

**MINISTERUL EDUCAȚIEI AL REPUBLICII MOLDOVA
INSTITUTUL DE ECOLOGIE ȘI GEOGRAFIE**

Cu titlu de manuscris

C.Z.U.: 556.1+504.4(043.2)

GHERMAN BEJENARU

**EVALUAREA POTENȚIALULUI HIDROLOGIC A REPUBLICII
MOLDOVA ÎN CONDIȚIILE MODIFICĂRILOR DE MEDIU**

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

Teză de doctor în științe geonomice

Conducător științific:

MELNICIUC Orest,

**Doctor habilitat în geografie,
conferențiar universitar**

Autorul

BEJENARU Gherman

CHIȘINĂU, 2017

© Bejenaru Gherman, 2017

INTRODUCERE	8
1. ESTIMAREA STUDIILOR MODIFICĂRII BILANȚULUI HIDROTERMIC ÎN CONDIȚIILE TRANSFORMĂRIILOR DE MEDIU	14
1.1. Evoluția conceptuală a studiului modificării bilanțului hidrotermic al peisajelor Republicii Moldova sub influența activității antropice și a încălzirii globale a climei	14
1.2. Principiile de estimare a modificărilor bilanțului hidrotermic sub influența factorilor antropici	17
1.3. Concluzii la capitolul 1	23
2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE	25
2.1. Sistemul de monitoring în studiul bilanțului hidrotermic și a resurselor de apă	25
2.2. Principiile metodice de apreciere a scurgerii climatice	29
2.3. Concluzii la capitolul 2	54
3. IMPACTUL MODIFICĂRIILOR DE MEDIU ASUPRA RESURSELOR DE APĂ PE TERITORIUL REPUBLICII MOLDOVA	57
3.1. Estimarea resurselor de apă în baza componentelor genetice ale scurgerii anuale	57
3.2. Evaluarea resurselor de apă sub influența factorilor naturali și antropici ai mediului	79
3.3. Aprecierea posibilelor modificări a bilanțului hidrotermic sub influența încălzirii globale a climei	87
3.4. Concluzii la capitolul 3	99
4. MODELAREA MODIFICĂRIILOR RESURSELOR DE APĂ DIN REPUBLICA MOLDOVA	102
4.1. Aprecierea resurselor de apă și principiile modificării lor	102
4.2. Estimarea componentei de suprafață a normei scurgerii anuale	109
4.3. Principiile contemporane de evidență a influenței antropice de gospodărire a apelor asupra resurselor naturale de apă	114
4.4. Concluzii la capitolul 4	123
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	126
BIBLIOGRAFIE	130
ANEXE	140
DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII	191
CV-ul AUTORULUI	192

ADNOTARE

Gherman Bejenaru „Evaluarea potențialului hidrologic a Republicii Moldova în condițiile modificărilor de mediu”. Teză de doctor în științe geonomice, Chișinău 2017.

Teza constă din introducere, 4 capitole și concluzii generale, bibliografie cu 135 titluri, 118 pagini de text de bază, 41 tabele, 59 figuri și 36 anexe.

Cuvinte-cheie: bilanț hidrotermic al uscatului, componentele genetice ale scurgerii anuale, ciclicitate, erori de fază, modificări antropice a resurselor de apă.

Domeniul de studiu – 166.02 – protecția mediului și folosirea rațională a resurselor naturale

Scopul lucrării: evaluarea resurselor de apă de suprafață și subterane în baza modelelor stohastico-genetice de formare a componentelor bilanțului hidrotermic al uscatului în condițiile modificărilor antropice și încălzirii globale a climei.

Obiectivele cercetării: elaborarea și aplicarea principiilor genetice în evaluarea resurselor de apă a Republicii Moldova în baza generalizării datelor monitoringului hidrometeorologic multianual a țării și ariilor aferente; analiza și evaluarea legităților spațial-temporare a resurselor hidrotermice ale climatului; aprecierea normei climatice și zonale anuale a scurgerii sub influența componentelor naturale și antropice a peisajelor țării, în condițiile încălzirii globale a climei.

Metodologia cercetării științifice. În lucrare este aplicată metoda genetică în studiul interacțiunii alimentării de suprafață și subterană a râurilor prin aplicarea evaluării diferențiate a influenței factorilor zonali, azonali și intrazonali ai scurgerii, cu folosirea metodelor statistice, analizei factologice și sistemice, precum și tehnologiilor SIG.

Noutatea și originalitatea științifică: pentru prima dată se propune aplicarea concepției genetice în studierea normelor componentelor de suprafață și subterană a scurgerii anuale pentru regiunile peisagistice, bazinele de recepție și altor arii din țară. Sunt elaborate principiile metodologice de apreciere a schimbărilor în bilanțul hidrotermic al regiunilor peisagistice din Republica Moldova în condițiile modificărilor antropice și încălzirii globale a climei.

Problema științifică importantă soluționată constă în elaborarea principiilor noi de apreciere a resurselor de apă naturale și modificate antropice a țării în condițiile posibilelor schimbări climatice.

Semnificația teoretică. Pentru prima dată în baza teoriei genetice de formare a scurgerii anuale, elaborată de profesorul A. N. Befani, sunt realizate principiile cercetării componentelor bilanțului hidrotermic pe teritoriul Republicii Moldova.

Valoarea aplicativă a lucrării. Rezultatele obținute adițional la Normativele în Construcții CP D.01.05-2012, sporesc siguranța și eficiența determinării caracteristicilor hidrologice principale a scurgerii anuale la elaborarea proiectelor în construcțiile hidrotehnice, protecția mediului și utilizarea rațională a resurselor de apă din Republica Moldova.

Implementarea rezultatelor științifice. Rezultatele științifice sunt implementate în proiectul internațional – Schimbările climatice și securitatea în Europa de Est, Asia centrală și Caucazul de Sud, în programele cursurilor universitare la disciplinele – Hidrologie, Modelarea în hidrologie și climatologie, Aplicarea SIG în protecția mediului.

ABSTRACT

Gherman Bejenaru “Assessment of the hydrological potential of the Republic of Moldova in conditions of environmental modifications”. Thesis for the PhD Degree of Geonomic Sciences, Chisinau 2017.

Thesis consists of introduction, 4 chapters, conclusions, reference list contains 135 names 118 text pages, 41 tables, 59 pictures and 36 annexes.

Key words: water and heat balance of land, genetic components of annual runoff, periodicity period, phase error, anthropogenic transformation of water resources.

Research area – 166.02 – environment protection and sustainable use of natural resources.

Overall objective of the work: evaluation of surface and ground waters based in the genetically and models for shaping the components of water and heat balance of land in anthropogenic transformation of landscapes and global warming.

Objectives of the research: development and application of the genetic principles of natural water resources evaluation of the country based on multiannual data analysis of hydrological monitoring in the Republic of Moldova and the region; on analysis and assessment of space-time regularities of climate thermal and energy resources; assessment of climate and zone norms for annual discharge that depend on natural and anthropogenic component of the country's landscape in conditions of the climate global warming.

Methodology of the scientific assessment. The genetic assessment method was used of the river nutrition taking into consideration of surface and underground components by application of the differential calculation of influence of zonal, azonal and intrazonal runoff factors using statistical approaches, factor and system analysis and modern GIS technologies.

Scientific innovation and originality of the work: for the first time the use of genetic conception for analysis of norms of surface and underground waters that influence on the annual runoff in the landscape catchment area is presented. Methodological principles of investigation of change in the water and heat balance of the landscape regions in the conditions of the anthropogenic transformation and global warming have been developed in the current work.

The resolved important scientific problem is in development of new principles of evaluation of natural and anthropogenic changed water resources under the possible climate change.

The theoretical importance. For the first time based on **genetic theory of the annual runoff formation**, developed by professor A.N. Befani research of the components of heat and water balance on the territory of the Republic of Moldova are realized.

Applied value of the work. Achieved results in attrition to the new Regulations in Constructions D.01.05-2012 raise the reliability and effectiveness in the identification of the main hydrological features of annual runoff during the elaboration of the water management projects, environmental projects that foresee the sustainable use of natural resources.

Application of the scientific results. Scientific results obtained in the process of this work have been introduced into the international project “Climate Change and Security in the Eastern Europe, Central Asia and South Caucasus”, on the national level into the areas of work of the Institute of Ecology and Geography, as well as into university curricula on following disciplines “Hydrology”, “Modelling in hydrology and climatology”, “Application of GIS in environment”.

АННОТАЦИЯ

Герман Беженару «Оценка гидрологического потенциала Республики Молдова в условиях преобразования окружающей среды». Диссертация на соискание ученой степени доктора геонаучных наук, Кишинев 2017.

Диссертация состоит из вступления, 4 глав и общего заключения, библиографии из 135 названий, 118 страниц основного текста, 41 таблиц, 59 рисунков и 36 приложений.

Ключевые слова: водно-тепловой баланс суши, генетические компоненты годового стока, цикличность, фазовые погрешности, антропогенные преобразования водных ресурсов.

Область исследований – 166.02 – охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов.

Цель работы: оценка ресурсов поверхностных и подземных вод на базе генетико-стохастических моделей формирования компонентов водно-теплового баланса суши в условиях антропогенного преобразования ландшафтов и глобального потепления.

Задачи исследования: разработка и применение генетических принципов оценки естественных водных ресурсов страны на основе обобщения многолетних данных гидрометеорологического мониторинга Республики Молдова и прилегающих территорий; анализ и оценка пространственно-временных закономерностей термоэнергетических ресурсов климата; оценка климатической и зональной нормы годового стока под влиянием природных и антропогенных компонентов ландшафтов страны условиях глобального потепления климата.

Методология научных исследований. В работе применен генетический метод изучения взаимодействия поверхностного и подземного питания рек путем дифференцированного учета влияния зональных, азональных и интразональных факторов стока с применением статистических методов, факторного и системного анализа, а также современных ГИС-технологий.

Научная новизна и оригинальность в работе: впервые предлагается использование генетической концепции исследования норм поверхностной и подземной составляющих годового стока применительно к ландшафтно-водосборным и другим регионов страны. Разработаны методические принципы оценки изменения водно-теплового баланса ландшафтных регионов страны в условиях антропогенных преобразований и глобального потепления.

Разрешенная важная научная проблема состоит в разработке новых принципов оценки естественных и антропогенно-измененных водных ресурсов страны в условиях вероятных изменений климата.

Теоретическая значимость. Впервые на основе генетической теории формирования годового стока, разработанной проф. А. Н. Бефани, реализуются принципы исследования компонентов водно-теплового баланса на территории Республики Молдова.

Прикладная ценность работы. Полученные результаты в дополнение к новым Строительным Нормам СР D.01.05-2012 повышают надежность и эффективность определения основных гидрологических характеристик годового стока при разработке проектов водохозяйственного строительства, охраны окружающей среды и рационального использования водных ресурсов Молдовы.

Внедрение научных результатов. Научные результаты внедрены в международный проект – Изменение климата и безопасность в восточной Европе, Центральной Азии и на Южном Кавказе, в программы по госбюджетной тематике Института Экологии и географии, а также в учебные планы по университетским дисциплинам – «Гидрология», «Моделирование в гидрологии и климатологии», «Использование ГИС в охране окружающей среды».

LISTA ABREVIERILOR ȘI ACRONIMELOR

AR – Assessment Report (Raport de Evaluare)

CMA – Concentrația Maximă Admisibilă

CORINE – CORINE Land Cover – Modul de acoperire a teritoriului

(<https://www.gismediu.gov.md>)

FECS – Funcția Empirică a Corelării Spațiale

GEF – Global Environmental Found (Fondul Ecologic Global)

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Comisia Interguvernamentală pentru Schimbările Climatice)

OMM – Organizația Meteorologică Mondială

RCP – Representative Concentration Pathways (Căi Reprezentative de Concentrare)

SHS – Serviciul Hidrometeorologic de Stat al Republicii Moldova

SIG – Sisteme Informaționale Geografice

UNEP – United Nations Environment Programme (Programul Națiunilor Unite pentru Mediu)

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (Convenția Cadru în Schimbarea Climei)

INTRODUCERE

Actualitatea temei. Problemele cercetării componentelor bilanțului termic și bilanțului hidrologic al uscatului sunt tangente tuturor componentelor mediului. O deosebită importanță acești parametri au în regiunile cu umiditate insuficientă și surplus de căldură. În același timp, activitatea de gospodărire, pe fondul schimbărilor climatice, hidrotermice, atât în trecut, cât și în prezent, provoacă modificarea componentelor balanțelor, la care se atribuie evapotranspirația, scurgerea de suprafață și cea subterană. Teritoriul Republicii Moldova este situat în zona cu umiditate insuficientă, cu un anumit specific și diversitate a peisajelor naturale, care reacționează în mod apreciabil la schimbarea componentelor pierderilor bilanțului de apă. Din aceste considerente, apare necesitatea unei analize mai profunde și aprecierii condițiilor de formare a resurselor de ape de suprafață și subterane, în baza modelelor genetico-stohastice, ținând cont de sistemele existente de utilizare a terenurilor și de schimbările climatice. Generalizările contemporane ale normei scurgerii anuale în Republica Moldova [58, 71] se bazează pe cartografierea sumară a surselor de alimentare (de suprafață și subterană). Acest procedeu, în acord cu teoria genetică a scurgerii, se consideră inacceptabil [40], deoarece influența factorilor naturali intrazonali și azonali, precum și antropici, asupra componentelor nominalizate ale scurgerii au o direcție diametral opusă și influența lor trebuie evidențiată separat. Din aceste considerente, în lucrare pentru prima dată se propune un studiu diferențiat al normelor scurgerii anuale, cu evidența influenței factorilor climatici ai suprafeței subiacente a bazinelor de recepție și a regiunilor peisagistice din Republica Moldova. Se presupune, că cercetările realizate pot fi aplicate în noua redacție a „recomandărilor normative” [13], pentru calculul resurselor de apă a bazinelor nestudiate și regiunilor peisagistice a Republicii Moldova. Cercetările științifice realizate corespund cerințelor legislației Republicii Moldova: ”Legea despre resursele naturale (Nr. 1102 din 03.06.1997), care reglează activitățile în domeniul utilizării, protecției și restabilirii resurselor naturale în scopul asigurării securității ecologice și dezvoltării durabile a țării” [118], Legea Apelor nr.272 din 23.11.2011 și Ordinul Nr. 26 din 26.02.2013 cu privire la aprobarea documentului normativ CP D.01.05-2012 „Determinarea caracteristicilor hidrologice pentru condițiile Republicii Moldova”.

Scopul lucrării. Scopul cercetărilor științifice este aplicarea generalizărilor genetico-stohastice ale componentelor bilanțului hidrotermic în aprecierea resurselor de apă de suprafață și subterane, în condițiile antropizării peisajelor și încălzirii globale a climei.

Obiectivele cercetării: elaborarea și aplicarea principiilor genetice în evaluarea resurselor de apă a Republicii Moldova în baza generalizării datelor monitoringului hidrometeorologic multianual a țării și ariilor aferente; analiza și evaluarea legităților spațial-temporare a resurselor

hidrotermice ale climatului; aprecierea normei climatice și zonale anuale a scurgerii sub influența componentelor naturale și antropice a peisajelor țării, în condițiile încălzirii globale a climei.

Metodologia cercetării științifice, orientate spre realizarea temei dezvoltate, cuprind un grup de metode, preluate din bazele teoriei funcțiilor aleatorii, aplicate în hidrometeorologie [59]. A fost aplicat un sistem de metode de apreciere a metodelor bilanțului hidrotermic și a modului de gospodărire a apelor, precum și metodele modelării matematice și cartografice.

Noutatea și originalitatea științifică a lucrării constă în elaborarea, perfecționarea și argumentarea principiilor metodice în aprecierea componentelor bilanțului hidrotermic a sistemelor peisagistice și bazinale de pe teritoriul Republicii Moldova în condițiile unei intense activități și ale încălzirii globale a climei.

