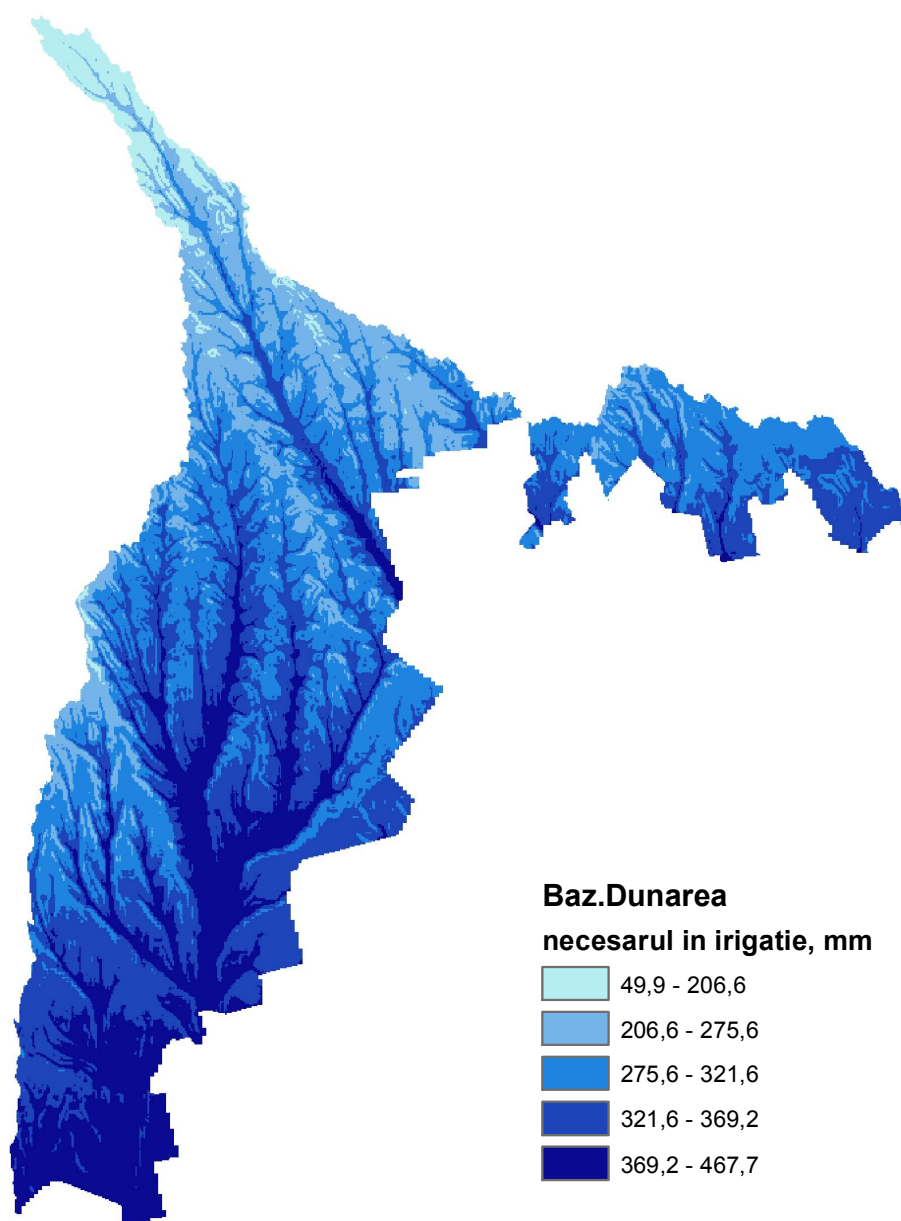


Fig. 4.17. *Necesarul în apă pentru irigație din cadrul bazinului fl.Dunării și al Mării Negre*

Elaborarea hărții digitale privind necesarul de apă în irigația bazinului Cogîlnic demonstrează că pe cumpene ar fi necesară o cantitate de pînă la 167 mm, în timp ce cursul inferior al acestui râu ar avea nevoie de 395 mm în restabilirea unui echilibru în cadrul regimului de umiditate (fig.4.18). Pe teritoriul bazinului Lunga, crește necesarul în apă și în cursul său inferior, acesta constituie 445 mm (fig.4.19). Spre deosebire de Cogîlnic, în nordul bazinului Larga și pe cumpenele râurilor mici este semnificativ necesarul în apă (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.

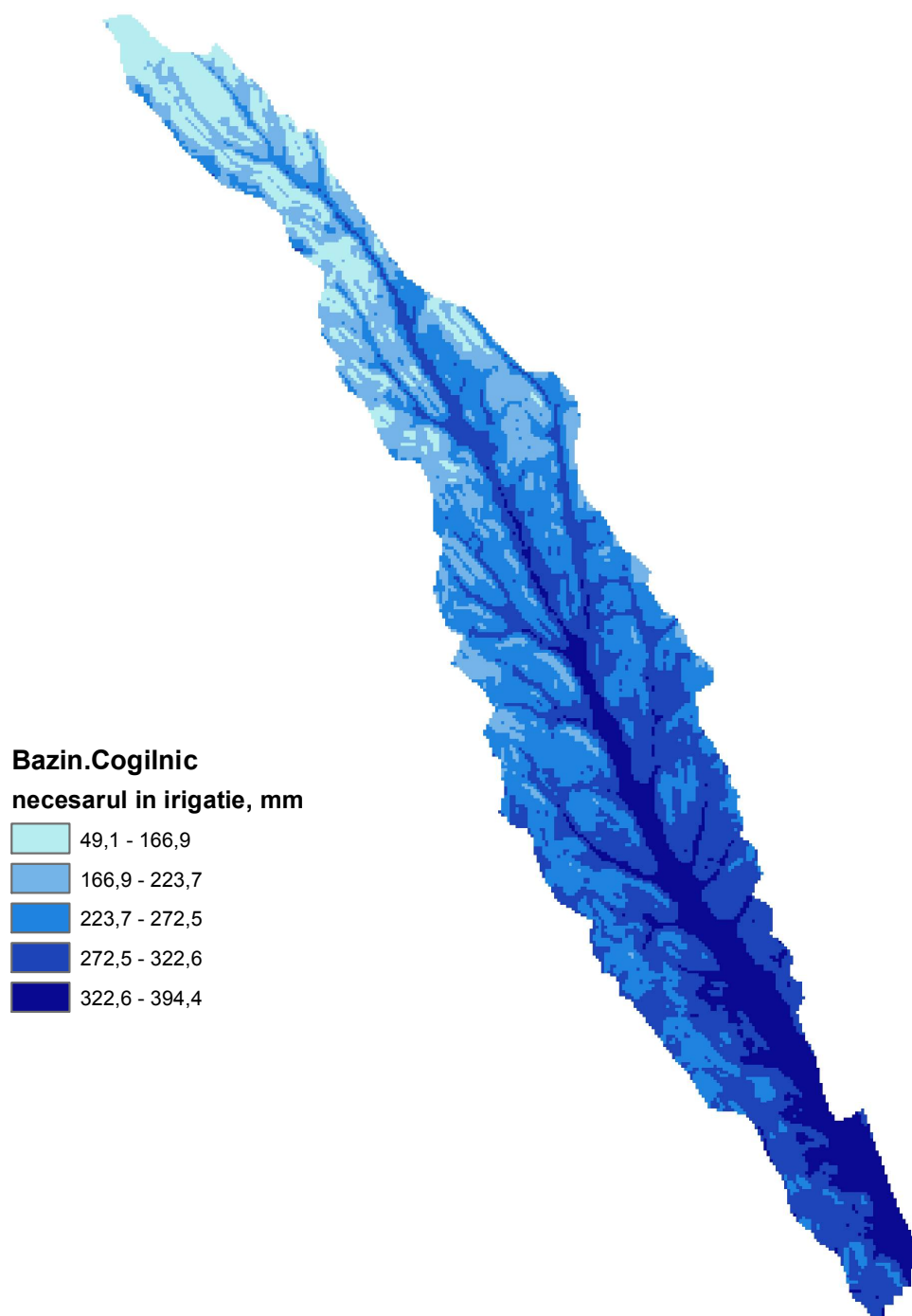


Fig. 4.18. *Necesarul în apă pentru irigație în cadrul bazinului Cogilnic*

Considerăm, că rezultatele cercetărilor obținute sunt destul de utile în înaintarea măsurilor de adaptare privind asigurarea disponibilului de apă, la modificarea infrastructurilor existente pentru a putea regulariza debitele râurilor mari și mici a căror distribuție în timp se modifică ca urmare a schimbărilor climatice, proiectarea și implementarea unor soluții pentru

colectarea și utilizarea apei din precipitații, extinderea soluțiilor de reîncărcare cu apă a straturilor freatice; realizarea de rezervoare de apă fără baraje (cu nivelul apei sub nivelul terenului), etc.