Principalele activități desfășurate au fost următoarele:

- Argumentarea și determinarea setului de parametri statistici ai datelor observațiilor multianuale cu influențe asupra componentelor bilanțului hidriotermic și alcătuite modelele cartografice ale repartiției lor spațiale;
- Elaborarea modelului regional de apreciere a valorii medii multianuale a echivalentului evaporării maxime, bazat pe evidența duratei strălucirii soarelui și nu pe suma temperaturilor pozitive, cum propun unii autori [76,80];
- Realizarea și argumentarea pe teritoriul Republicii Moldova a principiului determinării resurselor naturale (climatice) a apelor de suprafață, care reiese din ecuația bilanțului hidrotermic în interpretarea autorilor Mezențev V.S. [80] și Loboda Natalia [76];
- Argumentarea și elaborarea modelelor cartografice (prin aplicarea tehnologiilor SIG) a normelor componentelor bilanțului hidrotermic, cu evidența aplicării complexului integral de analize statistice, care reiese din analiza FCS pentru regiunile peisagistice și sistemele bazinale, precum și pentru raioanele administrative ale Republicii Moldova;
- Realizarea și aplicarea modelului stohastico-determinist al Nataliei Loboda pentru aprecierea schimbărilor resurselor naturale de apă ale Republicii Moldova, în condițiile transformărilor antropice ale sistemelor peisagistice și bazinale, inclusiv construcția lacurilor de acumulare, gospodărirea terenurilor arabile și urbanizarea;
- Propunerea de perfecționare a procedului de apreciere a normelor de bază ale temperaturilor medii anuale și valorii scurgerii anuale, caracteristici care servesc pentru aprecierea modificării scurgerii anuale conform scenariilor posibilelor modificări climatice.

Problema științifică importantă soluționată constă în elaborarea principiilor de apreciere a resurselor de apă naturale și modificate antropice în condițiile probabilelor schimbări climatice.

Valoarea teoretică și aplicativă a lucrării. Au fost elaborate principiile regionale de cercetare a componentelor bilanțului hidrotermic, în baza aplicării datelor termoeenergetice pentru aprecierea resurselor hidrologice naturale (normelor scurgerii climatice) ale sistemelor peisajere și bazinale nestudiate sau alte unități spațiale.

În baza aplicării coeficienților normați și de variație a curbelor integrale (fig. 2.13 și fig. 3.6) și analizei funcțiilor de autocorelare (fig. 2.12, 3.8) au fost generalizate legitățile temporare ale componentelor bilanțului hidrotermic. Aceasta a permis aprecierea veridicității parametrilor statistici medii multianuali prin calculul erorilor de fază și erorilor funcției din cadrul șirului de date.

Generalizarea spațială a componentelor aportului bilanțului hidric (precipitațiilor anuale) și pierderilor (scurgerea de suprafață și cea subterană) prin aplicarea, pentru prima dată, a funcțiilor de corelare spațiale (FECS) (fig. 2.10 și fig. 3.10), care permit determinarea erorii reale a interpolării spațiale cu aplicarea tehnologiilor SIG.

Valoarea teoretică și practică a cercetărilor realizate privind aprecierea modificărilor componentelor bilanțului hidrotermic prin activitățile antropice din sistemele peisagistice și bazinale, constă în dezvăluirea legităților impactului măsurilor de gospodărire prin prisma schimbărilor climatice și a gradului de valorificare a terenurilor.

Importanță practică au și aprecierile presiunii antropice optime (admisibile) asupra sistemelor peisajere și bazinale (suprafața oglinzii apei lacurilor de acumulare, specificul terenurilor arabile și urbanizarea terenurilor) pentru planificarea ulterioară a managementului resurselor de apă și a protecției mediului.

Implementarea rezultatelor științifice. Rezultatele științifice au fost implementate în proiectul internațional – Schimbarea climei și securitatea în Europa de Est, Asia centrală și Caucazul de Sud, în programele tematicii bugetare a Institutului de Ecologie și Geografie, în cadrul calculului bilanțului de apă la Agenția de Stat „Apele Moldovei”, activitatea oficiului „Schimbarea climei”, activitatea Centrului Cercetare și GIS de la Serviciul Hidrometeorologic de Stat și în planurile de studiu a disciplinelor universitare „Hidrologie”, „Modelare în hidrologie, meteorologie și climatologie”, „SIG în protecția mediului” de la Universitatea de Stat Tiraspol (A5).

Rezultatele științifice propuse spre susținere.

- Modelul complexului de indicatori pentru aprecierea spațială și temporală a echivalenților hidrotermici ai climatului (evaporația maximă și anuală a indicatorilor

umidității) și determinării, în baza aplicării componentelor bilanțului radiativ, a resurselor climatice locale de apă a Republicii Moldova;

- Principiile aprecierii cantitative a componentelor genetici a scurgerii anuale pe calea defalcării lor în componentele de suprafață și subterane, în scopul estimării dependenței lor de factorii zonali, intrazonali și azonali și modelarea cartografică ulterioară a caracteristicilor zonale ale scurgerii de suprafață și subterane;
- Modelul modificărilor resurselor de apă sub influența modificărilor temporale antropice ale sistemelor peisajere și bazinale din Republica Moldova, inclusiv creșterea suprafețelor oglinzii apelor lacurilor de acumulare, ponderii arabilului și urbanizării;
- Rezultatele aplicării diferitelor scenarii în aprecierea posibilelor modificări ale componentelor bilanțului hidrologic și hidrotermic în condițiile încălzirii globale a climei.

Aprobarea rezultatelor științifice. Valoarea științifică a cercetării a fost confirmată în cadrul diverselor conferințe și simpozioane științifice, comunicări la workshop-uri, din care menționăm:

Primea conferință științifică APELE MOLDOVEI, Chișinău, 1994 – *Unele probleme ale hidrologiei agricole în condițiile Moldovei*;

A treia conferință internațională științifico-practice “Apele Moldovei”, Chișinău, 1998 – *Расчет дождевых паводков применительно к задачам определения паводочного стока*;

Simpozionul jubiliar consacrat aniversării 30 ani de la formarea rezervației “Codrii” Lozova, 2001 – *Precipitațiile – factor de dezvoltare a cuverturii vegetale și protecția teritoriului contra degradării*;

Conferința a IV-a științifico-practică, Chilia, 2012 – *Современное состояние и перспективы развития мониторинга водных ресурсов Молдовы*;

Conferința internațională ”Mediul și schimbarea climei: de la viziune la acțiune” Chișinău, 2015 – *Перспективы использования водных ресурсов бассейна Днестра*;

Simpozionul Internațional Științifico-Practic „Utilizarea eficientă a resurselor hidro-funciare în condițiile actuale – realizări și perspective”, UASM, 2016 – *Оценка изменения водных ресурсов рек республики Молдова под влиянием агротехнических мероприятий*;

Conferința „Mediul și dezvoltarea durabilă”. Ediția a III-a, 2016 – *Роль урбанизации речных склонов при формировании водных ресурсов на реках Республики Молдовы*.

Volumul și structura tezei. Teza constă din introducere, 4 capitole și concluzii generale, bibliografie cu 135 titluri, 121 pagini de text de bază, 41 tabele, 59 figuri și 36 anexe.

Cuvinte-cheie: bilanț hidrotermic al uscatului, componentele genetice ale scurgerii anuale, ciclicitate, erori de fază, modificări antropice a resurselor de apă.

Sumarul compartimentelor tezei. În **introducere** accentul se pune pe actualitatea problemei cercetării componentelor bilanțului termic și hidric al uscatului în condițiile surplusului de căldură și insuficienței de umiditate pe teritoriul Republicii Moldova. Este pusă sarcina cercetării multilaterale, analizei și evaluării resurselor de apă de suprafață și subterane în baza modelelor stohastice și genetice, cu evidența modificării structurii utilizării terenurilor pasajelor și încălzirii globale.

Capitolul I. Estimarea studiilor modificării bilanțului hidrotermic în condițiile transformărilor de mediu – se generalizează experiența contemporană în domeniul cercetărilor potențialului hidrotermic al peisajelor în condițiile modificărilor de mediu și încălzirii globale. S-a stabilit, că toate componentele bilanțului hidrotermic al peisajelor sunt supuse, în diferită măsură, impactului factorilor activității umane și, inclusiv, încălzirii globale a climei. În baza analizei factologice și sistemice sunt dezvăluite legăturile caracteristicilor scurgerii anuale cu factorii individuali ai activității de gospodărire și la o interacțiune complexă a lor. Realizarea practică a cercetărilor preconizate se efectuează în baza monitoringului hidroclimatic.

Capitolul II. Materiale și metode de cercetare. Sunt sistematizate și generalizate materialele monitoringului hidrologic și climatic al Republicii Moldova și a teritoriilor aferente din România și Ucraina, inclusiv datele despre radiația solară, temperatura aerului și precipitații atmosferice, precum și materialele observațiilor multianuale despre scurgerea de suprafață. Au fost generalizate datele despre utilizarea resurselor naturale, în baza cărora s-au elaborat procedee metodice de evaluare a rolului impactului activității de gospodărire asupra modificării resurselor de apă în limitele sistemelor pesagistice și bazinale.

Sunt descrise și aplicate principiile metodice de evaluare a componentelor bilanțului de radiație, orientate spre determinarea echivalentului evaporării globale și evaporării potențiale de pe uscat. În final, prin analiza spațio-temporară și aprecierii condițiilor de umiditate (normelor precipitațiilor anuale) prin aplicarea metodei bilanțului de apă, sunt determinate dimensiunile resurselor climatice de apă, care nu sunt denaturate prin activitatea de gospodărire. Cercetarea resurselor de apă reale, măsurate, modificate prin activitatea de gospodărire a apelor, se bazează pe „metoda genetico-tohastică” apreciată în literatura științifică, care a fost introdusă de școala științifică a prof. Befani A.

Capitolul III. Impactul modificărilor de mediu asupra resurselor de apă pe teritoriul Republicii Moldova. Sunt prezentate rezultatele cercetărilor resurselor de apă reale, denaturate de activitatea de gospodărire și încălzirea climei. Realizarea acestei probleme se realizează prin

cercetarea componentei de suprafață și subterane a scurgerii anuale totale și dependenței sale de factorii intrazonali, azonali și antropici. Sub influența activităților de gospodărire șirurile componentelor scurgerii anuale posedă o neomogenitate spațială. Din aceste considerente a apărut necesitatea raionării teritoriului Republicii Moldova pentru condițiile uniformității funcțiilor de corelare spațială.

Suplimentar s-a apreciat modificarea insolației sub influența caracterului peisajelor, condiționată de capacitate diferită de reflectare a suprafețelor terestre naturale și modificate antropic. În condițiile sporirii suprafețelor antropice, radiația absorbită ca regulă scade proporțional. În final aceasta se manifestă prin sporirea proporțională a resurselor de apă climatice și reale. Rezultatele generalizate a aprecierii posibilelor modificări a bilanțului hidrotermic sub influența încălzirii globale indică, că pentru orizonturile de timp adoptate – diminuarea resurselor de apă constituie 37-38%. Luând în considerație reducerea resurselor de apă în rezultatul activității de gospodărire a apei la nivelul de 15%, aceasta poate acutiza brusc situația ecologică în regiunile peisagistice și accelerarea degradării ecosistemelor vulnerabile la deficitul de apă.

Capitolul IV. Modelarea schimbării resurselor de apă sub influența transformărilor antropice din Republica Moldova. În abordarea generală a subiectului dat, în acord cu concepția prof. Befani A., în capitolul dat sunt cercetate principiile analizei componentelor genetice a scurgerii anuale și elaborarea modelului regional pentru determinarea lor în condițiile teritoriilor nestudiate din punct de vedere hidrologic (peisajelor, bazinelor de recepție ș.a.). Deosebită atenție este acordată cercetării modificării resurselor de apă din sistemele bazinale și peisagistice sub influența creării lacurilor de acumulare, măsurilor agrotehnice și urbanizării terenurilor.

Evaluarea nivelului de impact asupra resurselor de apă a transformărilor condiționate de gospodărirea apelor, s-a realizat prin aplicarea metodelor stohastice și deterministe de bilanț al apei. Aceasta indică, că cea mai mare tensiune antropică este condiționată de construirea lacurilor de acumulare. Factorul dat, în unele regiuni peisagistice, diminuează resursele de apă peste 30%.

În general, regiunile peisagistice din Republica Moldova se află sub o presiune considerabilă ai factorilor antropici analizați. Impactul lor sumar diminuează resursele de apă locale în limitele teritoriului Republicii Moldova cu 15%, adică peste limitele erorilor admisibile. Starea și așa gravă, se mai complică, dacă vom ține cont de posibilele diminuări ale resurselor de apă sub influența încălzirii globale a climei.

Compartimentul **Concluzii generale și recomandări** – sunt prezentate principalele rezultate și constatările la care s-a ajuns în urma soluționării obiectivelor propuse pentru realizare.

Bibliografia cuprinde o un set de surse bibliografice utilizate ca reper în organizarea studiului dat.

1. ESTIMAREA STUDIILOR MODIFICĂRII BILANȚULUI HIDROTERMIC ÎN CONDIȚIILE TRANSFORMĂRIILOR DE MEDIU

1.1. Evoluția conceptuală a studiului modificării bilanțului hidrotermic al peisajelor Republicii Moldova sub influența activității antropice și a încălzirii globale a climei

În acord cu legitățile ciclului hidrologic al suprafeței uscatului, bilanțul hidrotermic se determină în baza egalității componentelor aportului și pierderilor căldurii și umidității. De regulă potențialul aportului bilanțului hidrologic îl constituie precipitațiile atmosferice (umiditatea), iar componentele pierderilor le constituie evaporarea și scurgerea apelor. La componentele aportului bilanțului termic se atribuie componenta pozitivă a bilanțului radiativ și schimbului termic al uscatului cu atmosfera, precum și sporirea schimbului termic cu suprafața terestră.

Din punct de vedere al bilanțului, diferența dintre precipitațiile medii multianuale și evaporarea de pe suprafața uscatului în aspect hidrologic se consideră drept scurgere de suprafață. La nivelul contemporan de studiu, s-a determinat că toate componentele bilanțului hidrotermic sunt supuse, într-o măsură oarecare, influenței factorilor activității antropice, precum și încălzirii globale a climei. Referitor la diferite regiuni ale Europei de Est și de Vest acestor cercetări le-au fost consacrate un șir de lucrări fundamentale [21, 42, 52, 94, 98, 117 ș.a.].

De menționat, că în Republica Moldova se acordă o atenție insuficientă subiectelor evaluării impactului factorilor antropici asupra componentelor bilanțului hidrologic și termic din regiunile peisajere.

Unele generalități despre bazele principale de evidență a influenței factorilor antropici asupra scurgerii râurilor din Republica Moldova au fost prezentate pentru prima dată în teza de doctor a profesorului Lalîkin N. [70]. Autorul, în această lucrare, propune bazele metodologice de apreciere a transformării scurgerii, pe exemplul râurilor din Republica Moldova, prin prisma analizei ecuațiilor bilanțului hidrologic hidric și a activității de gospodărire, prin modificarea scurgerii râurilor sub influența terenurilor irigate și a altor activități antropice. Complexul cercetărilor prezentate în publicațiile [70] și [58, 73, 75 ș.a.] sunt bazate pe principiul bazinal de calcul al impactului factorilor antropici asupra scurgerii, fără a ține cont de specificul peisajer al teritoriului Republicii Moldova. De menționat, că în lucrările nominalizate nu și-au găsit reflectare careva rezultate ale aplicării tehnologiilor noi ale Sistemelor Informaționale Geografice, îndeosebi la modelarea cartografică a componentelor naturale și antropice ale peisajelor.