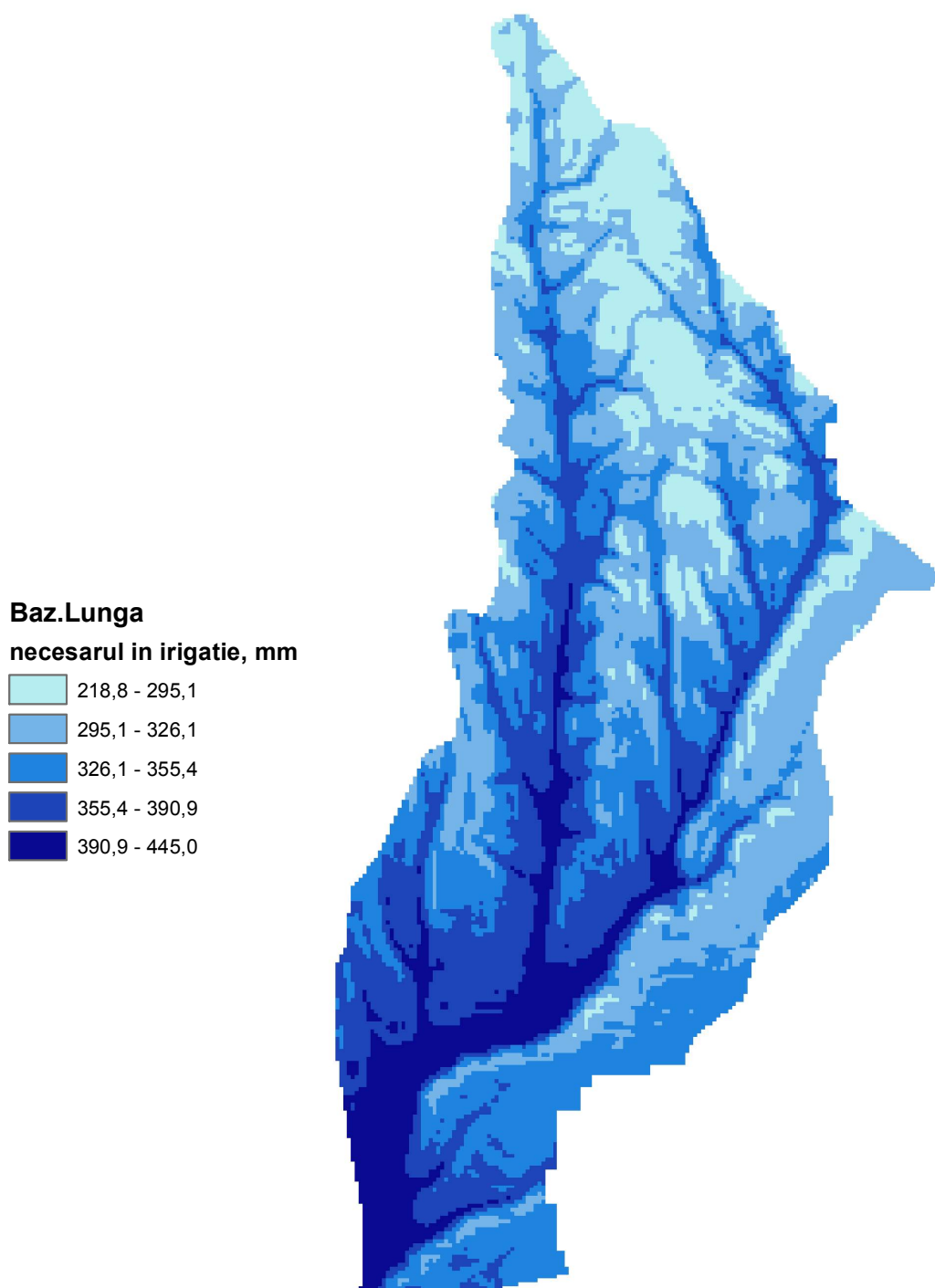


Fig. 4.19. *Necesarul în apă pentru irigație în cadrul bazinului râului Lunga*

Așadar, nu rămîne nici o îndoială, că sudul și sud-estul Republicii Moldova reprezintă teritoriul cu risc pronunțat și cu o tendință crescută de aridizare. 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. Descreșterea resurselor de apă, în special, în

zonele deficitare, va accentua consecințele lipsei de apă, atât la nivel național, cât și global, efectele fiind amplificate de poluare și tehnologii necorespunzătoare. Pentru a mări resursele de apă utilizabile este necesar să se ia măsuri de regularizare a debitelor prin rezervoare de acumulare, care să rețină debitele excedentare în perioadele ploioase, pentru a le face disponibile în perioadele secetoase.

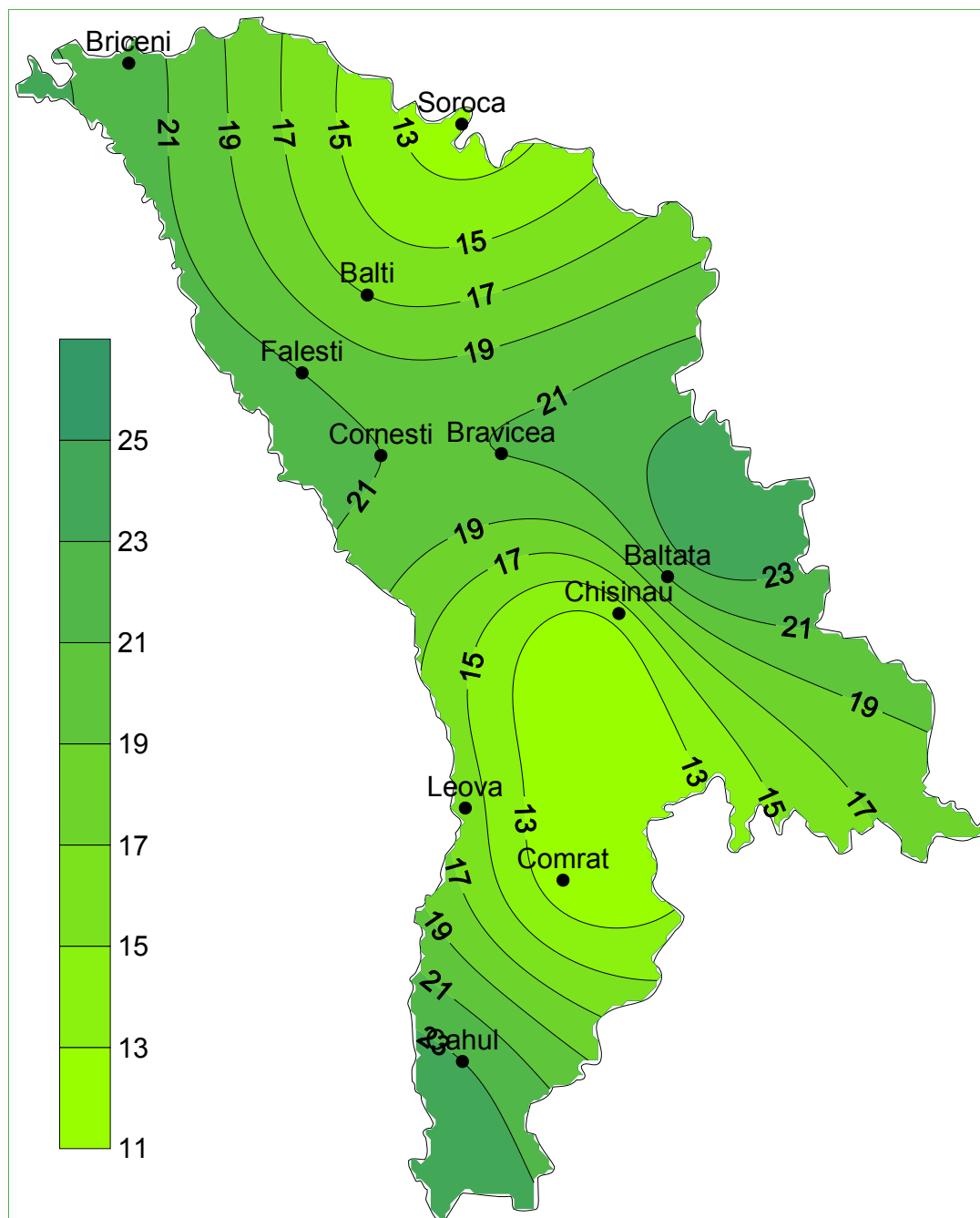


Fig. 4.20. Numărul de cazuri (1961-2016) cu excese pluviometrice > 50 mm timp de 24 ore

Elaborarea hărții digitale (fig.4.20) în cadrul programului Surfer cu metoda de interpolare Radial Basic privind numărul de cazuri cu precipitații maxim diurne de peste 50 mm demonstrează faptul, 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 corecte de adaptare către noile condiții climatice.

În același timp, Republica Moldova depinde în mare parte de resursele de apă ce vin din alte țări, din amonte, iar aceste resurse nu sunt în totalitate utilizabile. Spre deosebire de țările din Europa de Vest și de Nord, lipsa unor resurse suficiente de apă, în țară, riscă să devină un factor care limitează dezvoltarea economică, dacă nu este promovată o politică strictă de utilizare rațională a apelor. Distribuirea neuniformă a resurselor de apă și schimbările climatice tot mai evidente în ultimul timp pot conduce, în conformitate cu estimările obținute, la apariția unor zone influențate de aridizare în sudul și sud-estul țării.

Așadar, nu există nici o îndoială, că clima este principalul declanșator natural al variabilității resurselor de apă. De aceea estimarea resurselor de apă la rîndul său este una dintre sarcinile de bază care permite o gospodărire eficientă a apelor. Resursele de apă ar trebui să fie evaluate luând în considerare exploatarea existentă a terenurilor, scenariile climatice pentru viitorii ani apropiați, schimbările de dezvoltare demografică și consum de apă, modificări în exploatarea terenurilor sau calitatea resurselor de apă. Evaluarea resurselor de apă a unui bazin hidrografic este una din principalele sarcini care permite o gospodărire eficientă a bazinului hidrografic. Măsurătorile convenționale hidrologice și meteorologice sunt de tipul măsurării în puncte, în timp ce măsurările aplicate asupra bazinului sunt de tip zonal.

În funcție de scara de timp există măsuri pe termen lung, luate înainte de începerea unui eveniment de secetă cu scopul de a reduce vulnerabilitatea la secetă sau a îmbunătăți gradul de pregătire în fața acesteia. Ele sunt orientate spre creșterea fiabilității sistemelor de alimentare cu apă pentru a îndeplini cererile viitoare în condiții de secetă printr-un set de măsuri adecvate structurale și instituționale. Măsurile pe termen scurt încearcă să atenueze impacturile unui anumit eveniment al secetei în cardul politicilor existente de infrastructură și management, pe baza unui plan dezvoltat în avans și adaptat la seceta curentă, dacă este necesar.

Potrivit UNESCO printre principalele acțiuni pe termen lung managementul impactului modificărilor de mediu, în speță a schimbărilor climatice ar fi primordial, iar printre cele pe termen scurt - managementul restricțiilor de exploatare a apei, reieșind din gradul diferit de aprovizionare cu apă potabilă.

Identificarea zonelor vulnerabile pentru alimentarea cu apă este direct legată de Planurile de Management al Bazinelor Hidrografice și actualizarea lor permanentă, care trebuie să ia în considerare schimbările climatice.

O exploatare mai eficientă a apei ar fi: conservarea în perioadele extrem de secetoase prin reabilitarea rețelelor de transport și distribuție și de asemenea prin perfecționări, construirea de acumulări speciale de exploatare care ar crește disponibilul de resurse de apă în perioadele foarte secetoase, aplicarea unui set special de soluții care ar permite stocarea și exploatarea apelor pluviale în mod special în perioadele foarte secetoase. Elaborarea hărților privind riscul deșertificării la nivel de bazin hidrografic, includea acestora în planurile de dezvoltare regională, legarea planurilor de dezvoltare spațială cu strategia spațială și planurile de management al riscului de secetă hidrologică ar putea contribui esențial la utilizarea eficientă a resurselor de apă.

Rezultatele cercetarilor efectuate cu referire la impactul schimbărilor climatice asupra resurselor de apă implică dezvoltarea, pe termen lung, de noi criterii și tehnici de proiectare a barajelor și a construcțiilor, care să facă sistemele de gospodărire a apelor mai puțin sensibile la modificările regimului hidrologic, cauzate de impactul variabilității și al schimbărilor climatice.

Elaborarea unei strategii de amenajare a râurilor cu o abordare ecosistemică, pornind de la afirmația, că râurile sunt ecosisteme complexe, care depind de regimul cursurilor de apă în care debitele, transportul sedimentelor, temperatura apei și alte variabile au un rol bine definit, ar putea contribui la utilizarea efectivă a resurselor de apă limitate. În cazul producerii unor modificări ale acestor variabile față de valorile existente în mod natural echilibrul ecologic este afectat, fapt ce conduce la o restructurare a biocenozelor, respectiv pierderea de specii, înlocuirea unor specii valoroase cu altele mai puțin valoroase. Ca urmare a acestui fapt, amenajarea râurilor prin lucrări hidrotehnice trebuie să aibă ca obiectiv menținerea în timp și spațiu a integralității și a echilibrului ecologic al ecosistemelor acvatice, respectiv a cursurilor de apă. În locul încorsetării râurilor între diguri, soluție adoptată de regulă până în prezent, noul concept "mai mult spațiu pentru râuri" ilustrează strategia dominantă în prezent în Uniunea Europeană, prin care se susține necesitatea redării luncilor inundabile, pentru ca acestea să dreneze corespunzător viiturile, dar și pentru a păstra intact biencozele în cazul manifestării fenomenelor de uscăciune. Drept exemplu poate servi lunca inundabilă a Prutului Inferior la limita comunei Gotești (raionul Cahul), unde după inundațiile din anul 2010, chiar și în timpul perioadelor uscate din anii 2012, 2015, 2016, 2017 se atestă o creștere abundentă a vegetației palustre (de baltă) asociată cu cea acvatică, precum și comunități de lizieră cu ierburi înalte higrofile, cu specii de: rogoz (*Carex repens*), pipirig (*Scirpus sylvaticus*), papură (*Typha latifolia*), stuf (*Phragmites communis*) etc.

Așadar, gospodărirea durabilă cantitativă și calitativă a apelor, managementul catastrofelor naturale generate de prezența în exces sau de lipsa apei, conservarea biodiversității mediului acvatic ar trebui să se realizeze prin planuri directoare la nivelul bazinelor hidrografice.

Schema directoare de amenajare și management a bazinului hidrografic ar trebui să fie instrumentul de planificare în domeniul apelor pe bazinul hidrografic, fiind constituită din două părți: Planul de amenajare a bazinului hidrografic și Planul de Management al bazinului hidrografic. Această planificare considerăm că ar fi adecvată noilor condiții induse de schimbările climatice. Schemele directoare fixează într-o manieră generală și armonioasă obiectivele de calitate și cantitate a apelor, urmărind să se asigure: o stare bună a apelor de suprafață sau, pentru corpurile de apă artificiale sau puternic modificate, un bun potențial ecologic și o stare chimică bună a apelor de suprafață.

Schimbările climatice au contribuit și contribuie, alături de alte fenomene, la creșterea gradului de poluare naturală a apelor cu precădere în sudul și sud-estul țării, dar și manifestării inundațiilor în cadrul aceluiași areale. În acest context, considerăm oportun elaborarea unui plan de protecție a arealelor sudice, realizarea unor acțiuni preliminare pentru promovarea unor proiecte și transferul de cunoștințe și tehnologii în domeniul protecției și gestionării zonelor vulnerabile. Pentru atingerea obiectivelor sus menționate, sunt necesare studii adiționale legate de modelările cartografice și împărțirea zonei vulnerabile în sub-sectoare, precum și o simulare a tendinței viitoare de modificare a albiei râurilor în cazul manifestării inundațiilor și/sau a secetelor.

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 deșertificării climatice.