În cercetările lui Lalîkin N. [58, 71] sunt sistematizate, de asemenea principiile metodologice de apreciere a impactului activității gospodărești asupra regimului hidrologic al râurilor din Republica Moldova. Acestea s-au realizat prin analiza multilaterală a bilanțului hidrotermic și a modului de gospodărire a apelor bazinelor de recepție. Această direcție și-a găsit

continuare în cercetările lui Melniciuc O. [82,93] și ale autorului prezentei lucrări [3-9, 33, 84, 88, 91].

În același timp, o mare atenție merită studiul procedeele de analiză a parametrilor hidro-termici, bazată pe aplicarea teoriei stohastice a staționării oscilațiilor multianuale ale caracteristicilor hidroenergetice ale potențialului bazinelor de recepție și analizei deterministe a influenței asupra lor a factorilor activității gospodărești. La această direcție pot fi atribuite cercetările efectuate la Universitatea Ecologică de Stat din Odesa de către profesorii Loboda Natalia [76, 77] și Gopcenko E. [47, 49, 135]. La baza acestor cercetări se află ipoteza nestacionarității oscilațiilor caracteristicilor hidrologice pe contul creșterii influenței factorilor antropici, inclusiv și a încălzirii globale a climei.

În acest context, se vorbește despre un sistem hidrologic natural, care se află sub influența transformărilor antropice. În acest caz aprecierea impactului antropic asupra scurgerii anuale, după Loboda Natalia, se reduce la căutarea operatorului de transformare a stării inițiale a unui sistem hidrologic (peisagistic) natural într-un sistem modificat de către factorii antropici.

În baza analizei factologice și sistemice se determină legătura dintre caracteristicile probabiliste ale scurgerii și caracteristicile factorilor antropici. La finele acestei interacțiuni se propune așa-zisa **funcție a „răspunsului peisajului bazinului de recepție”** la transformările antropice, care se exprimă prin coeficientul impactului antropic [76] k_{ant}

$$k_{ant} = A_{ant} / A_{nat} . \quad (1.1)$$

Unde: A_{nat} – valoarea parametrului statistic inițial al scurgerii anuale, determinat în condiții naturale de formare a scurgerii; A_{ant} – valoarea parametrului statistic dorit (scurgerea anuală $\hat{Y}_a$, sau coeficientul de variație C_v și coeficientul de asimetrie C_s), afectat de activitatea de gospodărire.

Aplicarea direcției metodologice nominalizate în lucrările [27, 87, 86, 90, 92, 128] pentru sistemele hidrografice ale Republicii Moldova, indică că această metodologie asigură aprecierea impactului factorilor antropici nu numai asupra normei scurgerii naturale, dar și asupra scurgerii anuale de diferită probabilitate de depășire. Și mai mult, în modelele de calcul, drept argumente finale se consideră doar două variabile 1) suprafața specifică de răspândire a factorului antropic studiat în limitele bazinului de recepție (suprafața oglinzii apei lacurilor de acumulare, suprafața terenurilor arabile, suprafața intravilanelor, suprafața terenurilor irigate); 2) scurgerea climatică sau scurgerea sumară a cursului, racordată la condițiile zonale de formare. Aplicând aceste principii, parametrii hidrologici în lucrare sunt prezentați, nu doar în pondere din suprafața bazinului de recepție, dar și în pondere din dimensiunile regiunilor peisagistice (Boboc N. [10]).

Realizarea practică a acestui procedeu, referitor la aprecierea schimbărilor potențialului hidrotermic al peisajelor sub influența activității gospodărești, se va prezenta în cap. 4.

În raportul IV (AR4) al IPCC s-au propus peste 40 de scenarii, care cuprind un diapazon larg de emisii posibile ale gazelor cu efect de seră [63]. Aceste scenarii au fost sistematizate în 4 grupe corespunzătoare la patru variante posibile de schimbare a situației climatice în viitor – A1, A2, B1 și B2.

În continuare, grupul de experți interguvernamentali în domeniul schimbărilor climatice (IPCC), a precizat aceste scenarii în raportul de evaluare V al activității grupului de lucru [64] și au propus noi scenarii, ținând cont de 4 proiecții ale schimbărilor climatice din sec. XXI: RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 și RCP 8.5. În această direcție un interes științific deosebit prezintă, de obicei, cercetările bazate pe utilizarea recomandărilor raportului de evaluare V [66]. Aceste scenarii denumite Căi Reprezentative de Concentrare (*Representative Concentration Pathways, RCPs*), spre deosebire de scenariile precedente, țin cont nu numai de emisii, dar și de concentrația totală a setului de gaze cu efect de seră, de aerosoli și gazele active chimic, inclusiv ozonul, precum și de scenariile de utilizare a terenurilor și vegetație, care în complex duc la caracteristici specifice (reprezentative) ale tensiunii radiative asupra scoarței terestre [130].

În elaborarea scenariilor schimbărilor climatice posibile, pe parcursul ultimelor decenii, drept „climat de bază” se utilizează de regulă trei decenii precedente, precum 1961-1990, sau 1971-2000. Însă, după cum denotă noile cercetări, realizate în bazinul Nistrului, și în Republica Moldova în ansamblu, regimul termic din ultimile decenii a suferit schimbări esențiale [61, 63, 64]. În multiple studii regionale [31, 30, 66, 126] se argumentează necesitatea utilizării drept „climat de bază” perioada de 30 ani 1981-2010. Aici merită de menționat, că în acord cu rezultatele analizei oscilațiilor ciclice ale componentelor bilanțului hidrotermic, realizate în publicațiile noastre [3-9, 87] și ale altor autori [75, 64], toate perioadele acceptate de bază cuprind doar faza de creștere a ciclului aproape secular, atât a temperaturilor, cât și a precipitațiilor, precum și a scurgerii anuale. În așa caz, valorile de „bază” ale precipitațiilor și temperaturilor sunt peste norma climatică. Astfel, valorile prezise ale schimbărilor globale ale temperaturilor și precipitațiilor pe teritoriul Republicii Moldova se asociază doar la faza de creștere a caracteristicilor nominalizate, dar nu la norma climatică contemporană.

Complexul caracteristicilor morfometrice și antropice ale regiunilor peisagistice din cadrul bazinelor râurilor din Republica Moldova. În baza aplicării tehnologiilor GIS (QGIS, SAGAGIS și ArcGIS [22, 124, 131]) a fost alcătuit un set de date vector ale principalelor caracteristici orografice și hidrografice ale teritoriului Republicii Moldova. În primul rând au fost elaborate hărțile pantelor și lungimile medii ale versanților nefragmentați, densității rețelei

hidrografice în limitele unor bazine de recepție și pe regiuni peisagistice și raioane administrative. În același timp, s-a realizat digitizarea imaginilor satelit și ortofotoplanurile Republicii Moldova, ediția 2007 în baza căreia s-a determinat rețeaua hidrografică, iar din baza de date CORINE au fost identificate terenurile arabile, urbanizarea și irigarea terenurilor, suprafața oglinzii apei lacurilor de acumulare existente.

Au fost, de asemenea, sistematizate materialele referitor la utilizarea, evacuarea și consumul apei pentru anii 1990-2010, pentru regiunile de gestionare a apelor în scopul aprecierii pierderilor irecuperabile, care duc, în unele cazuri, la diminuarea accentuată a scurgerii anuale a râurilor.

1.2. Principiile de estimare a modificărilor bilanțului hidrotermic sub influența factorilor antropici

La descrierea principalelor cauze și particularități ale schimbărilor antropice ale diferitor caracteristici ale scurgerii, factorii sunt divizați în două grupe [52, 117]: 1) factorii care modifică numai condițiile de formare a scurgerii (măsurile agrotehnice, desecarea mlaștinilor și terenurilor înmlăștinite, defrișarea pădurilor și restabilirea lor); 2) factorii care influențează nemijlocit scurgerea și dinamica ei prin regularizare și captare (lacurile de acumulare și urbanizarea terenurilor, irigarea, asigurarea comunală cu apă și redistribuirea scurgerii).

Măsurile agrotehnice și perdelele forestiere. Acest complex de măsuri include valorificarea rațională a terenurilor arabile, crearea perdelelor forestiere, retenția zăpezii și sunt orientate spre menținerea regimului optim de aer și apă în sol, precum și creșterea rezistenței versanților la eroziune [44]. Subiectul exprimării cantitative a acestui impact este discutabil. Un grup de cercetători (Lvovici M. [78], Kuznik I. [69], Nazarov G. [95]), încă la mijlocul secolului trecut, afirmă despre o diminuare considerabilă (până la 20%) a scurgerii anuale sub influența măsurilor agrotehnice. În cercetările mai recente (Tsiklomanov I. [117], Melniciuc O. [82], Loboda Natalia [76], Lalîkin N. [58]) se presupune o diminuare mai mică a scurgerii anuale, sub influența măsurilor agrotehnice și a perdelelor forestiere, în limitele de 4-6%.

Modificarea structurii solului și retenția zăpezii intensifică infiltrarea și retențiile de suprafață a apei. Rezervele adiționale de umiditate din zona de aerare se pierd în special la: 1) evaporarea productivă în cazul apelor freatice la suprafață; 2) alimentarea acviferelor adânci.

În primul caz scurgerea anuală se diminuează cu o valoare egală cu aportul pierderilor de apă predominant la evaporare. Scurgerea de etiaj și cea minimă practic nu se modifică, deoarece, în general, se păstrează condițiile apropiate de cele naturale din punctul de vedere al formării scurgerii subterane.

În al doilea caz are loc diminuarea scurgerii anuale datorită predominării reducăiei alimentării din surse de suprafaă prin măsurile agrotehnice. În cazul lipsei drenării apelor subterane scurgerea totală anuală se micșorează cu o valoare echivalentă defalcării antropice a scurgerii de suprafaă. Reîmpădurirea condiționează: 1) sporirea precipitațiilor atmosferice; 2) creșterea ponderii solurilor permeabile din bazin, modificarea volumelor de umiezeală evaporate. În final, acestea sunt însoțite de creșterea ponderii alimentării subterane și diminuarea celei de suprafaă.

Surgerea viiturilor pluviale și apelor mari de primăvară crește în ansamblu din cauza iluvierii solului, tasării suprafeței sale și accelerarea scurgerii apelor de pe versanți [85]. Deci, ponderea diminuării scurgerii anuale naturale sub influența măsurilor agrotehnice deosebit de evident devine paralel cu creșterea ponderii terenurilor arabile.

Desecarea terenurilor. În acord cu cercetările lui Ivanov K. [56] și studiul monografic al lui Lalîkin N. [58], desecarea mlaștinilor și terenurilor înmlăștinite urmăresc, de regulă, două scopuri: crearea regimului aerian și hidric al solului favorabil pentru creșterea culturilor agricole sau și deshidratarea zăcămintelor de turbă pentru extragerea ei. În rezultatul desecării crește densitatea rețelei de drenaj, coboară nivelul apelor freatice pe terenurile desecate precum și a râurilor cu afluenți, scad rezervele de umiditate din zona de aerare a solului și din stratul de turbă, scade durata inundării luncilor, se modifică cuvertura vegetală ș.a.

În primii ani după desecarea terenurilor scurgerea anuală sporește datorită micșorării evapotranspirației globale și scurgerii surplusurilor de rezerve seculare de apă. Utilizarea intensivă în continuare a terenurilor ameliorate duce, în special, la redistribuirea scurgerii în cadrul anului – se diminuează volumele apelor mari de primăvară și crește scurgerea de etiaj. Surgerea anuală nu se modifică în cazul alimentării slabe cu ape freatice în condiții naturale sau crește la o scurgere subterană abundentă, accentuată prin drenarea intensivă de către sistemele de desecare.

Debitele maxime ale râurilor pot atât să crească, cât și să scadă: 1) scurgerea crește prin accelerarea curgerii apelor nivale și pluviale printr-o rețea hidrografică dezvoltată artificial pe terenurile ameliorate și în condiții de evacuare mai bune; 2) scurgerea scade prin pierderi mari de apă datorită creșterii ariilor de aerare de pe terenurile mlaștinoase desecate. De menționat că acești factori se manifestă diferit în anii cu umiditate diferită și la asigurare diferită a debitelor maxime de apă.

Dintre factorii cu influențe asupra scurgerii prin regularizare menționăm: construcția lacurilor de acumulare și a iazurilor, urbanizarea, asigurarea comunală și industrială cu apă, irigarea și redirecționarea scurgerii.

Crearea lacurilor de acumulare. Această măsură se realizează în scopul utilizării resurselor de apă în diverse activități antropice sau în vederea regularizării apelor mari de primăvară și a viiturilor pluviale. În rezultat are loc inundarea sau subinundarea unei părți a bazinului de recepție, modificarea regimului anual de scurgere naturală a râului. Diminuarea scurgerii anuale este determinată de creșterea suplimentară a evaporării de pe oglinda lacului și din zonele inundate sau subinundate, iar diminuarea scurgerii de primăvară este generată de retenția sau acumularea apei în lacurile antropice. În anii secetoși nivelul apei în râuri este menținut prin deversările acumulărilor de primăvară și alimentarea prin filtrație din lacurile de acumulare. Debitele maxime se micșorează din cauza transformării viiturilor pluviale și apelor mari de primăvară prin volumele de regularizare ale lacurilor.

Urbanizarea peisajelor naturale. La spațiul uman se atribuie teritoriul, ocupat de localități, construcții industriale și alte edificii, drumuri, rețele de drenaj și canalizare, precum și alte elemente ale activității economice.

Datorită extinderii intense a localităților, creșterii suprafețelor noi construite, modificării peisajelor și transformarea ecosistemelor naturale, se conturează clar întrebarea despre durabilitatea și funcționarea ecosistemelor transformate în condiții noi. În procesul de urbanizare, în acest context, trebuie să se țină cont de interesele protecției mediului, prevenind supraconcentrarea populației și industriei pe anumite spații, care, la rândul său, contribuie la creșterea presiunii antropice asupra peisajelor și a mediului în ansamblu. De aceea, în prezent este important de studiat aspectele hidrotermice ale funcționării peisajelor urbane, pentru a preveni distrugerea totală a ecosistemelor deja modificate.

Peisajul unui sistem urbanistic este prezentat prin:

1. Peisaje intravilane și arii locative;
2. Peisaje antropice extra- și intravilane: obiecte industriale, drumuri asfaltate și pietruite, căi ferate și alte terenuri construite.

Aceste două categorii de peisaje ocupă, de obicei, o arie cu mult mai mare în raport cu spațiile verzi. Practic pretutindeni pe teritoriul peisajului și ecosistemului urban frecvent se observă degradarea chiar și a celor mici suprafețe de vegetație prezente, defrișarea plantațiilor verzi și construirea pe locul acestora a obiectelor comerciale sau locative. Toate acestea duc la o creștere intensă a teritoriilor urbanizate, înrăutățirea stării mediului și, în final, la înrăutățirea sănătății locuitorilor. Sarcinile principale ale peisajelor urbane sunt păstrarea și îmbunătățirea condițiilor naturale, crearea mozaicului ecologic care înlesnesc activitatea de lucru și cotidiană a populației.

Spațiile urbane contribuie la creșterea coeficientului de scurgere, grație diminuării infiltrației și creșterii, deși nesemnificative, a cantității de precipitații. Creșterea valorii scurgerii în spațiile urbane are loc atât pe seama scurgerii pluviale cât și a celei nivale. Teritoriile urbanizate influențează substanțial și calitatea apei râurilor [21]. Până nu demult se considera că scurgerea de suprafață nivală și pluvială de pe ariile urbane se atribuie la apa convențional curată și impactul ei asupra calității corpurilor de apă (râurilor cu afluenți) practic nu se monitoriza. Însă, după multiple cercetări recente [21, 83, 127 ș.a.], cantitatea de substanțe poluante (suspensii etc.) spălate prin scurgerea de suprafață de pe terenurile industriale și a întreprinderilor este considerabilă și deseori depășește deversarea poluanților prin apele reziduale după o epurare mecanică și biologică [14, 92].