În ceea ce privește impactul schimbărilor climatice asupra sistemelor de alimentare cu apă au fost identificate două aspecte majore: iernile mai calde și mai scurte conduc la scăderea volumului de zapadă sezonieră și la topirea timpurie a zăpezii și în ritm crescut, iar verile cu temperaturi extreme și secetoase din ultimile două decenii, generează reducerea cantitativă și calitativă a resurselor de apă și creșterea cererii de apă.

Excesul de apă (inundații) are ca efect creșterea rapidă a cantității suspensiilor în sursa de apă, cu consecințe asupra procesului de tratare; de asemenea, apar probleme datorită lipsei capacității de preluare a rețelei de canalizare, precum și afectarea procesului de epurare.

Deficitul de apă are ca efect creșterea evapotranspirației, în special, în lunile de vară datorită creșterii temperaturii aerului, conducând la reducerea medie a regimului de scurgere a râurilor cu 10-20%; reducerea grosimii și duratei stratului de zăpadă din cauza creșterii temperaturii aerului în timpul iernii; scăderea umidității solului care conduce la reducerea la minim a scurgerilor (vara și toamna), contribuind la creșterea frecvenței poluării și restricțiilor alimentării cu apă; temperaturile crescute pot afecta calitatea apei din râuri și acumulări (scăderea oxigenului dizolvat și înfloririle algale, eutrofizarea pot afecta populațiile de pești); reducerea debitelor râurilor poate crea probleme privind asigurarea folosințelor, capacitatea de autoepurare a râurilor, ecologia acvatică, etc; în verile secetoase pot apărea probleme privind asigurarea debitului salubru; modificări privind alimentarea apelor subterane și a acviferelor; creșterea numărului de boli asociate apei; creșterea pagubelor produse de inundații și secete.

Reieșind din cele relatate considerăm, că realizarea hărților ce caracterizează riscul deșertificării pe bazine hidrografice și detalierea acestora cu scopul de a asigura administrația locală la nivelul localităților, cu prioritate în zonele cu necesar sporit în apă; includerea hărților digitale în planurile de dezvoltare regională, în planurile de urbanism zonale și în cele zonale locale; adoptarea unor normative de amplasare a construcțiilor în zonele inundabile; adoptarea unor normative de construire a obiectivelor din zonele cu risc moderat la inundare, care să asigure pe de o parte siguranța acestora la evenimentele mai intense apărute ca urmare a schimbărilor climatice; dezvoltarea de noi studii necesare fundamentării 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 și minime ale cursurilor de apă; evaluarea cerințelor de apă ale principalelor culturi agricole din Republica Moldova în condițiile schimbărilor climatice - sunt cele mai prioritare obiective în asigurarea securității țării cu apă potabilă.

Printre măsurile de adaptare pentru asigurarea disponibilului de apă la sursă în contextul schimbărilor climatice am putea menționa: modificarea infrastructurilor existente pentru a putea regulariza debitele lichide a căror distribuție în timp se modifică ca urmare a schimbărilor climatice (supraînălțarea unor baraje, reechiparea cu noi uvraje, etc.); proiectarea și implementarea unor soluții pentru colectarea și utilizarea apei din precipitații; extinderea soluțiilor de reîncărcare cu apă a straturilor freatice; realizarea de rezervoare de apă fără baraje (cu nivelul apei sub nivelul terenului). Printre măsurile principale de adaptare la folosințele de apă (utilizatori) ar putea fi incluse: utilizarea mai eficientă și conservarea apei prin reabilitarea

instalațiilor de transport și distribuție și prin modificări tehnologice (promovarea tehnologiilor cu consum redus de apă, etc.); modificări în stilul de viață al oamenilor (reducerea cerințelor de apă, utilizarea pentru anumite activități a apei recirculate, etc.); elaborarea și implementarea unor sisteme de prețuri și tarife pentru apă în funcție de folosință, de sezon și de resursa disponibilă; utilizarea de către anumite folosințe a apelor de calitate inferioară.

În realizarea acestor măsuri, este necesară amenajarea bazinelor hidrografice conform noilor condiții de mediu, în speță a schimbărilor climatice și deci a particularităților specifice climei actuale: includerea în schemele directe (planurile de amenajare) ale bazinelor hidrografice a unui scenariu în care resursele disponibile de apă scad ca urmare a schimbărilor climatice, iar cerințele folosințelor cresc; introducerea chiar de la proiectare în lacurile de acumulare ce se vor realiza, a unor volume de rezervă care să se utilizeze doar în situații excepționale sau realizarea unor lacuri de acumulare cu regim special de exploatare pentru a suplimenta resursele de apă disponibile în situații critice; dezvoltarea unor capacități de înmagazinare a apei potabile (acoperirea necesarului pentru 1 -2 zile); reutilizarea apelor epurate și transformarea acestora într-o importantă sursă pentru acoperirea necesarului industrial și public, având calitate non-potabilă; pregătirea de studii și cercetări aprofundate pentru realizarea tehnologiilor necesare reutilizării integrale a apelor; elaborarea planurilor integrate pe bazine (alocarea resursei, utilizarea apei, starea restituției).

4.3. Concluzii la Capitolul 4

1. 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 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 evapotabilitate.

2. Au fost elaborate, în premieră, hărțile digitale ce reflectă Deficitul de Apă Climatic (*DEF*) și Indicele de Ariditate (*Ia*) în aspect bazinal și local, care scot în evidență diferențierile spațiale, constatând că cursurile inferioare a râurilor mari, mijlocii și mici însumează cele mai esențiale valori, fapt de care este necesar să se țină cont la măsurile concrete de ameliorare a situațiilor ecologice create de pe urma aridizării climei.

3. Pentru prima dată la nivel bazinal și local au fost elaborate modelele cartografice ce scot în evidență necesarul natural în apă pentru asigurarea unei irigații efective. Astfel, arealele cu necesar sporit în irigație sunt, la fel, cursurile inferioare a râurilor mari, mijlocii și mici.

4. În contextul redresării situațiilor ecologice condiționate de impactul aridizării asupra calității apelor de suprafață este necesar să se ia măsuri de regularizare a debitelor prin lacurile de acumulare, care să rețină debitele excendente în perioadele ploioase, pentru a le face disponibile în perioadele secetoase. Elaborarea hărții digitale a numărului de cazuri, în care s-au atestat cantități de precipitații diurne mai mari de 50 mm demonstrează prezența unui număr semnificativ de cazuri din sud-vestul țării, ceea ce poate fi utilizat în asemenea cazuri.

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 [16-17, 95].
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 $0,0103\text{ km}^3/\text{an}$ [95].
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 [16, 94].
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 [93, 94].
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 evapopabilitate [13, 18, 93].

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 și al bazinului Mării Negre și Dunării însumează cele mai esențiale valori ale Deficitului de Apă Climatic (-389,3 mm...-420 mm) și tot cursurile inferioare se caracterizează prin cele mai scăzute valori ale Indicelui de ariditate de 0,53...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 [13, 93, 102].

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...469,7 mm pe an, ceea ce este extrem de important să se ia în considerație în cazul asigurării unei irigații eficiente și diferențiate [13].

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 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 ploie 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 efectuarea 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. Bejan, I.; Nedelcov, M.; Boboc, N.; Bacal, P.; Melniciuc, O.; Jelepov, A.; Angheluță, V.; Zgîrcu, N.; Iurciuc, B.; Melian, R.; Bejenaru, G.; Stratan, L.; Tabacaru, A. Planul de gestionare a districtului bazinului hidrografic Dunărea-Prut și Marea Neagră. *Ciclul I, 2017–2022*. Chișinău, 2017, ISBN 978-9975-9611-5-8. p. 7-15.
5. Cazac V., Daradur M., Nedelcov M. Clima actuală în Republica Moldova și tendințele ei de schimbare (Temperatura aerului). În: Mediul Ambiant. Revista științifică de informație și cultură ecologică. Chișinău, 2005, nr. 4 (22), p. 39-41.
6. Ciulache S. Aspecte metodologice ale cercetării climatologice, “Comunicări de Geografie”, vol. IX, Editura Universității din București, 2005, p. 108-111.
7. Ciulache S. Specificul climatic și topoclimatic al municipiului Constanța, vol. “Comunicări de geografie”, vol. XI, Editura Universității din București, 2007, p.135-141.
8. Constantinov T., Brega V., Tăriță A., Nedelcov M., Cojocaru A., Scorpan V., Țăranu M. Schimbarea climei și protecția stratului de ozon. În: Starea Mediului în Republica Moldova în anul 2006 (raport național). Chișinău, 2007, p. 37-40.
<http://www.mediu.gov.md/file/rapoarte/Raport%202006%20rom%20.pdf>
9. Constantinov T., Nedelcov M., Boboc N. Riscul climatic. În: Starea Mediului în Republica Moldova în anul 2006 (raport național). Chișinău, 2007, <http://www.mediu.gov.md/file/rapoarte/Raport%202006%20rom%20.pdf>, p. 72- 80.
10. Constantinov T., Nedelcov M., Boboc N. Riscul climatic. Starea Mediului în Republica Moldova în anul 2005 (raport național). Chișinău, 2006, <http://www.mediu.gov.md/md/rap2005>, p. 87- 91.
11. Constantinov T., Nedelcov M., Raileanu V. Utilizarea sistemelor informaționale geografice în scopul caracterizării climatice a bazinului estic al Prutului (Republica Moldova). Using GIS systems in outiling the climate of the Eastern Prut Basin (Republic of Moldova). În: Studii și cercetări de Geografie. București: Ed. Academiei Române, 2007, t. LI-LII 2004-2005, p. 5-11.
12. Determinarea caracteristicelor hidrologice pentru condițiile Republicii Moldova.

- Normativ în construcții CP D.01.05-2012, ediție oficială. Agenția construcții și dezvoltarea teritoriului Republicii Moldova, Chișinău, p. 155.
13. Duca, Gh.; Nedelcov, M.; Ivanov, V. Deficitul de apă în condițiile schimbărilor climatice Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice. Materialele Conferinței științifice cu participare internațională 25 noiembrie 2016. Chișinău. ISBN. 978-9975-108-02-7, p. 182-186
 14. Duca, M.; Nedelcov, M.; Clapco, S.; Ivanov, V. Expansiunea lupoaiei în noile condiții climatice pe teritoriul Republicii Moldova. Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții. 3 (333) 2017, ISSN 1857-064X, p. 156-166.
 15. Ghid de gestionare a apelor mici. Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor. București, 2015, p 170.
 16. 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.
 17. Ivanov, V. Indicele Diekman în estimarea gradului de aridizare a climei regionale. Akademos. Revistă de știință, inovare, cultură și artă. Nr. 1 (44), 2017. ISSN 1857-0461, p. 55-57.
 18. Nedelcov, 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. ISBN 978-9975-108-02-7, p. 221-224.
 19. Nedelcov, M. Resursele agroclimatice în contextul schimbărilor de climă. Tipografia "Alina Scorohodova" 2012, Chișinău, ISBN 978-9975-4284-8-4, p. 306.
 20. Nedelcov, M.; Bejan, Iu. Schimbările climatice din sudul Republicii Moldova (Districtul Dunărea-Marea Neagră). Buletinul Academiei de științe a Moldovei. Științele vieții. 1 (331) 2017, ISSN 1857-064X, p. 141-144.
 21. Nedelcov, M., Răileanu V. Estimarea secetelor în Moldova prin intermediul indicilor standardizați SPI și SPEI. Akademos Nr.3., Chișinău, 2015, p.46.
 22. Nedelcov, M., Estimări recente privind schimbările climatice regionale. Noosfera. Nr.17, 2016, p.204.
 23. Patriche C. V. Abordarea pe baze statistice a problemei spațializării informației climatice, vol. Indici și metode cantitative utilizate în climatologie, coord. Sorin Cheval, Edit. Univ din Oradea. 2003, p.78-95.

24. Proiect de Gestionare a Districtului Bazinului Hidrografic Nistru, Chişinău, 2014, p. 56-87.
25. Păltineanu C., ş.a. Ariditatea, Seceta, Evapotranspiraţia şi cerinţele de apă ale culturilor agricole în România. Editura Ovidius University Press Constanţa. 2007, p. 278- 340.
26. Sadoff C, Muller M. Gospodărirea Apelor, Securitatea Apelor, Adaptarea la schimbările climatice. Parteneriatul Global al Apei. 2009. www.GWP-Romania.ro
27. Stanciu Alina. Indici ecometrici. <http://www.academia.edu/9909429/05>
28. Stoenescu Şt., Clima Bucegilor, CSA, IM, Bucureşti, 1951, p.12-26.
29. Topor, N. Ani ploioşi şi secetoşi, CSA, IM, Bucureşti, 1963, p. 17-25.
30. Андреева Л. К., Сазонов Б.И. Сравнение индексов засушливости // Труды ГГО.- 1989. -Вып. 153, с. 83-87.
31. Бабиченко В.Н. Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии. - Л., Гидрометеиздат, 1991, p. 47-98.
32. Багров Н. А. Климатический процесс как случайное блуждание // Метеорология и гидрология. – №. 9. - 1995, с. 41-51.
33. Багров Н. А. О распределении месячных сумм осадков // Труды ЦИП. - 1965.- Вып. 139, с.3-21.
34. Багров Н.А. К вопросу о частоте засух // Метеорология и гидрология.- 1986, №.12,с . 43-48.
35. Батырева О.В., Лукьянова Л.Е. Статистическое распределение точечных и осредненных по территории месячных сумм осадков // Тр. Гидрометцентра СССР – 1980. - Вып. 226, с.98 -111.
36. Беженару Г. Анализ циклических колебаний и пространственно-временной синхронности годовых компонентов водно-теплового баланса Р. Молдова. Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii, Nr. 1 [331], Chişinău, 2017, ISSN 1857-064X, p.162-169.
37. Борисенков Е.П., Полозов В.В. Экспертная оценка изменений климата до конца 20-го начала 21-го века. Труды ГГО, вып. 503. 1986, с.40-50.
38. Борисова Л.Г., Бочкарева З. М. Прогноз крупной аномалии температуры воздуха с учетом ритмической деятельности атмосферы // Тр ГМЦССР.- Вып. 62.- 1970. с. 18-20.
39. Бучинский Н.Е. Засухи и суховеи. - Л.: Гидрометеиздат.- 1976, с. 213.
40. Вилькенс А.А. Режим испарения с водной поверхности и карты распределения

- испарения на территории Украины и Молдавии. // Проблемы географии Молдавии. Вып. 2. – 1967, с. 54-66.
41. Грингоф Н.Г. Засухи и опустынивание – экологические проблемы современности. // Труды ВНИИСХМ. С–Петербург: Гидрометеиздат. - 2000.- Вып. 33, с. 14-40.
 42. Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Оценка климатического отклика на изменение концентрации тепличных газов по данным наблюдений за приземной температурой воздуха на территории России // Известия РАН. "Физика атмосферы и океана", 1999, № 6, т. 35, с.47-58.
 43. Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Мониторинг короткопериодических колебаний климата. В сб. Шестьдесят лет Центру Гидрометеорологических Прогнозов. Л.: Гидрометеиздат, 1989, с. 148-170.
 44. Гулинова Н.В. Методы агроклиматической обработки наблюдений.- Л.: Гидрометеиздат, 1974, с.28- 41.
 45. Давитая Ф.Ф. Исследование климатов винограда в СССР и обоснование их практического использования.- М.; Л.: Гидрометеиздат, 1952, с. 289-300.
 46. Данилов-Данильянц В. И., Горшков В. Г., Арский Ю. М., Лосев К., С. Окружающая среда между прошлым и будущим: мир и Россия (опыт экологического анализа). М., 1994, с. 232.
 47. Дарадур М. И. Изменчивость и оценки риска экстремальных условий увлажнения. Кишинёв, 2001, с.160.
 48. Дроздов О. А., Григорьева А.С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. - Л., Гидрометеиздат.- 1971, с. 123-137..
 49. Дроздов О.А. Возможен ли научный прогноз температуры и осадков на несколько лет вперед // Климатология и сверхдолгосрочный прогноз.- Л. 1977, с. 3-9.
 50. Дроздов О.А. Засухи и динамика увлажнения. Л. Гидрометеиздат. 1980, с. 45-78.
 51. Дроздов О.А. О некоторых критериях статистической структуры многолетних метеорологических рядов. - Тр. ГГО. 1975.- Вып.354, с. 117-136.
 52. Дроздов О.А. Факторы и индикаторы, определяющие взаимодействия естественных и антропогенных колебаний климата. //География, т. 1, МГУ, М.1993, с. 28-31.