Irigarea terenurilor. Necesitatea argumentării științifice a transformării proceselor hidrologice sub influența irigației se determină de cerințele practice în aprecierea gradului de modificare a balanțelor hidric, termic și de noroi în stratul activ al solului ameliorat.

Printre problemele științifice principale ale hidrologiei ameliorative menționăm următoarele [39]:

1. Determinarea modificărilor regimului hidric al peisajelor și sistemelor fluviale sub impactul complexului de măsuri ameliorative;
2. Determinarea caracteristicilor scurgerii prin sistemele de irigare și desecare;
3. Determinarea regimului optim de exploatare a sistemelor ameliorative.

Umiditatea majorată a solului irigat sporește scurgerea de suprafață, care se formează datorită ploilor și topirii zăpezilor, precum și prin drenarea acviferelor – scurgerea freatică, pe contul creșterii ponderii precipitațiilor atmosferice, care duc la alimentarea infiltrațională a apelor subterane. Umiditatea irigațională sporită a solului deseori este cauza viiturilor catastrofale frecvente în regiunile cu agricultură intensivă irigată, precum și a manifestării intense a proceselor de eroziune pe terenurile irigate și cele aferente acestora.

Scurgerea anuală pe terenurile irigate se micșorează la valoarea consumului ireversibil al apei sau captării ei, precum și în funcție de modificarea evapotranspirației de pe lanurile agricole irigate.

Scurgerea viiturilor pluviale și apelor mari de primăvară cel mai mult se diminuează în cazul regularizării prin albie datorită captării apei pentru irigare, atunci când apele mari, reținute în lacurile de acumulare, sunt în continuare folosite pentru irigare. La pomparea apei nemijlocit din albie (fără regularizare) această scurgere se diminuează nesemnificativ, în special în efectuarea udărilor de primăvară și toamnă. Umezirea irigațională a solului în perioada de vegetație sporește

volumele și maximele viiturilor pluviale, iar toamna – aceleași caracteristici ale scurgerii de primăvară.

Astfel, irigațiile contribuie la modificări apreciable a regimul scurgerii anuale. Extragerea apei pentru irigare diminuează scurgerea în perioada de vegetație, iar revenirea apelor după irigare în rețeaua hidrografică sporește ceva scurgerea de toamnă și iarnă. Rolul irigației în repartitia scurgerii deseori se camuflează de către regularizarea prin albie și de alți factori.

Revenirea apei de pe terenurile irigate în râuri în regiunile cu climă aridă favorizează salinizarea solurilor irigate. Acest fenomen este specific, ca regulă, pentru bazinele râurilor sau, care nu sunt asigurate cu un drenaj natural. Drept caracteristică de dezvoltare a procesului de salinizare servește ridicarea nivelului apelor freatice pe contul filtrației apei din canale și umezirea excesivă a câmpurilor irigate.

Asigurarea comunală și industrială cu apă și redirecționarea scurgerii se manifestă în două aspecte asupra parametrilor scurgerii. În primul caz aceasta se manifestă prin extragerea apei din râuri și din subteran, în al doilea – deversarea apelor uzate (reziduale) în sistemele hidrografice. În ambele cazuri sunt afectate condițiile de formare a scurgerii de suprafață și subterane. În cazul utilizării resurselor proprii de suprafață sau subterane – drenate de râu, scurgerea anuală se diminuează cu o valoare egală cu pierderile irecuperabile de apă, adică cu diferența dintre volumele de apă extrasă și cele evacuate. În condițiile utilizării apelor din bazinele hidrografice vecine sau nu sunt drenate din acviferele subterane, atunci valoarea scurgerii crește cu valoarea deversărilor.

Aprecierea modificării normei scurgerii anuale sub influența asigurării comunale și industriale a apei poate fi realizată pe calea utilizării ecuației bilanțului de apă:

$$\Delta W_{IC} = W_C - W_{EV} + W'_{EV}, \quad (1.2)$$

unde W_C și W_{EV} – respectiv volumul anual al captării și deversării apei râului cercetat; W'_{EV} – volumul total al apelor deversate extrase din râurile donatoare sau ape subterane din bazin, care, însă, nu sunt drenate de râu. Valorile de captare și deversare a apei se apreciază după materialele Cadastrului de Stat al Apelor Republicii Moldova și după datele evidenței de stat al apelor [11].

Sistemele de deversare a apei în râuri, în special al celor neepurate sau insuficient epurate au un impact deosebit asupra calității apei râurilor.

Conform cerințelor tehnice în vigoare [14], se admite deversarea apelor reziduale epurate sau insuficient epurate (convențional curate) în rețelele de canalizare.

Începutul cercetărilor științifice în domeniul folosirii legităților bilanțului termic și hidric se atestă la prima jumătate a secolului XX. Un aport considerabil în acest domeniu îl au cercetările Schreiber R. (1904), Oldekop E. (1911), Turk L. (1958), Budâko M. (1948), Velikanov M. (1964).

O deosebită atenție în aceste lucrări se atribuie componentei generale a bilanțului hidric și termic – pierderilor de umiditate la evaporare. De menționat, că datorită dezvoltării observațiilor experimentale asupra evaporării și precipitațiilor, în a doua jumătate a secolului trecut interesul față de evaluarea scurgerii prin ecuațiile de bilanț a scăzut puțin. Însă datorită influenței considerabile asupra resurselor de apă, sporirii influenței factorilor antropici și încălzirii globale a climei, aprecierea scurgerii anuale prin datele bilanțului radiativ și termic a devenit din nou actuală.

Un interes deosebit prezintă aprecierea veridicității evaporației potențiale. O mare importanță aici o au cercetările Bagrov N. (1953), Budâko V. (1961) și savanților din România – Stănescu P. (1971), Platagea Gh. (1971), Diaconu C. (1994), Șerban P. (1994). Încă la mijlocul anilor 70 ai secolului trecut, Mezențev V. (1976) a propus un nou procedeu de soluționare comună a ecuațiilor bilanțului hidric și termic, bazat pe analiza ecuațiilor bilanțului de radiație. În prezent această direcție științifică se dezvoltă cu succes în școala hidrologică din Odesa cu participarea prof. Loboda Natalia și Gopcenko E. (2005). Direcția dată este folosită și în prezenta teză de doctor.

În domeniul cercetărilor și evaluării resurselor de apă a râurilor și modificării lor în condițiile impactului antropic, s-a aplicat un complex larg de sinteze teoretice și metodologice, prezentate în cercetările Alexeev G. (1971, 1975), Rojdestvenskii A., Cebotarev A. (1974), Voskresenskii C., Befani A. (1958), Befani A., Melniciuc O. (1969). Un suport metodologic considerabil în realizarea temei tezei revine cercetărilor Loboda Natalia (2005), Vodograțkii V. (1979, 1986), Lalâkin N. (1998, 2005), care se referă la subiectele teoretice a evaluării impactului activității de gospodărire asupra componentelor bilanțului de apă. Din lucrările regionale, consacrate cercetărilor individuale a radiației solare, condițiilor de umiditate, scurgerii de suprafață și subterane – un interes deosebit prezintă lucrările Constantinova Tatiana (2008), Nedeačov Maria (2012, 2013), Daradur M. (2001), Zelenin I. (1984), Moraru C. (2014, 2015) și alții. O aplicare largă au obținut cercetările în raionarea peisagistică și pedologică, precum și a utilizării terenurilor republicii Moldova, prezentate în lucrările Boboc N., (2009), Ursu A. (2011).

Sistema cercetărilor complexe și interacțiunii componentelor bilanțului hidric, termic și de gospodărire a apelor folosită în teza prezentată pentru teritoriul Republicii Moldova, s-a elaborat pentru prima dată și în literatura specială contemporană nu avem un asemenea analog.

Reieșind din cele menționate în Capitolul 1, scopul lucrării constă în evaluarea resurselor de apă de suprafață și subterane în baza modelelor stohastico-genetice de formare a componentelor bilanțului hidrotermic al uscatului în condițiile modificărilor antropice și încălzirii globale a climei. Pentru obținerea scopului propus au fost identificate principalele obiective:

- Generalizarea informației privitor la specificul componentelor regiunilor peisagistice și bazinelor râurilor (împădurirea, morfometria versanților văilor râurilor, structura rețelei hidrografice și fragmentarea reliefului), precum și a indicatorilor antropici (sistemul lacurilor de acumulare, ponderea terenurilor arabile și urbanizate în sensul larg al termenului);
- Sistematizarea și prelucrarea statistică a informației multianuale referitor la componentele bilanțului hidrotermic în baza monitoringului hidrometeorologic al Republicii Moldova și regiunilor megieșe ale României și Ucrainei;
- Aprecierea resurselor termoeenergetice ale climatului, în timp și spațiu, și a echivalentului evaporării maxime [80, 81];
- Analizarea legităților repartiției temporo-spațiale a resurselor de umiditate, ca un component al bilanțului hidrotermic al sistemelor peisajere și bazinale;
- Identificarea, perfecționarea și aplicarea metodologiei de determinare a normelor scurgerii climatice în baza coraportului dintre bilanțul hidrotermic și aprecierea indicilor, în timp și spațiu, ai normelor componentelor genetice ale scurgerii anuale în limitele sistemelor peisajere și bazinale;
- Argumentarea legităților influenței principalelor tipuri de activitate gospodărească asupra modificării caracteristicilor scurgerii anuale naturale, cu aplicarea modelelor stohastice și deterministe;
- Aprecierea modificărilor resurselor hidrotermice sub influența particularităților naturale și antropice ale peisajelor Republicii Moldova;
- Aplicarea principiilor de bază ale modelării modificării bilanțului hidrologic a uscatului sub impactul încălzirii globale a climei și argumentarea posibilelor modificări ale resurselor de apă ale Republicii Moldova.

1.3. Concluzii la capitolul 1

1. Cercetările din ultimele decenii [21, 42, 52, 94, 98, 117] se referă în special la principiul bazinal de apreciere a impactului măsurilor de gospodărire asupra regimului pluvial, caracteristicilor scurgerii prin albie și de versant, precum și a evapotranspirației;
2. Pentru prima dată, în baza analizei ecuațiilor bilanțului de apă și de modificare a scurgerii râurilor sub influența terenurilor irigate și altor măsuri de gospodărire a apei în Republica Moldova, au fost elaborate principiile metodologice ale modificărilor antropice a scurgerii râurilor din Republica Moldova [58, 70, 73, 75, 93].

3. O deosebită apreciere merită metodologia bazată pe aplicarea în sistem a teoriei stohastice de staționare a oscilațiilor multianuale a caracteristicilor potențialului hidroclimatic al bazinelor de recepție și analizei deterministe a impactului asupra lor a modului de exploatare a resurselor de apă.
4. Merită o deosebită apreciere rezultatele cercetărilor realizate de către [58, 73, 75, 76, 77, 93], studii dedicate aprecierii caracteristicilor hidrologice ale râurilor mici din sudul Ucrainei, inclusiv și din partea de sud a Republicii Moldova.
5. Cercetările științifice nominalizate au fost realizate fără a fi aplicate tehnologiile SIG, în consecință nu s-a realizat modelarea cartografică a componentelor naturale și antropice a peisajelor, inclusiv și a particularităților hidrologice a bazinelor hidrografice
6. Cercetările existente în aprecierea influenței încălzirii globale asupra resurselor de apă a Republicii Moldova cuprind un complex de probleme științifice și în prezent majoritatea cercetătorilor sunt adepți ai concepției, că schimbările globale ale climei sunt în funcție de sporirea concentrației gazelor cu efect de seră în atmosferă [5, 19, 26, 57, 100, 102].
7. Perioadele de referință cuprind fazele de creștere a ciclului observat aproape secular, atât a temperaturilor, cât și a precipitațiilor, precum și a scurgerii anuale. De aceea schimbările globale previzibile a temperaturilor și precipitațiilor pe teritoriul Republicii Moldova sunt asociate fazei de creștere a componentelor nominalizate, dar nu normei climatice contemporane.
8. Monitoringul hidroclimatic existent al mediului în Republica Moldova nu satisface cerințele optime despre siguranța și comprehensivitatea informației utilizate. De aceea a apărut necesitatea utilizării adiționale a materialelor observațiilor multianuale de la stațiile meteorologice din regiunile vecine ale Ucrainei [114] (stațiile din Odesa, Bolhrad, Vylkove, Uman, Vinnytsia, Nizhnyi Olchedaiv și Cernăuți) și României [133] (stațiile din Iași, Galați și Constanța).

2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

2.1. Sistemul de monitoring în studiul bilanțului hidrotermic și a resurselor de apă

Datorită studierii insuficiente a componentelor bilanțului termic și radiativ al teritoriului Republicii Moldova, deoarece aici funcționează doar o stație actinometrică (st. Chișinău) și 8 stații care înregistrează doar durata strălucirii soarelui [17, 115], a apărut necesitatea folosirii materialelor adiționale din regiunile vecine țării: Ucraina [113] (stațiile Odesa, Bolhrad, Vylkove, Vinnytsia, Nizhnyi Olchedaiv și Cernăuți) și România [123] (stațiile Iași, Galați și Constanța), (fig. 1.1).

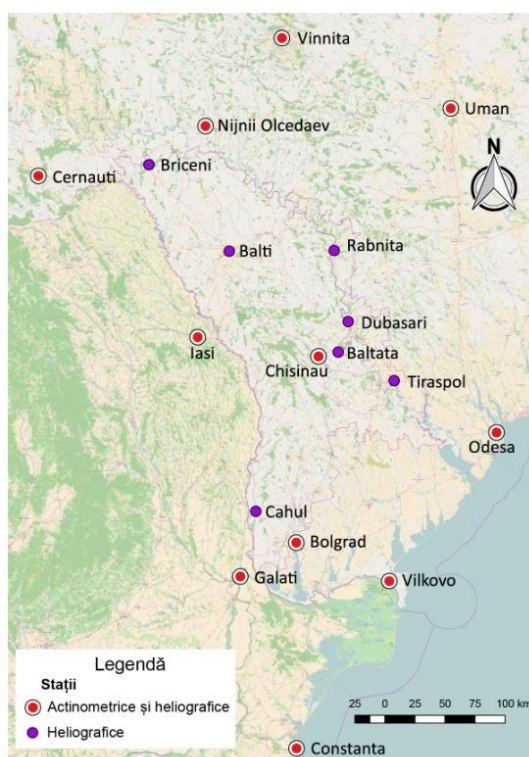


Fig. 1. Stațiile actinometrice și heliografice datele cărora au fost utilizate

Durata observațiilor și nivelul de analiză primară a componentelor bilanțului termic la aceste stații este diferită. Toate acestea au predispus sistematizarea și racordarea datelor observațiilor către o perioadă dată, care va cuprinde un anumit ciclu finit. Drept punct de reper au servit datele de la stația meteo Chișinău, cu o perioadă neîntreruptă de observații din 1960 până în 2011 (A 1.1, tab.1.1). Subiectul legității oscilațiilor ciclice ale componentelor radiației solare și-a găsit soluționare prin aplicarea curbelor integrale normate (a se vedea cap. 2).

În același timp, un alt masiv mare de informație climatică inițială (valorile medii lunare și anuale ale temperaturilor și precipitațiilor) au fost preluate din [113, 114, 115].

Datele despre precipitațiile anuale se generalizează inițial începând cu 1891 până în 1964. În această perioadă pe teritoriul Republicii Moldova funcționau peste de 100 puncte de observații

asupra precipitațiilor. Ulterior rețeaua de monitoring s-a micșorat și, în anul 2010, conform SHS, era reprezentată de 18 stații și 61 de posturi meteorologice (fig. 1.2).