53. Ефанова А.В. Холодные зимы на континентах северного полушария. Л. Гидрометеиздат. 1976, с.45-95.
54. Ефанова А.В. О связи суровости зим с солнечной активностью // Тр.ГГО.- 1981.- Вып. 443, с. 28-34.
55. Жуков В.А. К вопросу оптимизации размещения сельскохозяйственных культур с учетом влияния неблагоприятных погодных условий. //Метеорология и гидрология.- 1982.- №. 11, с. 99-107.
56. Жуков В.А., Полевой А.Н., Витченко А.Н., Данилов С.А. Математические методы оценки агроклиматических ресурсов. - Л., Гидрометеиздат.- 1989, 154-169.
57. Жуковский Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения. - Л., Гидрометеиздат.- 1981, с.23-46.
58. Иванов Н.Н. Об определении величин испаряемости. // Изв. ВГО. –1954.- т.86. Вып.2, с.189-196.
59. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. - Л.: Гидрометеиздат.- 1979, с. 375.
60. Каллиампур Г. Стохастическая теория фильтрация. Под редакцией А.В.Скореходова, Москва «Наука». 1987, с.98-117.
61. Кац А.Л., Семенов В.Г. О продолжительности естественных синоптических периодов за 1938-1948 гг. // Метеорология и гидрология.- 1950.- №. 3, с.7-8.
62. Кендел М.Д., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. - М.: Наука.- 1976, с.45-98.
63. Клещенко А. Д. Современные проблемы мониторинга засух //Труды ВСНИНСХМ. С.–Петербург, Гидрометеиздат. - 2000.- Вып. 33, с.3-13.
64. Клейнен Дж. Статистические методы в имитационном моделировании. -М.: Статистика, 1978, с.32-81.
65. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. Климатическая обработка метеорологической информации. – Л.: Гидрометеиздат, 1978, с. 295.
66. Кондратьев К.Я. Круговорот воды и обратные связи в проблеме изменения глобального климата // Метеорология и гидрология. – 1993. №. 3, с. 9-19.
67. Константинов А.Р. Испарение в природе. - Л., Гидрометеиздат. – 1967, с.12-39.
68. Кренке А.Н. Антропогенные изменения географической закономерности и их влияние на соотношение тепла и влажности в климатической системе // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. 1989. №3, с. 43-50.

69. Кренке А.Н. Проблема климатических прогнозов //Теория и методы географического прогнозирования: возможности и пути//. РАН, научный совет по проблемам биосферы. - М.- 1992, с. 44-49.
70. Лапко А.В., Крохов С.В., Ченцов С.И., Фельдман Л.А. Обучающиеся системы обработки информации и принятия решений. -Новосибирск: Наука, 1996, с.84-112.
71. Ласе Г.Ф. Климат Молдавской ССР. – Л., Гидрометеиздат.- 1982, с.32-67.
72. Лалыкин Н.В., Мельничук О.Н, Результаты полевых исследований прудов Молдавии на заиление // Тр. Кишиневск. с.-х. ин-та,1981, с.54-58.
73. Марков П.И. Потенциальные гидроэнергетические ресурсы речных бассейнов. М.–Л., «Наука», 1964, с. 112.
74. Мельничук О., Желяпов А., Бежан Ю., Беженару Г., Оценка поверхностной составляющей нормы годового стока ландшафтных регионов Молдовы. Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei, Ştiinţele vieţii. № 3(330). Chişinău: Tipografia AŞM, 2016 – 2017, p. 172-183.
75. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Части 1-6. Вып.11. Молдавская ССР. - Л.: Гидрометеиздат. – 1990, с. 56-89.
76. Пановский Г.А., Брайер Г.В. Статистические методы в метеорологии. - Л.: Гидрометеиздат.-1967, с.242.
77. Педь Д.А. О показателе засухи и избыточного увлажнения. // Тр. Гидрометцентра СССР. –1975.- Вып. 156, с.19-36.
78. Педь Д.А. О связи урожая зерновых культур с показателями атмосферной засушливости // Тр. ГМЦ. –1979.- № 213, с.66-81.
79. Привальский В.Е. Климатическая изменчивость. Стохастические модели, предсказуемость, спектры. - М., Наука, 1985, с. 81.
80. Прока В.Е. Колебания годовых и месячных сумм осадков на территории Молдавии. //Проблемы географии Молдавии, - Вып. 3, Кишинев, 1969, с. 18-40.
81. Прока В.Е. Роль климатического фактора в развитии ландшафтов. //Проблемы географии Молдавии, - Вып. 2, Кишинев, 1967, с. 4-11.
82. Alley, W.M. 1984. The Palmer Drought Severity Index: Limitations and assumptions. Journal of Climate and Applied Meteorology 23, p.1100–1109.
83. Beran, M. A., J. A., Rodier, 1985. Hydrological Aspect of Drought: UNESCO - WMO, Geneva, 1985, p.149.
84. Constantinov, T., Nedelcov, M., Mangul, I., Rata, V. Characteristics of the evaporability spatial distribution in the Republic of Moldova. Lucrările simpozionului

- “Sisteme Informaționale Geografice”. Nr.13. Iași: Universitatea “Al. I. Cuza”, 2007. ISSN 1223-5534, p. 30-33.
85. Constantinov T., Nedelcov M., Răileanu V. SIG în evaluarea resurselor climatice ale bazinului râului Bîc. GIS in Evaluation of River Bic Basin's Climatic Resources. În: Geographia tehnica. Cluj-Napoca: Cluj, University Press, 2006, nr. 1, p. 55-60.
 86. Chilikova-Lubomirova, M., 2013. Drought - Challenges and Measures in Hydrological Context, Problems of Geography, vol. 3-4/2013, BAS, 2013, p. 69-82.
 87. DMP Report, Drought Management Plan Report Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects, Technical Report - 2008 - 023, Water Scarcity and Droughts Expert Network, EC, 2007, p.132.
 88. Dooge, J. C. I., 1973. Linear Theory of Hydrologic Systems, USDA-ARS Technical Bulletin no. 1468, U. S. Department of Agriculture, Washington D. C., p.41-99.
 89. Drought in Bulgaria: a contemporary analogue of climate change, BAS, 2003, p.44-214.
 90. Drought Management Guidelines in the Mediterranean Region, Meeting on Strengthening National Capacities to Manage Water Scarcity and Drought in West Asia and North Africa. 24-25 June 2013, p.5-44.
 91. Drought Management Plan in the EU: The Case of Spain, Water Resources Manage, 2012, p.1-17.
 92. Drought Management Centre from South-Eastern Europe (DMCSEE), 2012, p.2-24.
 93. Duca, Gh.; Xiao, H.; Nedelcov, M.; Ivanov, V.; Tăriță, A. Dry periods impact on the surface water quality. Present Environment and Sustainable Development, V. 11, No. 1/2017. Iași, România. ISSN 1843-5971, p. 5-20.
 94. Duca, Gh.; Nedelcov, M.; L.Apostol; Ivanov, V. Estimation of environmental quality based on econometric climatic indicators (on the Republic of Moldova). Present Environment and Sustainable Development, V. 2, No. 1/2018. Iași, România, p. 15 - 34.
 95. Duca, Gh.; Nedelcov, 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.
 96. Dyakov, O.; Zakorchevnaya N.; Morozov V.; (Ucraina), Drumea D.; Nedelcov M.; Teleuta A.; (R.Moldova). Ph.D. Marian Tudor, Ph.D. Mihai Doroftei, Ph.D.(Romania), Csaba Vaszko (Ungaria) *Vulnerability of the Danube Delta to climate change*. Editura „Text 2012” Galați, Romania, 2012, p. 45.

97. Gerasimov, Str. G., M., Genev, E. K., Bojilova, T. V., Orehova, 2004. Water resources of Bulgaria in the drought period 1982-1994 (probable scenarios for future development). Heron Press, Sofia, 2004, p.1143-1144.
98. Jeleapov, A. Flood wave modeling and assessment of flood hazard/risk areas in the Byc River Floodplain Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM, N1, 2014, p.57-69.
99. Herbst, P. H., 1966. A technique for the evaluation of drought from rainfall data, Journal of Hydrology, No. 4, p. 264-272.
100. Herschy, R., 1995. Streamflow Measurement, Elsevier Applied Science Publishers Ltd., Cambridge, p.566.
101. Haidu I. Extremes climatiques: genese, modelisation et impacts, Cluj Editor University Press, 2009, p.500.
102. Ivanov, V. Aquatic resources of Republic of Moldova and the main sources of pollution Mediul Ambient Nr.4 (4), 2002, p.11-13.
103. Ilcheva, I. et al., 2012. Analysis and management of water resources management systems under drought conditions, Research project, NIMH-BAS, 2012, p. 103-110.
104. Ilcheva, I., et al., 2014. Development of Water Balance of the territory of the Vitosha Nature Park, financed under Operational Programme "Environment 2007 - 2013", Agreement between NIMH - BAS and the Vitosha Nature Park Directorate, p.1-17.
105. Ilcheva, I., et al., 2014. Assessment and Mapping Vilnerability of the Water Resources and Water Supply in River Basins, under Climate change and Drought conditions, Res.project NIMH-BAS, 2014 – 2016, p.413-418.
106. IPCC, 2007. Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: working group I contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, p.987.
107. IPCC, 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p.594.
108. IPCC, 2014. Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p.169.
109. Komuscu, A.U., 1999. Using the SPI to Analyse Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey. Drought Network News 11(1), p. 7-13.
110. Lerma, N., J. Paredes-Arquiola, J. Andreu, A. Solera, 2012. Development of operating rules for a complex multireservoir system by coupling genetic algorithms and network optimisation, Hydrological Sciences Journal 58, p.796-812.

111. Li, K., Makarau, M. (eds.), 1994. Drought and Desertification: Reports to the Eleventh Session of the Commission for Climatology. WMO/TD 605, Geneva, p.1-39.
112. Madjar, S., Sostaric, J., Josipovic, M., 1995. Phenomenon of drought in Eastern Croatia. Proceeding of the International Workshop on Drought in the Carpathians' Region, p.113-120.
113. Marinov I., 1964. Hydrologycal Atlas of Bulgaria, Low flows, Bulgarian Academy of Sciences, BAS, S., Bulgaria, p.23-30.
114. Marinov, I., V., Spiridonov, I., Niagolov, I., Ilcheva, Sn., Balabanova, K., Nikolova, A., Yordanova, A., Bogachev, V., Zaharieva, D., Georgieva, E., Velizarova, G., Popov, 2014. CC-WARE Project, Mitigating Vulnerability of Water Resources under Climate Change, SEE, 2014, p.246-263.
115. de Martonne, E., 1926. Une nouvelle fonction climatologique: L'Indece d'aridite. La Meteorologie 2, p. 449-458.
116. Mc Cabe, G.J., D.M., Wolock, 2010. Century - scale variability in global annual runoff examined using a water balance model, Int. Journal of Climatology, p.1739-1748.
117. McKay, G. A., R. B., Godwin, and J., Maybank, 1989. Drought and Hydrologycal drought research in Canada: An evaluation of the state of the art, Canadian Water Resources Journal, Vol. 14, No. 3, Canada, p.73-84.
118. Meigh, J. et. al., 2002. Methods for identifying and monitoring river flow drought in Southern Africa, Hydr. J., No 274, p. 181-188.
119. Merida, A.A., J. M., Ureta, J. G., Trevino, M., Chilikova-Lubomirova, 2014. Water Resources and Society with respect to Water Scarcity and Drought, Dooge Nash International Symposium, Dublin, Ireland, 2014, p. 223-232.
120. Methodology for preparation of water resources balances of river basins, IWP (present NIMH), Contract financed by Ministry of Environmental and Water of Bulgaria, 2004 <https://www.rezatec.com/decision-support-tools/water> - accesat 17.11.2016.
121. Mic, R., Corbus, C., Pescaru, V. I., Velea, L., 2006. Coupling the hydrologic model CONSUL and the meteorological model HRM in the Crisul Alb and Crisul Negru river basins. J. Marsalek et al. (eds.), Transboundary Floods: Reducing Risks through Flood Management, NATO Science Series, IV. Earth and Environmental Sciences, Vol. 72, ISBN 1-4020-4901-3, Springer, Printed in the Netherlands, p. 67-77.
122. Mitigating Vulnerability of Water Resources under Climate Change, WP3 - Vulnerability of Water Resources in SEE, WP3 - Vulnerability of Water Resources in SEE, CC-WARE, Report, 2014, p. 2-8.

123. Nikolay Nedkov, Eram Artinya Modeling and forecasting of the riverlow in lower course of osam, vit and ogosta rivers /Electronic Book from XXVII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Bases of Water Management/, p. 245-252.
124. Niagolov, I., et al., 2011 - 2014. Operational water balance assessments, Agreement with MOEW, team leader D. Dimitrov, p.103-110.
125. Niagolov, I., I., Marinov, I., Ilcheva, A., Yordanova, K., Nikolova, E., Velizarova, 2012. Analysis of climate change impact on water resources in the Struma river basin. BALWOIS 2012 -Ohrid, Republic of Macedonia - 28 May, 2 June 2012, p.1-13.
126. Niagolov, I., I., Ilcheva, A., Yordanova, V., Raynova, 2014. Management of complex reservoirs under extreme conditions, Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety, 2014, Volume 8, ISSN, p. 1314-1324.
127. Nedealcov M., M.; Dediu, I.; Drumea, D. Climate change in the Southern part of Republic of Moldova and eutrophization of water ecosystems. The International Conference dedicated to the 70th anniversary of foundation of fist research institutes of the ASM and the 55th anniversary of the inauguration of the Academy of Sciences of Moldova. Life sciences in the dialogue of generations: "Connections between Universities, Academia and business community" Abstract book, March 25, 2016 Chisinau, Republic of Moldova. ISBN 978, p. 131.
128. Nedealcov M. ; Raileanu, V. The identification of the Republic of Moldova territory exposure to manifestation of climate change – related risks. The International Conference dedicated to the 70th anniversary of foundation of fist research institutes of the ASM and the 55th anniversary of the inauguration of the Academy of Sciences of Moldova. Life sciences in the dialogue of generations: "Connections between Universities, Academia and business community" Abstract book, March 25, 2016 Chisinau, Republic of Moldova. ISBN 978, p. 132.
129. Nedealcov M. The impact of weather and climate risks on cereal crops productivity. Present Environment and Sustainable Development Volume 8, no.2/ 2014, ISSN 1843-5971, p.13-23.
130. Nedealcov M. , et all.The agro-climatic zoning within Dniester River Bazin using GIS technologies. Lucrările Simpozionului Sisteme Informaționale Geografice Ediția XXII-a. 2015, Chișinău, Republica Moldova. ISBN 978-9975-97744-9-4, p. 17-22.
131. Nedealcov M. Climate change and anomalies asociated in the Republic of Moldova. Volume 8, nr.1/ 2014, ISSN 1843-5971, p.59-68.
132. Nedealcov M. et all. Aspects Concerning the Impact of Climate Aridization on Forest

- Ecosystems (Case Study) Present Environment and Sustainable Development. V. 2, No. 2/2017. Iași, România, ISSN 1843-5971, p. 1-12.
133. Nedelcov M. Criteria for climate and weather 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.
 134. Nedelcov M. The Republic of Moldova territory's vulnerability (exposure) to the manifestation of some climate risks. Volume 7, no.2/ 2013, ISSN 1843-5971, p.13-20.
 135. Nicolis C. Self-oscillations and predictability in climate dynamics// Tellus, 1984, 36.- Nr. 1, p. 1-10.
 136. Oliver J. E. Monthly precipitation distribution - comparative index. - Professional Geographer, 1981, p.300-309.
 137. Oort A.H. Climate variability- some observational evidence // Physical Basis for Climate Prediction World Climate Programme. W.M.O.- Geneva, 1982, p. 364.
 138. Palmer, W.C., Meteorological Drought. Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington D.C. 1965, p.1-29.
 139. Rossi, G. 2009. European Union policy for improving drought preparedness and mitigation. Water International, 34(4), p. 441–450.
 140. Rossi, G., Castiglione, L. and Bonaccorso, B. 2007. “Guidelines for planning and implementing drought mitigation measures”. In Methods and tools for drought analysis and management, Edited by: Rossi, G., Vega, T. and Bonaccorso, p. 325–347.
 141. Rossi, G. 2000. “Drought mitigation measures: a comprehensive framework”. In Drought and drought mitigation in Europe, Edited by: Vogt, J. V. and Somma, F. p. 233–246.
 142. 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.
 143. Shachley S., Young P., Parkinson S., Wynne B. //Uncertainty, complexity and concepts of good science in climate change modeling - Are GCMs the best tools? // Clim. Change.- 1998. – 38.- Nr. 2, p. 159-205.
 144. 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.
 145. Shih, J. S. and ReVelle, C. 1995. Water supply operations during drought: A discrete hedging rule. European Journal of Operational Research, 82, p. 163–175.