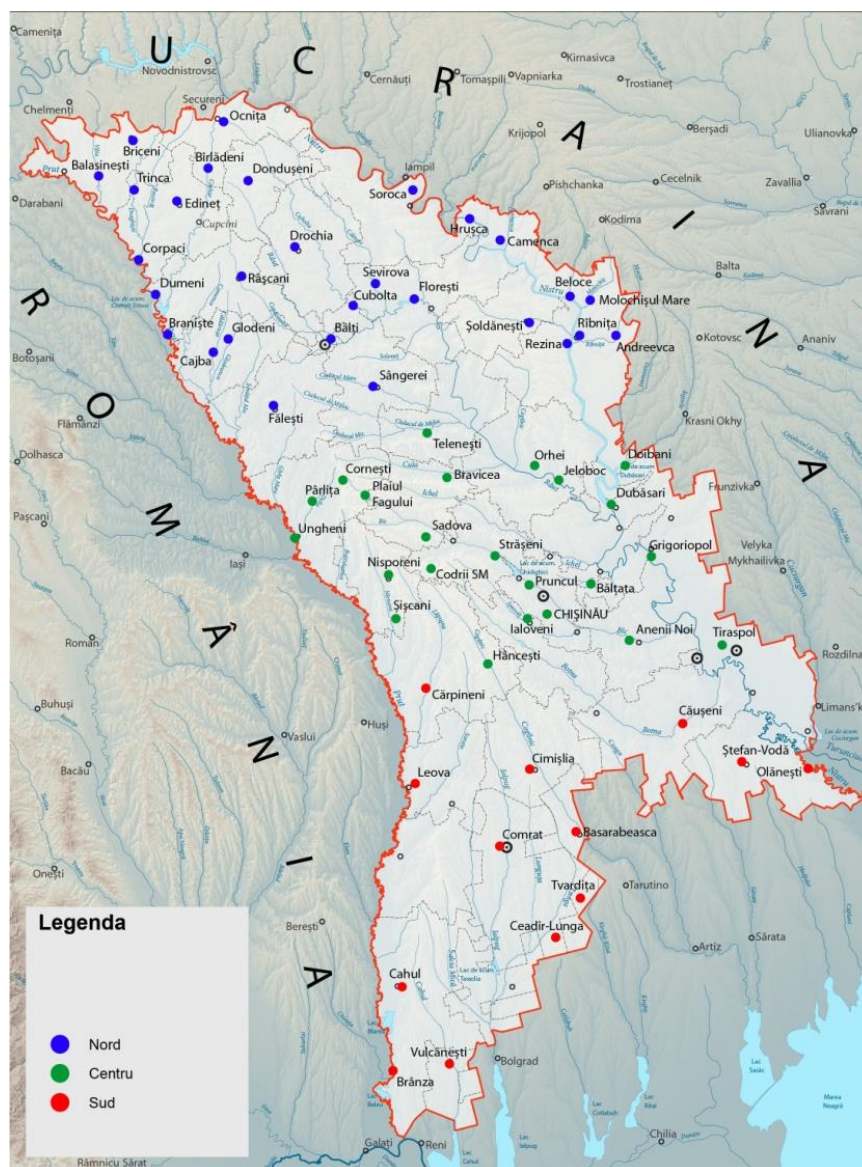


Fig. 1.2. Repartiția stațiilor și posturilor meteorologice pe teritoriul Republicii Moldova, anul 2010

Datele cu informația pentru perioada ultimilor 20 ani sunt stocate numai în arhivele SHS. Ele doar parțial sunt prezentate pe pagina web a SHS (<http://meteo.md/>). În afară de aceasta Biroul național de Statistică a Republicii Moldova publică anual o serie de buletine statistice [2, 16], în care sunt prezentate informații despre temperaturile medii lunare și anuale ale aerului și precipitațiile atmosferice la stațiile meteorologice Briceni, Chișinău și Cahul.

În prezenta lucrare s-au sistematizat datele de la rețeaua de monitoring meteorologic pentru trei regiuni geografice cu aproximativ aceeași suprafață și poziție geografică în limitele ariilor din nordul, centrul și sudul țării (tab. 1.1).

Tabelul 1.1

Starea actuală a sistemului de monitoring a precipitațiilor atmosferice în Republica Moldova

Regiunea	Suprafața, km ²	Tipul rețelei	Numărul punctelor de observații asupra precipitațiilor cu durată în ani					Densitatea rețelei, km ² /punct
			sub 30 ani	31-60	61-90	91-120	total	
Sud	10258	Stații	1	–	4	–	5	603
		Posturi	6	3	3	–	12	
Centru	12900	Stații	1	2	3	1	7	379
		Posturi	11	11	5	–	27	
Nord	10680	Stații	–	1	4	1	6	381
		Posturi	3	13	6	–	22	
Total	33839	Stații + posturi	22	30	25	2	79	428

Datele acumulate despre radiația solară, precipitațiile atmosferice și temperatura aerului, după o analiză critică și prelucrare specială, au servit ca suport pentru studierea componentelor bilanțului termic și hidric al regiunilor peisagistice din Republica Moldova.

Analizând rezultatele prezentate în tabelul 1.1 constatăm că densitatea rețelei de monitoring meteorologic, adică un punct în medie reprezintă o suprafață de 428 km². Această suprafață crește aproape de 1,5 ori în sudul țării, fapt ce ne demonstrează gradul insuficient de monitorizare a parametrilor climatici în regiunea de Sud. Principiile de apreciere a veridicității datelor precipitațiilor atmosferice în scopul generalizărilor spațiale și temporale vor fi analizate în capitolul 2.

Sistemul de monitoring hidrologic utilizat în studiul resurselor de apă. Pentru realizarea lucrării a apărut necesitatea generalizării materialelor multianuale disponibile la rețelele de monitoring național ale Republicii Moldova, României și Ucrainei. În anul 2010 pe râurile din Republica Moldova funcționau 47 puncte de observații, inclusiv 30 posturi de debite și 10 – măsurători de nivel, precum și 7 posturi de lac (A 1.2). Rețeaua posturilor de debite reprezintă în medie 1127 km² pentru un post hidrometric. În ultimii ani rețeaua de posturi continuă să se lărgască. În acord cu realizarea mai multor proiecte internaționale în anii 2012-2013, de rând cu posturile automatizate din bazinul Nistrului, au fost deschise încă 11 posturi hidrometrice automatizate pe râul Prut.

Ținând cont de faptul că teritoriul Republicii Moldova este situat predominant în limitele interfluviului Nistru-Prut, adică ocupă o suprafață din aceste bazine, pentru o analiză integrală a proceselor de formare a resurselor de apă în bazinele râurilor din Republica Moldova s-au utilizat și materialele hidrologice din bazinele de recepție ale râurilor din România (10 posturi) și Ucraina (16 posturi). Astfel, în prezenta lucrare a fost folosită baza de date pentru *Principalele*

suprafeței bazinelor de recepție de la 60 la 7100 km², la fel și scurgerea intermediară a fl. Nistru pe sectorul dintre posturile hidrometrice Zaleshiki și Bender (Tighina), raportată la perioada multianuală 1881-2010.

2.2. Principiile metodice de apreciere a scurgerii climatice

Determinarea resurselor hidrotermice ale climei și echivalentului evaporării maxime posibile. Pentru mediul natural este specifică o stare de echilibru permanent în aportul și pierderile de căldură¹, de aceea legea bilanțului se descrie prin ecuația bilanțului termic care, pentru un interval mediu multianual anumit (anual) se prezintă astfel:

$$R = (S_1 + S_2) \cdot (1 - \alpha) - I_a = LE + A + F + C \pm P \pm B, \quad (2.1)$$

unde R – bilanțul de radiație; $(S_1 + S_2)$ – radiația globală (S_1 – radiația directă și S_2 – radiația difuză); α – albedo suprafeței terestre; I_a – iradierea efectivă a atmosferei; LE – căldura consumată la evaporarea apei, topirea zăpezii și gheții; A – transportul căldurii de către curenții de aer și maritimi; F – consumul căldurii pentru fotosinteză; C – consumul căldurii la pedogeneză și dezagregarea rocilor; P – schimbul termic al suprafeței terestre cu aerul; B – schimbul termic al suprafeței terestre cu solul și rocile.

Ecuația (2.1) poate fi alcătuită pentru orice regiune geografică și interval de timp. Referitor la analiza comună a bilanțului termic și hidric ea, ca regulă, se înscrie în formă simplistă [80]:

$$R^+ + P^+ + (B_1 - B_2) = LE + P^- + J_H - LE_K. \quad (2.2)$$

Aici R^+ – componenta pozitivă a bilanțului de radiație, egală cu diferența dintre radiația globală de undă scurtă a Soarelui și bilanțul radiației terestre de undă lungă a scoarței terestre minus radiația atmosferică în perioada luminoasă a zilei și în amurguri; P^+ – componenta pozitivă a căldurii turbulente (căldura de advecție); $(B_1 - B_2)$ – schimbul de căldură în stratul activ al solului; J_H – iradierea de undă lungă a scoarței terestre în orele de noapte; LE_K – căldura de condensare a vaporilor de apă din aer pe elementele scoarței terestre.

Conform [80] fluxul general de radiație solară, care ajunge la limita superioară a atmosferei este egal cu aproximativ 1000 Kcal/cm²/an. Datorită formei sferice a Pământului, la limita superioară a troposferei ajunge în medie doar a patra parte din această energie. Ținând cont de capacitatea de reflecție (albedo) a atmosferei, la limita superioară a atmosferei ajunge 167 Kcal/cm²/an radiație de undă scurtă (constanta solară).

¹ În calitate de unități de măsură a cantității de căldură de la radiația solară pe o unitate de suprafață (cm² sau m²) sunt acceptate joulii (J) sau caloria internațională (cal). 1 Cal = 4,1868 J, rotunjit 4,19 J. 1 kilocalorie (kcal) = 1000 cal sau 4,19 kJ. 1 megacalorie (Mcal) = 10⁶ cal sau 1 megajoule (MJ). 1 cal/cm²/min = 0,698 kVt/m².

O analiză completă a variabilității anuale a valorilor radiației solare globale Q , a bilanțului de radiație R_C și duratei strălucirii soarelui S , a fost realizată pentru datele stației actinometrice de reper Chișinău, prezentate în A 2.1-2.3 pentru toată perioada de observații din 1960 până în 2011.

Pentru restabilirea datelor ce lipsesc în unii ani (Q și R_C) sumele lor anuale au fost apreciate prin ecuațiile (2.3) și (2.4), cu utilizarea graficilor funcției cu durata strălucirii soarelui S , aproximarea analitică a căroră se prezintă prin ecuațiile:

a) pentru radiația globală

$$\bar{Q} = 2,07 \cdot \bar{S}, \text{ MJ/m}^2; \quad (2.3)$$

b) pentru bilanțul de radiație

$$\bar{R}_C = 2,07 \cdot \bar{S} - 718, \text{ MJ/m}^2; \quad (2.4)$$

Coeficientul de corelare ale ecuațiilor prezentate este $R^2=0,96$, ceea ce indică o siguranță mare a veridicității lor.

Aceasta a permis suplimentar, de a calcula, prin (2.3) și (2.4), valorile medii multianuale ale radiației globale și bilanțului de radiație (datele sunt indicate prin cursiv). pentru 14 stații, unde nu se realizează observații asupra componentelor bilanțului de radiație. Rezultatele calculelor sunt prezentate în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1

Componentele bilanțului termic racordate la o perioadă unică 1960-2010

Nr.	Stația	Durata strălucirii soarelui $\bar{S}$, ore	Componentele bilanțului de radiație MJ/ cm ² /an	
			Radiația globală, Q	Bilanțul de radiație, R_C
1	Briceni	1951	4039	1526
2	Râbnita	1984	4107	1564
3	Bălți	1954	4045	1530
4	Dubăsari	2031	4204	1696
5	Bălța	2154	4459	1757
6	Chișinău	2140	4355	1682
7	Tiraspol	2084	4314	1747
8	Cahul	2211	4577	1822
9	Iași	1990	4141	1596
10	Galați	2242	4642	1857
11	Constanța	2290	4757	1991
12	Nova Ushytsia	1880	3926	1463
13	Cernăuți	1840	3810	1400
14	Vinnitsia	1895	3922	1463
15	Odessa	2211	4531	1818
17	Bolhrad	2190	4600	1734
18	Vylkove	2240	4638	1855
19	Uman	1942	4020	1516
20	Nizhnyi	1853	3836	1415

În conformitate cu modelele cartografice (fig. 2.1 și 2.2) componentele radiației solare scad de la sud-vest spre nord, și corespund repartiției zonale a valorilor componentelor radiației solare, generalizate pentru tot teritoriul Europei [101]. Aceasta permite realizarea în continuare a generalizării materialelor bilanțului radiației pentru determinarea caracteristicilor zonale ale bilanțului de apă și, în particular, a scurgerii climatice pe teritoriul Republicii Moldova.

Procesul schimbului termic al suprafeței terestre pentru orice regiune geografică, după cum a fost menționat anterior, se descrie prin ecuația (2.2). Partea stângă a acestei ecuații, caracterizează resursele limită de căldură, care sunt echivalente stratului maxim de evaporație în anumite condiții peisajere și în acord cu [76, 80] au primit denumirea de „**resurse climatice hidrotermice**” [76, 80], și se apreciază cu ajutorul ecuației (2.2):

$$LE_m = R_c^+ + P^+ + (B_1 - B_2). \quad (2.5)$$

De aici, pentru valorile medii multianuale, stratul maxim de evaporație se determină prin relația:

$$\bar{E}_m = \frac{\bar{R}_c^+ + \bar{P}^+ + (\bar{B}_1 - \bar{B}_2)}{L}. \quad (2.6)$$

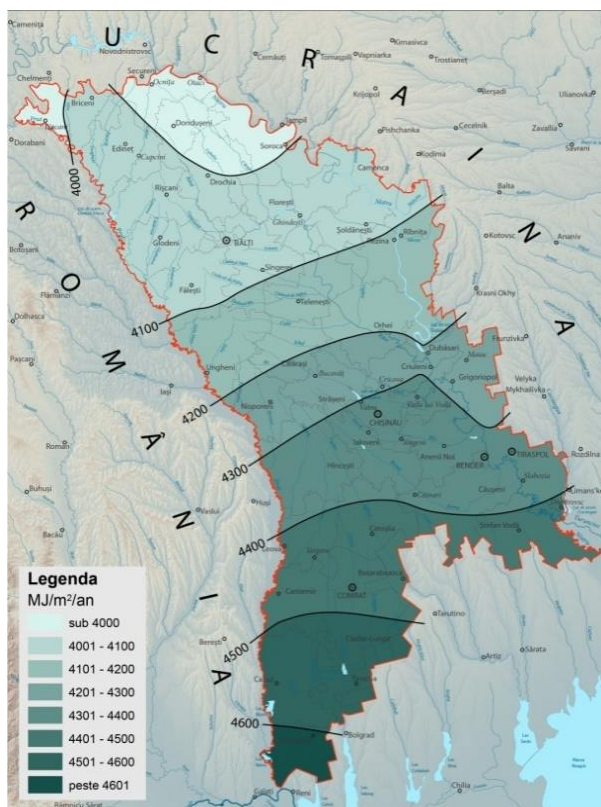


Fig. 2.1. Radiația globală

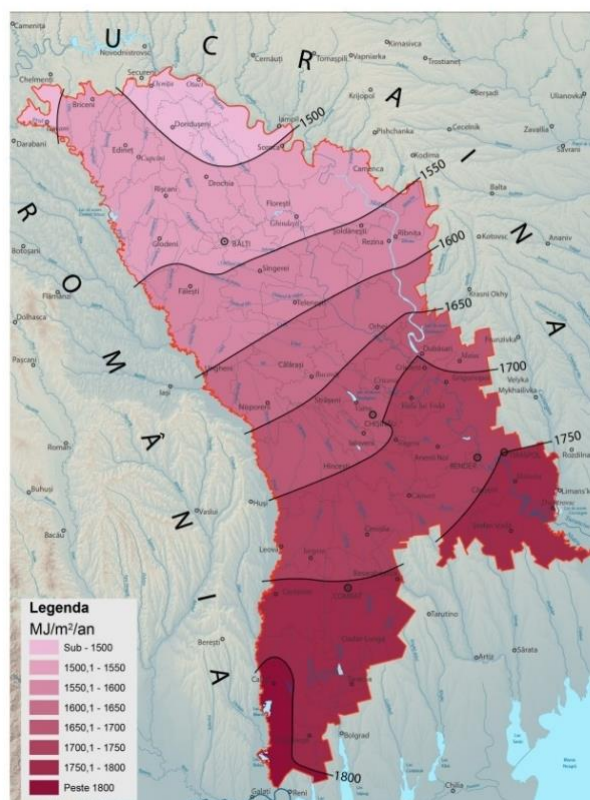


Fig. 2.2. Bilanțul de radiație

Este cunoscut, că variația rezervelor de căldură în stratul activ al solului pentru o perioadă multianuală se echivalează cu zero ($B_1 - B_2 = 0$) și atunci stratul limită de evaporație va fi:

$$\bar{E}_m = \frac{\bar{R}_c^+ + \bar{P}^+}{L} \quad (2.7)$$

Componenta pozitivă a bilanțului de radiație $\bar{R}_c^+$ se determină pentru acea parte a zilei, când bilanțul de radiație este pozitiv, adică timpul trecerii bilanțului de la valoarea zero dimineața până la momentul trecerii peste valoarea zero seara. În general, pentru perioada luminoasă a zilei valoarea $\bar{R}_c^+$ se generalizează în Îndrumarul climatic al Republicii Moldova și Ucrainei [80, 101] pentru o perioadă multianuală din 1960 până în 1975. Pentru rețeaua de stații analizată, rezultatele acestor generalizări sunt prezentate în tabelul 2.2.