146. 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.
147. Serban, P., Corbus, C., 1995. Le modèle CONSUL de prévision continue des débits, p.155-161.
148. Shukla J. Dinamical predictobillity of mouthly means // *J.Atmos. Sci.*- 1981.-v. 38, p. 2547-2572.
149. Sneyers R. Climate instability determination - a review. // *Proc. Ins. Conf. Clim. Dyn. and Global Change Perspect.*, Cracov, Oct. 17-20.-1995.- Krakow.-1996, p. 35-54.
150. Stana O., et all. Climatic Changes impact on water –table levels in W Romania. *Proceeding of the 13thInternational Conference of Enviromental Science and Technology*. Athens, Greece, 5-7 September 2013, p.1-8.
151. Stestik J. Some Longterm periodicities end trends in European precipitation series. // *Proc. Int Conf. Clim. Dyn. And Global Chanche Perspect.*, Cracov.- Oct. 17-20, 1995. – Krakow.- 1996, p. 227-232.
152. Tabony R.C. Extreme value analysis in meteorology// *Meteor. Mag.*- 1983.- v. 112, p. 72-98.
153. Yordanova, A., 1996. Mathematical modeling of hydrological time series in the study of high water, *Technical Ideas*, 4, 1996, p.1-13.
154. Young PC, 2002. Advances in real-time flood forecasting. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 360: DOI: 10.1098/rsta.2002.1008, p.1433–1450.
155. Zaharieva, V., I., Niagolov, I., Ilcheva, 2012. Determination and provision of ecological river flow in case of climate changes. *BALWOIS 2012 - Ohrid, Republic of Macedonia - 28 May - 2 June 2012*, p.105-116.
156. Wallace J. Observed climatic variability: time dependence// *Decadal Clim. Variab. Dyn. and Pred. Pr.. NATO Adv. Res. Study Inst., Les Houches.*-febr. 13-24.-1995.- Berlin, p. 261.
157. Wallace J.M., Blackman M.L. Observations of low-frecquency atmospheric variability // *Large Scale Dynamic Processes in the Atmosphere.*- Acad.Press.- 1983, p. 55-94.
158. Walsh I. Global Warming new crisis or old cycle. // *Cycles.*-1992.- 43.- Nr. 5, p. 246-252.
159. *Water and disasters*. Geneva, Switzerland, 2004, p. 32.
160. Willeke, G., J.R.M. Hosking, J.R. Wallis, and N.B. Guttman. *The National Drought Atlas*. Institute for Water Resources Report 94-NDS-4, U.S. Army Corps of Engineers. 1994, p.35-48.

MINISTERUL AGRICULTURII,
DEZVOLTĂRII REGIONALE ȘI MEDIULUI
AL REPUBLICII MOLDOVA



OFICIUL „SCHIMBAREA CLIMEI”

MD 2004, mun. Chișinău, str. mitropolit Dosoftei 156A
tel/fax 022 23-22-47
E-mail: clima@clima.md

MINISTRY OF AGRICULTURE, REGIONAL
DEVELOPMENT AND ENVIRONMENT
OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

CLIMATE CHANGE OFFICE

MD 2004, 156 A Dosoftei, Str., Chișinău
tel/fax 022 23-22-47
E-mail: clima@clima.md

15.12.2017 nr. 608/2017-12-10

La nr. _____ din _____

Părților interesate

ACT DE IMPLEMENTARE

a rezultatelor cercetărilor Institutului de Ecologie și Geografie al Academiei de Științe a Republicii Moldova.

Prin prezenta, se confirmă că rezultatele cercetărilor științifice efectuate de către m.c., prof. univ. dna Maria Nedelcov și drd. dna Violeta Ivanov în cadrul laboratorului de Climatologie și Riscuri de Mediu al Institutului de Ecologie și Geografie al Academiei de Științe a Republicii Moldova ce țin de elaborarea hărților (i) ”Expunerea teritoriului Republicii Moldova către aridizarea climei, conform coeficientului Dantin-Revenga”; (ii) ”Asigurarea cu 50% a coeficientului Dantin-Revenga pentru perioada 1961-2016” și (iii) ”Asigurarea cu 90% a coeficientului Dantin-Revenga pentru perioada 1961-2016” au fost implementate în cadrul Oficiului Schimbarea Climei la faza de perfectare a celei de-a 4-a Comunicări Naționale către Convenția-cadru a Organizației Națiunilor Unite cu privire la schimbarea climei realizată în cadrul Proiectului UEP/GEF ”Republica Moldova: activități privind elaborarea 1-ului Raport Bienal Actualizat (BUR1) și celei de-a 4-a Comunicări Naționale (NC4) către Convenția-cadru a Organizației Națiunilor Unite (ONU) cu privire la schimbarea climei” pe parcursul anului 2017.

Managerul Oficiului ”Schimbarea climei”
Doctor în biologie

Vasile Scorpan



DECLARAȚIE PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnata, Ivanov Violeta, declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctorat, sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Ivanov Violeta

04. 01. 2018

Violeta IVANOV



Născută la 15 septembrie 1967 în raionul Ocnîța, satul Grinăuți-Moldova.

Deputat în Parlamentul Republicii Moldova. Frațiunea Parlamentară a Partidului Democrat din Moldova

Președintele Comisiei politice externă și integrare europeană a Parlamentului Republicii Moldova

Vicepreședinte al Adunării Parlamentare a Cooperării Economice a Mării Negre (APCEMN)

Șeful delegației Parlamentare Moldovenești la Adunarea Parlamentară a Cooperării Economice a Mării Negre

Președintele Comisiei pentru politică agrară, resurse naturale și ecologie a Adunării Interparlamentare a Comunității Statelor Independente

Membru al Comitetului pentru chestiuni politice și juridice a APCEMN

Studii:

Institutul Ingineresc din orașul Harkov, Ucraina- Facultatea Ingineria mediului;

Academia de relații Internaționale și studii diplomatice, Chișinău, Republica Moldova;

Universitatea din Geneva, Elveția - facultatea Diplomația Mediului.

Stagieri:

1997 – Olanda, Lelstad - Institutul Apelor;

1999 – Japonia, Tokyo- studii în domeniul managementului deșeurilor;

2000 – Moscova, Rusia-studii economice în domeniul plății pentru poluare și calculării prejudiciului asupra mediului;

2000 – Copenhaga, Danemarca- studii juridice în domeniul mediului;

2001 – Elveția, Geneva – studii privind evaluarea impactului asupra mediului în context transfrontalier;

2002 – București, România-studii în domeniul evaluării impactului asupra mediului;

2003 – Republica Moldova, Chișinău. Academia de Administrare Publică ”Evaluarea impactului asupra mediului și procedura de eliberare a permiselor de mediu”

2004 – Republica Moldova, Chișinău. Academia de Administrare Publică ”Integrarea Europeană”

Activitatea profesională:

1989-2007 – specialist, șef de secție, șef de direcție, șef de departament în cadrul organului central de protecție a mediului;

2002-2006 – membră al Biroului Comisiei pentru politica de mediu a Comitetului Economic European a ONU (Geneva, Elveția);

2002-2009 Copreședinte al biroul politic al OECD (Organizația Economică pentru Cooperare și Dezvoltare), (Paris , Franța);

2005-2009 – Coordonator Național în cadrul procesului pan-european „Sănătatea și Mediul”;

2006-2009– Co-președinte al procesului - Mediu pentru Dezvoltarea Durabilă, Geneva, Elveția;

2007-2009 – membră a Consiliului Fondului Global de Mediu (GEF) (Washington, SUA);

2007-2009 – Viceministru și Ministru al ecologiei și resurselor naturale;

2009-2014 – Deputat în Parlamentul Republicii Moldova. Frațiunea Parlamentară a Partidului Comuniștilor din Republica Moldova.

2009-2014 – Președintele Comisiei Permanente a Parlamentului Republicii Moldova privind mediul și schimbările climatice;

2014-2015 – Deputat în Parlamentul Republicii Moldova. Președintele fracțiunii Parlamentare a Partidului Comuniștilor din Republica Moldova;

2016 – iulie 2017 – Președintele Comisiei Permanente Administrație Publică, Dezvoltare Regională, Mediu și Schimbări Climatice a Parlamentului Republicii Moldova.

Iulie 2017 – prezent – Președintele Comisiei politice externe și integrare europeană a Parlamentului Republicii Moldova