Tabelul 2.2

Valorile lunare și anuale ale componentelor bilanțului de radiație (fără corecții) din datele [59, 80], MJ/m², mediate pentru perioada anilor 1960-1975

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	an
st. Nova Ushytsya												
17	46	138	264	318	373	373	310	218	105	34	21	2217
st. Chișinău												
34	63	176	277	335	394	419	369	260	159	46	25	2556
st. Odesa												
42	75	189	285	373	415	448	394	272	155	50	34	2732
st. Bolhrad												
38	80	176	251	348	385	423	344	243	155	54	38	2535

Analiza componentei pozitive anuale a bilanțului de radiație $\bar{R}_c^+$ a fost realizată pentru două perioade multianuale, fără a se ține cont de corecțiile la iradierea de undă lungă. Prima perioadă cuprinde datele din anii 1960-1975, care au fost publicate în Îndrumarele climatice ale Ucrainei [113] și Republicii Moldova [115], a doua – din 1960 până în 2010, utilizând datele de arhivă pentru stația Chișinău și materialele publicate în [109, 133].

Raportarea valorilor $\bar{R}_c^+$ la perioada de calcul (anii 1960-2010) s-a realizat în baza construcției graficului funcției $\bar{R}_c^+$ cu radiația globală $\bar{Q}$ (fig. 2.3), care se generalizează prin ecuația:

$$\bar{R}_c^+ = 0,558 \cdot \bar{Q}, (R^2=0,92) \quad (2.8)$$

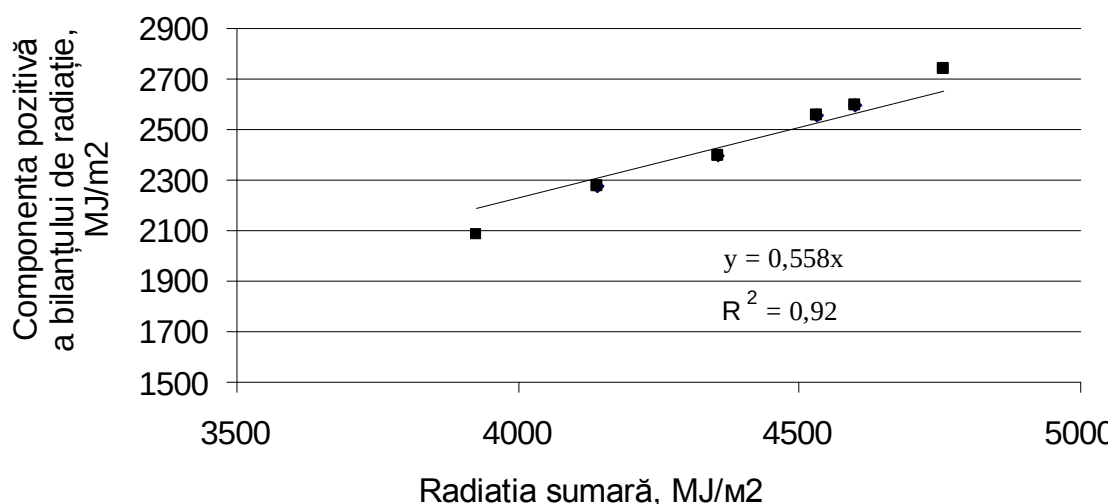


Fig. 2.3. Graficul funcției $\bar{R}_c^+$ cu radiația globală $\bar{Q}$

Datele prezentate în tabelul 2.3 denotă o diminuare nesemnificativă (sub 7%) a componentelor, bilanțului de radiație în a doua perioadă (1960 - 2010). Cauza dinamicii multianuale a bilanțului de radiație, după cum reiese din ecuația (2.9) este sporirea considerabilă a radiației efective, în special din partea luminoasă a zilei.

Tabelul 2.3

Rezultatele calculelor componentelor bilanțului de radiație pentru două perioade (fără corecții la radiația de undă lungă), MJ/m²

Stația	Datele generalizate pentru perioada anilor 1960-1975			Datele generalizate pentru perioada anilor 1960-2010			
	R_k	R_c	R^+	Q	R_k	R_c	R^+
Nova Ushytsya	3184	1814	2217	3926	3186	1750	2082
Chișinău	3792	2082	2556	4355	3528	1990	2394
Odessa	3960	2229	2732	4141	3683	2129	2557
Bolhrad	3628	2103	2535	4531	3368	2006	2372
Iași	—	—	—	4600	(3354)	(1889)	(2311)
Constanța	—	—	—	4757	(3846)	(2300)	(2654)

În [114,123] se confirmă că suma componentei pozitive a bilanțului de radiație, calculat prin metoda „trapezelor”, este comparabilă cu sumele obținute din datele înregistratorilor. De rând cu aceasta, în literatura [80, 104, ș. a.], există părerea, că datele din Îndrumarele climatice, din cauza tehnologiilor și instrumentelor diferite de realizare a observațiilor (după dispozitive instantanee și de înregistrare automată, la extrapolarea valorilor dintre termenii de observație) sunt aproximative. Din aceste considerente la datele prezentate în Îndrumare trebuie de introdus corecții la erorile măsurătorilor bilanțului de radiație și iradierea efectivă de pe suprafața activă.

La suprafața terestră ajunge doar o parte din radiație, care reprezintă diferența dintre radiația de undă scurtă $\bar{R}_k$ și radiație efectivă $\bar{E}_{ef}$:

$$\bar{R}_c = \bar{R}_k - \bar{E}_{ef}. \quad (2.9)$$

De aici:

$$\bar{E}_{ef} = \bar{R}_k - \bar{E}_c^+. \quad (2.10)$$

În același timp, valoarea $\bar{E}_{ef}$ reprezintă suma iradierii de undă lungă ziua și noaptea:

$$\bar{E}_{ef} = \bar{E}_z - \bar{E}_n. \quad (2.11)$$

Corecțiile la valorile iradierii de undă lungă pentru prima perioadă au fost luate din lucrările [47, 101]. Conform acestor date, erorile sumelor anuale ale bilanțului de radiație și ale radiației efective pot constitui 15-20%. Deci, conform expresiei (2.11), aceste corecții trebuie de introdus și la $\bar{E}_n$ și la $\bar{E}_z$.

Radiația de undă lungă în orele de noapte $\bar{E}_n$ se determină ca o diferență dintre componenta pozitivă a bilanțului de radiație $\bar{R}^+$ și bilanțul de radiație $\bar{R}_c$. Radiația de undă lungă în orele de zi $\bar{E}_z$ se determină din expresia (2.11) ca diferență dintre radiația efectivă $\bar{E}_{ef}$ și radiația de noapte $\bar{E}_n$.

Valoarea schimbului termic turbulent $\bar{P}'^+$, se determină cu utilizarea relației [52]:

$$\bar{P}'^+ = 285 - 0,082\bar{R}'_c. \quad (2.12)$$

Aici $\bar{R}'_c$ reprezintă valoarea corectată a mediei multianuale a bilanțului de radiație.

În final, valoarea globală a radiației ($\bar{R}'^+ + \bar{P}'^+$), după efectuarea corecțiilor radiației efective, utilizând relația (2.7), ne-a permis să apreciem valoarea veridică a echivalentei **resurselor climatice hidrotermice**, adică evaporația potențială E'_m la utilizarea resurselor termice generale a suprafeței terestre (tab. 2.4).

Tabelul 2.4

Rezultatele determinării componentelor bilanțului de radiație la stațiile actinometrice de reper reprezentative pentru Republica Moldova

Stația	Valorile corectate ale componentelor racordate ținând cont de corecțiile la iradierea de undă lungă, MJ/m ²						Durata strălucirii soarelui, S, ore	$\sum_v^{\text{IX}} t$
	$\bar{E}_{ef}$	$\bar{R}'_c$	$\bar{R}'^+$	$\bar{P}'^+$	$\bar{R}'^+ + \bar{P}'^+$	E'_m , mm		
1	2	3	4	5	5	6	7	8
Nova Ushytsya	1723	1463	1861	165	2026	810	1880	85,1
Chișinău	1846	1682	2167	147	2314	925	2140	95,1
Odesa	1865	1818	2332	136	2468	987	2211	94,2
Bolhrad	1634	1734	2173	143	2316	926	2190	96,3
Iași	1758	1596	2102	154	2256	902	1990	91,6
Constanța	1855	1991	2416	122	2538	1015	2290	97,6

Problema veridicității datelor generalizării spațiale a echivalentului resurselor termoeenergetice climatice E'_m la un număr limitat de stații actinometrice pe teritoriul Republicii Moldova necesită un studiu special. Din aceste considerente, în lucrarea [5], se propune de a determina funcția echivalentului E'_m , utilizând suma temperaturilor medii anuale ale aerului în perioada caldă a anului, și, presupunând, că radiația solară condiționează direct regimul termic al teritoriului. Astfel, pentru teritoriul Ucrainei și Republicii Moldova Gopcenco E.D. și Loboda Natalia [47, 76], propun o funcție empirică regională, care se descrie prin ecuația:

$$\bar{E}_m = 13,3 \cdot \sum_V^{IX} \bar{t}_m - 307, \quad (2.13)$$

unde t_m - valoarea medie lunară multianuală a temperaturii aerului din perioada caldă a anului (lunile V-IX).

Compararea rezultatelor calculelor prin formula (2.13) cu datele observațiilor de-facto la stațiile actinometrice nominalizate (tab. 2.5 și fig. 2.5) indică, că coeficientul de corelare R^2 aici nu depășește 0,78, fapt ce, în esență, corespunde limitei inferioare de aplicare a formulei (2.13) pentru calculele practice. Menționăm, că conform ecuației (2.13) la $\sum_V^{IX} t \rightarrow 0$ atunci $\bar{E}_m$ nu tinde către zero, dar obține valoarea egală cu 307, adică în esența sa nu se respectă sensul fizic al ecuației.

Tabelul 2.5

Rezultatele aprecierii componentelor radiației solare și ale echivalentului evaporației maxime

Stația	Durata strălucirii soarelui, S, ore	Radiația globală, Q, MJ/m ²	$\sum_V^{IX} t \sum_V^{IX} \bar{t}_m$	Componentele bilanțului de radiație, cu corecțiile la evaporarea de undă lungă, MJ/m ²		E'_m , mm
				$\bar{R}_c^+$	$\bar{R}'^+ + \bar{P}'^+$	
1	2	3	4	5	6	7
Briceni	1951	4039	85	1526	2138	855
Râbnita	1984	4107	92	1564	2174	870
Bălți	1954	4045	92	1530	2142	857
Dubăsari	2060	4204	96	1696	2258	903
Bălțata	2100	4459	93	1757	2302	921
Chișinău	2140	4355	95	1682	2314	926
Tiraspol	2145	4314	96	1747	2351	940
Cahul	2211	4577	96	1822	2423	969
Iași	1990	4141	92	1596	2256	902
Galați	2242	4642	96	1857	2457	983
Constanța	2290	4757	98	1991	2538	1015
Nova Ushytsia	1880	3926	86	1463	2026	810
Cernăuți	1840	3810	81	1400	2017	807
Vinnytsia	1895	3922	81	1463	2077	831

Tabelul 2.5 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7
Odesa	2211	4531	94	1818	2423	969
Bolhrad	2190	4600	96	1734	2400	960
Vylkove	2240	4638	95	1855	2455	982
Uman	1942	4020	85	1516	2128	851
Nizhnyi	1853	3836	80	1415	2031	812

În acest aspect un model mai argumentat poate fi funcția dintre echivalentul $\bar{E}_m$ și durata strălucirii soarelui S , prezentată în fig. 2.6. În primul rând aceste două funcții sunt destul de sigure și, în al doilea rând, ceea ce este foarte important, se respectă sensul fizic corespunzător. Aproximarea analitică a funcțiilor obținute poate fi prezentată prin ecuațiile:

pentru echivalentul resurselor hidrotermice:

$$R^+ + P^+ = 1,10 \cdot S, R^2 = 0,98 \quad (2.14)$$

pentru echivalentul evaporației maxime:

$$\bar{E}_m = 0,439 \cdot S, R^2 = 0,98 \quad (2.14a)$$

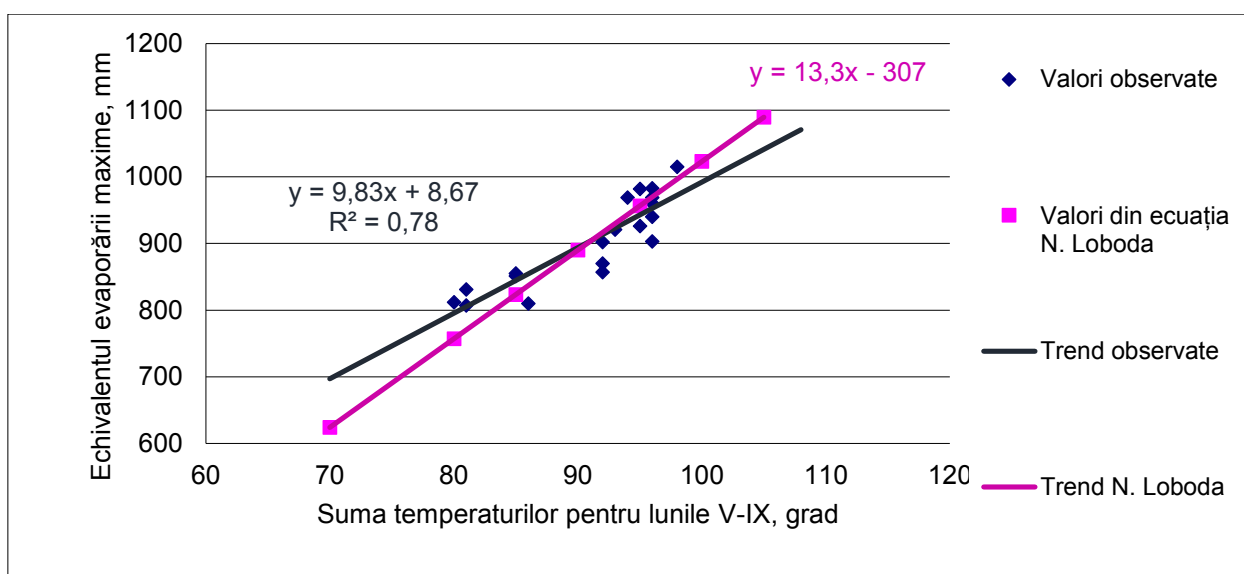


Fig. 2.5. Graficul comparării valorilor de-facto ale echivalentului evaporației maxime cu datele din formula 2.13

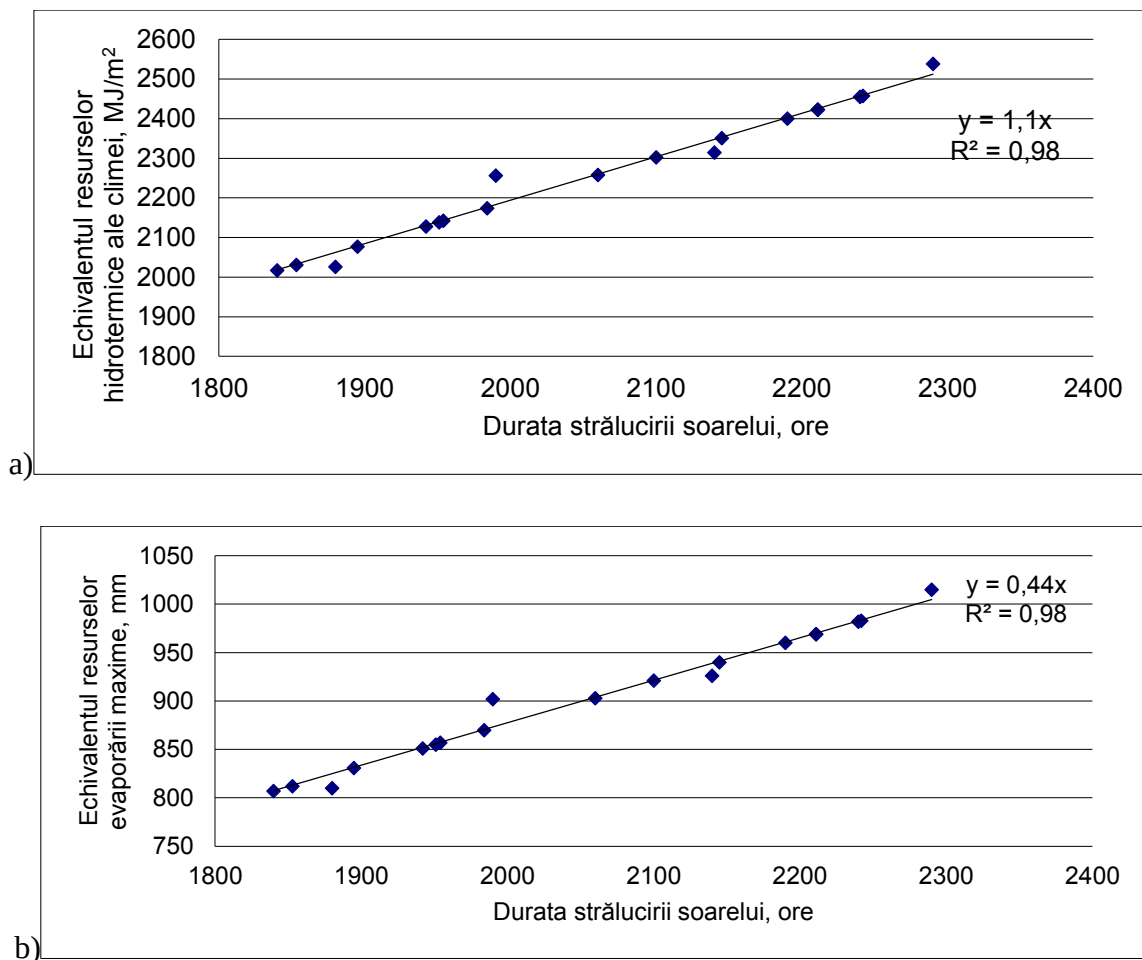


Fig. 2.6. Funcția echivalentului evaporației maxime pe durata strălucirii soarelui: a) echivalentul resurselor hidrotermice ale climei ($\bar{R}'^+ + \bar{P}'^+$); b) echivalentul evaporației maxime E'_m .

Ținând cont de veridicitatea apreciabilă a valorilor apreciate cu utilizarea formulelor (2.14 și 2.14a), apare posibilitatea, în baza argumentului principal (durata strălucirii soarelui, fig. 2.7) și a valorii solicitate a echivalentului evaporației maxime (fig. 2.8), de a elabora modelul cartografic respectiv.

În final, pentru orice teritoriu interesat, în baza modelelor cartografice nominalizate (fig. 2.7. și 2.8), prin aplicarea tehnologiilor SIG, putem determina valoarea duratei strălucirii soarelui și, respectiv, a echivalentului evaporației maxime E'_m .

Valorile acestor parametrii au fost apreciate și pe regiuni peisagistice, rezultatele fiind prezentate în A 2.4 și se generalizează în fig. 2.9. Conform acestor date, valorile generalizate pe regiuni peisajere variază de la 851 mm (A1) până la 968 mm (F2), la o normă de 884 (tab. 2.6).

Tabelul 2.6

Parametrii statistici ai echivalentului evaporației maxime

Parametrii statistici	$\bar{E}_m$, mm
Numărul bazinelor de recepție	40
Valorile medii, mm/an	884
$\sigma_{x(F)}$, mm	36
ρ_x , mm	30
$\mu \leq \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1,25$	1,20

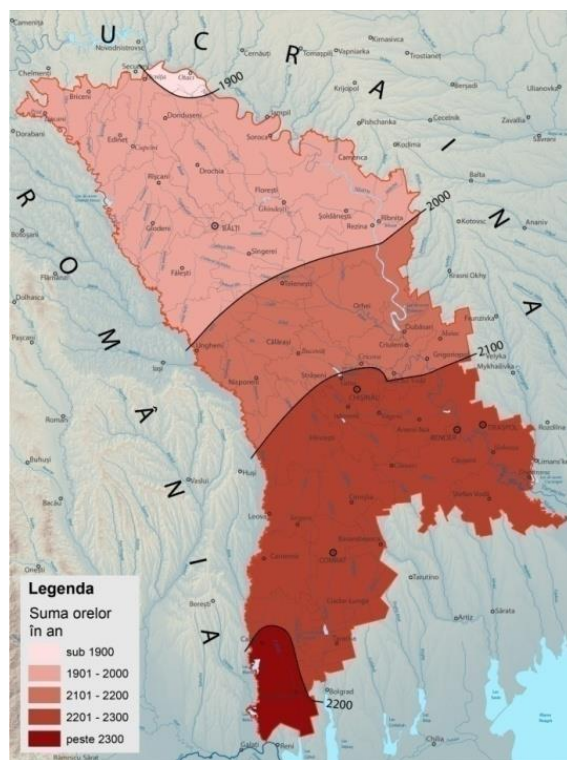


Fig. 2.7. Durata strălucirii soarelui, ore

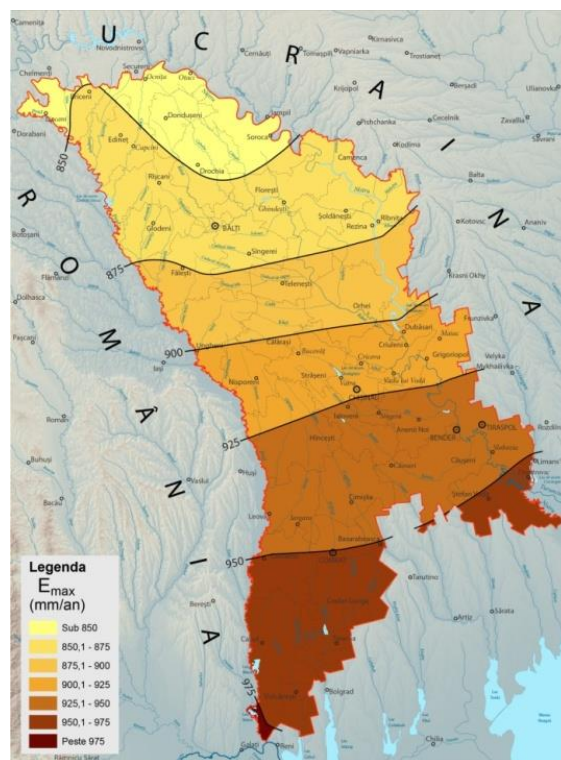


Fig. 2.8. Echivalentul evaporației potențiale,

Adițional a fost realizată aprecierea $\bar{E}_m$ pentru bazinele de recepție monitorizate de SHS, care sunt prezentate în A 2.5. Analiza legităților de repartitie spațială a echivalentului $\bar{E}_m$ pe teritoriul Republicii Moldova s-a realizat prin aplicarea criteriului (2.15).

Ținând cont de variabilitatea slabă pe teritoriul Republicii Moldova a **resurselor climatice hidrotermice** ($\bar{R}'^+ + \bar{P}'^+$) și a **echivalentului evaporației potențiale** $\bar{E}_m$, este posibilă determinarea criteriilor admisibile de generalizare spațială a acestor parametri, atât pentru bazinele

de recepție studiate, cât și pentru anumite regiuni peisajere. Aceasta se confirmă prin utilizarea coraportului corelațional:

$$\varepsilon_f = \frac{\sigma_x}{\rho_x}, \quad (2.15)$$

unde σ_x – abaterea medie pătratică a parametrului dat pe teritoriul studiat; ρ_x – valoarea medie aritmetică a abaterii parametrului respectiv pe același teritoriu.

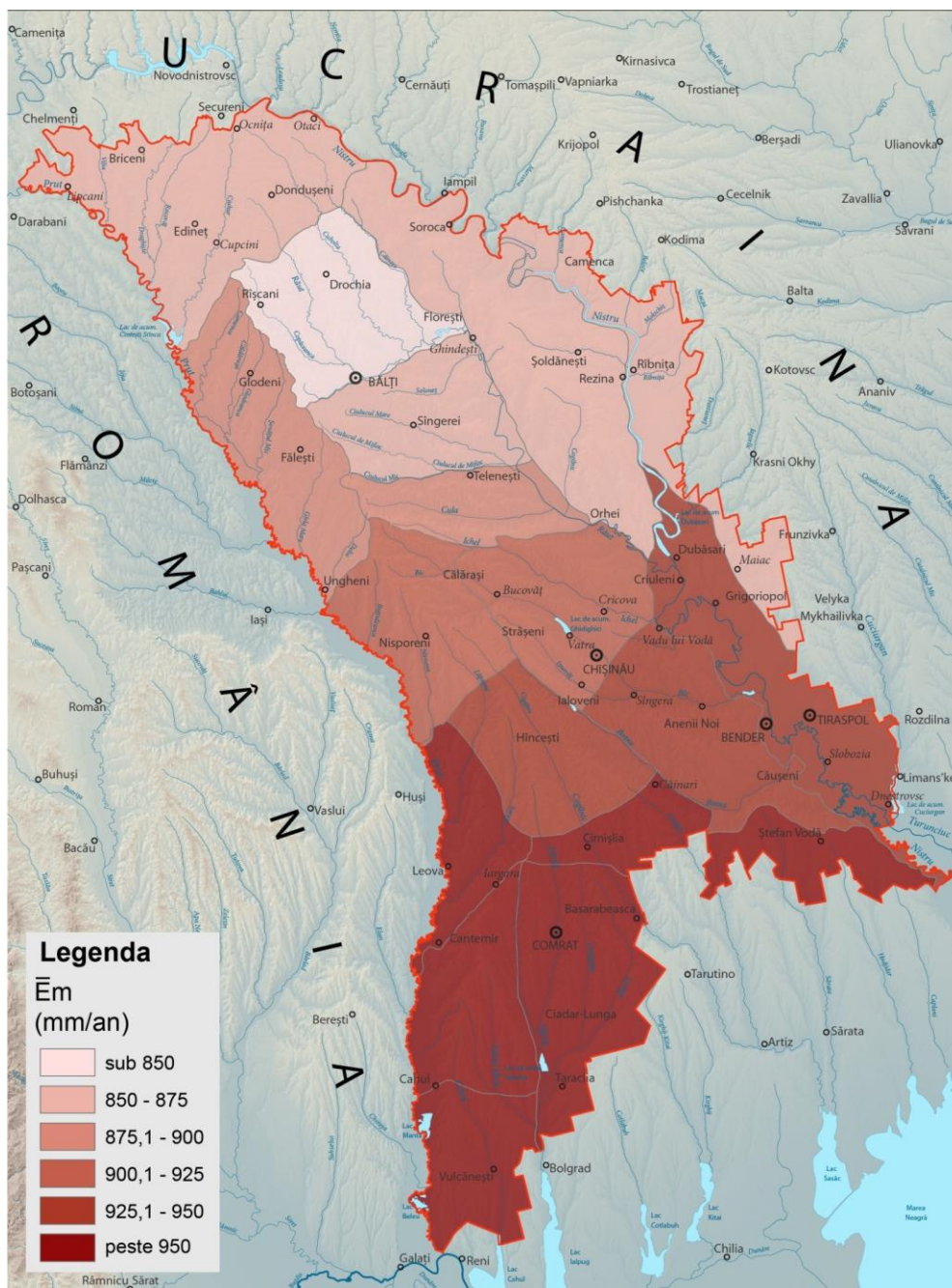


Fig. 2.9. Valorile echivalentului evaporației potențiale, $\bar{E}_m$ pe regiuni peisagistice

În cazul nostru, echivalentul evaporației maxime de pe suprafața uscatului din teritoriul studiat se supune legii repartiției normale, fapt ce se demonstrează prin ecuația [47]:

$$\varepsilon_x \leq \sqrt{\pi/2} = 1,25. \quad (2.16)$$

La respectarea acestei inegalități, valoarea medie a parametrului solicitat pentru bazinul de recepție respectiv (regiune) poate fi acceptată drept valoare de calcul. Rezultatele determinării criteriului ε_x din formula (2.16) pentru parametrii statistici ai echivalentului evaporației potențiale, sunt prezentate în tabelul 2.6.

În caz de necesitate a unei aprecieri aproximative a valorii $\bar{E}_m$ din teritoriul dat, valoarea $\bar{E}_m$ poate fi acceptată ca fiind egală cu 884 mm anual cu o eroare medie de $\pm 6,0$ mm.

Aprecierea resurselor de umiditate ca component al bilanțului hidrotermic al peisajelor. Pentru studierea spațială și temporală a sumelor precipitațiilor, ca un echivalent al umidității peisajelor, s-a folosit informația de la toată rețeaua de monitoring meteorologic, datele observațiilor multianuale de la 78 de stații și posturi de pe teritoriul Republicii Moldova. De obicei, în acord cu recomandările [29] la valorile măsurate ale precipitațiilor medii lunare se adaugă corecții la umezirea vasului de colectare, spulberare de către vânt și evaporarea din vas.

Analiza legităților variației valorilor anuale de precipitații în timp și spațiu cere o informație multianuală completă, care ar include datele observațiilor pe o perioadă de ani care ar cuprinde fazele umede și cele aride, sau cicluri de umiditate finite [40].

Dacă admitem că un post meteorologic reprezintă o suprafață de 428 km², care reprezintă un cerc cu raza R_x , în centrul căruia se află punctul meteorologic, atunci valoarea acestei raze este egală cu jumătate din distanța L_x dintre punctele de observații:

$$\frac{L_x}{2} = R_x = \sqrt{\frac{f_x}{\pi}}, \quad (2.17)$$

unde f_x - suprafața reprezentativă a densității punctelor meteorologice din regiunile date, prezentată în tab. 1.2. În acord cu aceste date, valoarea $\frac{L_x}{2}$, calculată după formula (2.17) va fi: pentru regiunea de sud – 14 km; pentru centru și nord – respectiv câte 11 km; în medie pe Republica Moldova această valoare fiind de 12 km.

Extrapolarea straturilor medii anuale la jumătate din distanța dintre punctele de observații are generează anumite erori, aprecierea cărora este posibilă printr-o analiză specială și prelucrare a materialelor observațiilor multianuale.

Aprecierea omogenității șirurilor cronologice ale precipitațiilor anuale ca bază pentru precizia modelărilor cartografice. Aprecierea numerică a erorilor valorii inițiale măsurată a oricărui element hidrometeorologic, la medierea lor spațială sau temporală, se utilizează două caracteristici adimensionale [13].

Măsura relativă a erorii aleatorii ($\eta_{\Delta X}$), care depinde de variabilitatea în spațiu și timp a elementului studiat (x_i), exprimată în părți (sau procente) din eroarea datelor inițiale (măsurate) $\sigma_{\Delta X}$ și abaterii medii pătratice empirice (selective) σ_X , adică:

$$\eta_{\Delta X} = \frac{\sigma_{\Delta X}}{\sigma_X}. \quad (2.18)$$

Valoarea relativă a erorii medii pătratice se determină din formula:

$$\varepsilon_{\Delta X} = \frac{\sigma_{\Delta X}}{\bar{X}}. \quad (2.19)$$

Pentru analiza și aprecierea obiectivă a erorilor informației inițiale pentru suma precipitațiilor anuale se propune utilizarea funcției empirice de corelare spațială (FECS). Matricea valorilor coeficienților corelării pare $r(l_{jk})$ pentru perioada comună de observații s-a alcătuit prin utilizarea cunoscutelor softuri în baza ecuației:

$$r_{jk}(l_{jk}) = \frac{1}{N_{jk}-1} \sum_{i=1}^{N_{jk}} \left(\frac{X_{jk}-\bar{X}_j}{\sigma_j} \right) \cdot \left(\frac{X_{ki}-\bar{X}_k}{\sigma_k} \right), \quad (2.20)$$

unde $\bar{X}_j$ - valoarea medie aritmetică a precipitațiilor anuale la toate șirurile de observații; $\bar{X}_k$ - valoarea medie aritmetică a precipitațiilor anuale la punctele k ; σ_j și σ_k abaterile medii pătratice la toate șirurile și la cele cu perioadă comună de observații; N_{jk} - numărul de ani cu observații comune între punctele j și k .

Construcția FECS a sumei precipitațiilor a fost realizată la 51 puncte meteorologice, cu un volum de date selectate care depășesc 3000 puncte/an.

În baza calculelor realizate conform formulei (2.20) s-a alcătuit matricea coeficienților de corelare pare (A 2.6). Prin coeficienții empirici de corelare $r(l_{jk})$ și respectiv distanțelor (l_{jk}) dintre perechile j și k punctelor de observație s-au construit graficele funcției $r(l_{jk}) = f(l_{jk})$, care se numesc **funcție empirică de corelare spațială (FECS)**, prezentată în fig. 2.10, care respectiv caracterizează FECS pentru sumele anuale de precipitații în perioada caldă a anului (lunile V-IX).

Pentru generalizarea graficelor obținute s-au folosit diferite forme ale ecuațiilor de regresie. În cazul trendului liniar indicele R^2 s-a dovedit a fi mai mare comparativ cu trendurile logaritmice și exponențiale, chiar dacă dispersia punctelor aparent pare a fi mai mare. De aceea drept regresie veridică s-a utilizat regresia liniară, care corespunde naturii variabilității spațiale a precipitațiilor $\tilde{r}(l_{jk}) = f(l_{jk})$ și care se descrie prin formula:

$$\tilde{r}(l) = 0.81 - 0,0014l. \quad (2.21)$$

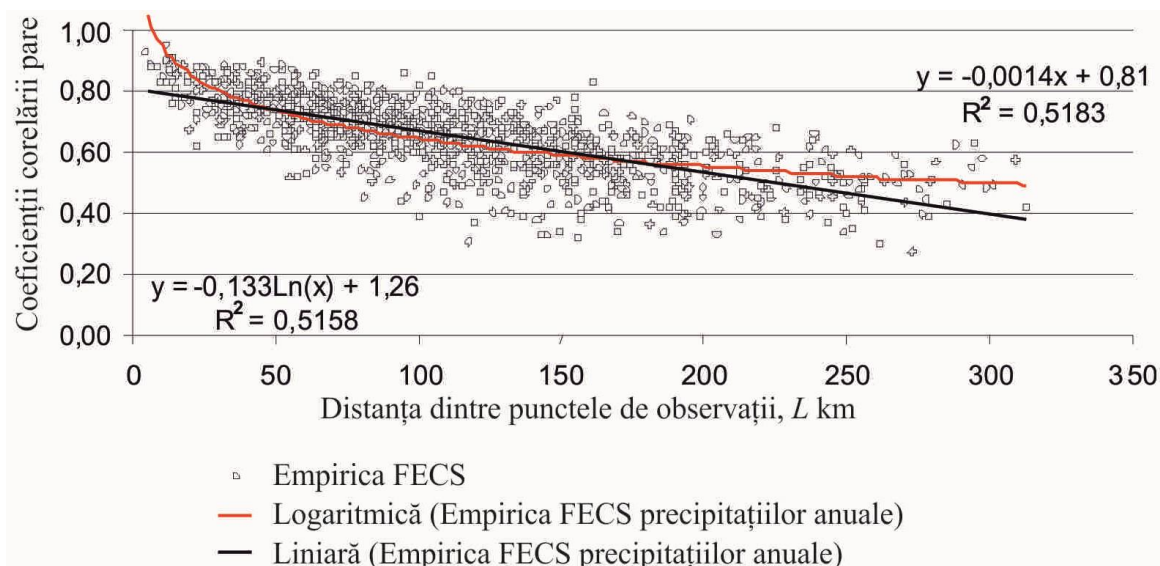


Fig. 2.10. Funcția corelării spațiale (FECS) a sumelor anuale de precipitații atmosferice

Se consideră că dispersarea punctelor în câmpul de coordonate este dependentă de erorile aleatorii ale observațiilor și condițiile microclimatice ale punctelor meteorologice. Deoarece erorile de la influența acestor factori la diferite stații nu pot fi considerate independente, atunci și evidența lor sumară poate fi determinată prin distanța extrapolată pe axa ordonatelor, egală cu $L \rightarrow 0$, adică $\tilde{r}(0)$. Din expresia (2.21) pentru suma anuală a precipitațiilor $\tilde{r}(0)$ constituie 0,81. În acest caz, măsura erorii aleatorii a datelor inițiale a observațiilor precipitațiilor $\eta_{\Delta x}$, în acord cu concluziile lui G.A. Alexeev [24], pentru sumele anuale de precipitații se determină prin formula:

$$\eta_{\Delta x} = \sqrt{1 - \tilde{r}(0)} = \sqrt{1 - 0,81} = 0,44. \quad (2.22)$$

Ajustarea funcției empirice de corelare (FECS) la cea teoretică sau corectată, se determină prin raportul:

$$\hat{r}(l) = \frac{\tilde{r}(l)}{\tilde{r}(0,81)} = 1 - 0,0017l \quad (2.23)$$

Astfel, ținând cont de expresiile (2.21-2.23) valoarea relativă a erorii medii pătratice ale datelor inițiale a precipitațiilor atmosferice $\varepsilon_{\Delta x}$, exprimată în părți din valoarea medie multianuală și indici variativi ai precipitațiilor atmosferice C_{Vx} , se determină prin ecuația:

$$\varepsilon_{\Delta x} = \eta_{\Delta x} C_{Vx}. \quad (2.24)$$

Rezultatele determinării $\varepsilon_{\Delta x}$ din formula (2.24) sunt prezentate în tabelul 2.7.

Parametrii statistici și erorile determinării precipitațiilor atmosferice pe teritoriul Republicii
Moldova

Caracteristica precipitațiilor atmosferice	Măsura erorii datelor inițiale, $\eta_{\Delta X}$, %	Intervalul valorilor C_{Vx}	Diapazonul erorilor medii pătrate, $\varepsilon_{\Delta X}$, %
Precipitații anuale	44	0,17-0,27	7,5-12,0

Este știut, că la aplicarea metodelor interpolării grafice și analitice spațiale a elementelor climatice sau hidrologice și a parametrilor săi, este normal de utilizat numai caracteristicile lor fizice care se schimbă neîntrerupt în timp. Dacă datele inițiale ale observațiilor depind de condițiile locale azonale, atunci apare necesitatea verificării statistice a uniformității lor. De regulă, se consideră că caracteristicile climatice (temperatura aerului, precipitațiile atmosferice) sunt elemente strict zonale și nu au nevoie de așa verificare. Noi credem că o așa verificare are sens științific, deoarece erorile interpolării spațiale depind de nivelul de studiu și densitatea concretă a punctelor de monitoring. Este important de determinat, ca erorile extrapolărilor teritoriale să nu depășească erorile datelor inițiale. În caz contrar, apare necesitatea divizării teritoriale a regiunii studiate în unități spațiale, pentru care se respectă cerințele omogenității.

Problema restabilirii omogenității șirurilor datelor de monitoring a precipitațiilor atmosferice rămâne a fi actuală în aspect regional, deoarece un masiv etalon de date pentru toată rețeaua de monitoring în Republica Moldova nu a fost încă definit.

Bazându-ne pe materialele inițiale obținute în aprecierea coeficienților corelării pare $r(l_{jk})$ (A 2.6), putem determina numărul tuturor perechilor posibile de puncte meteorologice, pentru care s-a alcătuit graficul FECS ale precipitațiilor atmosferice, prin expresia $\Delta^2 = \frac{51 \cdot 50}{2} = 1275$ perechi de puncte meteorologice. Graficul obținut a FECS și ecuația (2.21) se acceptă ca veridice, iar abaterile de la punctele empirice sunt condiționate de fluctuațiile aleatorii ale datelor selective. Această presupunere necesită o verificare a omogenității datelor statistice. Pentru controlul omogenității teritoriale a FECS în limitele teritoriului studiat am utilizat criteriul Fisher [24, 25].

Un interes deosebit, în aprecierea componentelor bilanțului hidrologic prezintă identificarea preciziei interpolării spațiale a parametrilor statistici ai sumelor anuale ale precipitațiilor atmosferice și valorilor sale probabiliste (quantile).

Dacă la extrapolarea funcției empirice de corelare (2.21) până la zero s-a admis o subestimare sau exagerare a parametrului $\tilde{r}(0)$, atunci în formula (2.22) măsura erorii datelor inițiale va fi subapreciată sau supraapreciată, adică nu va fi precisă. În acest caz, **măsura erorii sumare a interpolării** datelor inițiale imprecise la mijlocul distanței dintre punctele de observație se va determina prin expresia [24]:

$$\eta_{\Delta x} = \sqrt{1 - \frac{2\bar{r}^2\left(\frac{l}{2}\right)}{\bar{r}(0) + \bar{r}(l)}}, \quad (2.25)$$

iar măsura interpolării datelor corectate prin formula:

$$\eta_{\Delta x} = \sqrt{1 - \frac{2\bar{r}^2\left(\frac{l}{2}\right)}{\bar{r}(0)[\bar{r}(0) + \bar{r}(l)]}}. \quad (2.26)$$

Pentru ilustrarea aplicării practice a acestor ecuații prezentăm rezultatele aprecierii valorilor de interpolare a normelor precipitațiilor anuale la mijlocul distanței dintre punctele de observație.

Anterior s-a menționat, că, în conformitate cu densitatea contemporană a punctelor de monitoring a precipitațiilor atmosferice, distanța medie dintre ele constituie 12 km. Dacă această valoare o accepta ca bază, atunci aprecierea erorii interpolării la mijlocul distanței dintre puncte se poate realiza pentru o pereche arbitrară cu distanța reală între ele în limitele de 12 km.

Aprecierea valorilor relative ale erorii medii pătratice sumare de interpolare spațială la mijlocul distanței dintre punctele de observații în acord cu expresia (2.24) a fost determinată cu relația:

$$\varepsilon_{\Delta x} = C_v \sqrt{1 - \frac{2\bar{r}^2\left(\frac{l}{2}\right)}{\bar{r}(0) + \bar{r}(l)}}. \quad (2.27)$$

Aici C_v reprezintă coeficientul real al variației în timp în punctul extrem de interpolare la mijlocul distanței dintre două puncte de observație. Pentru un interval al variației dat, cel mai probabil, C_v (0,1-0,4) conform parametrilor stabiliți ai funcției spațiale de corelare și în acord cu (2.27) în tabelul 2.8 sunt prezentate rezultatele aprecierii erorii de interpolare la mijlocul distanțelor dintre punctele pluviometrice.

Valoarea erorii interpolării spațiale în intervalul distanțelor sub 40 km în diapazonul dat al C_v , după cum reiese din tab. 2.8, poate varia esențial de la 4% la peste 15%. De menționat, că eroarea interpolării crește mai intens paralel cu creșterea variației multianuale a precipitațiilor atmosferice, în raport cu creșterea distanțelor dintre punctele de monitoring.

Analiza realizată a erorii interpolării spațiale a caracteristicilor sumelor anuale de precipitații indică, că hărțile existente ale izoliniilor parametrilor statistici și normei precipitațiilor anuale în Republica Moldova, în mare măsură se alcătuiesc fără analiză și apreciere a măsurii erorii maxime în interpolarea dintre punctele de observații și erorilor medii pătratice ale interpolării la densitatea actuală a rețelei meteorologice de monitoring. Aceasta reprezintă un dezavantaj serios în modelarea cartografică a caracteristicilor hidroclimatice.

Tabelul 2.8

Erorile interpolării la mijlocul distanței dintre punctele pluviometrice

Distanța dintre puncte, l , km	Valoarea FECS		Măsura erorii interpolării, %		Erorile medii pătratice în % la C_v egal cu			
	$\tilde{r}(l)$	$\tilde{r}(l/2)$	din formula (2.25)	din formula (2.26)	0,10	0,20	0,30	0,40
Sumele medii multianuale a precipitațiilor atmosferice								
0	0,81	0,81	0,00	44	4,4	8,8	13,2	17,6
12	0,79	0,80	10,2	45	4,5	8,9	13,4	17,8
20	0,78	0,79	19,5	47	4,7	9,4	14,1	18,8
30	0,77	0,78	24,5	49	4,9	9,8	14,7	19,5
40	0,75	0,76	29,3	51	5,1	10,2	15,3	20,4

Analiza oscilațiilor ciclice ale sumelor precipitațiilor atmosferice. Pentru analiza particularităților variative și oscilațiilor ciclice ale sumelor anuale de precipitații atmosferice în limitele teritoriului Republicii Moldova, se folosesc stațiile meteorologice-analog de reper, care sunt reprezentative pentru condițiile de umiditate: în nordul țării – st. Soroca, în centru – st. Chișinău, în sud – st. Cimișlia, unde avem observații complete asupra precipitațiilor atmosferice; au fost analizate datele din 1890 până în 2012.

Datele de la aceste stații pot fi utilizate în calitate de analog, atât pentru racordarea informației despre precipitații la o perioadă care va conține cicluri finite de variație a umidității, cât și la aprecierea parametrilor statistici spațiali și temporari.

Pentru teritoriul Republicii Moldova subiectelor analizei schimbării multianuale a regimului precipitațiilor anuale au fost dedicate un șir de lucrări [9, 18, 19, 20, 50, 82, 103, 104, 133]. De exemplu, în lucrarea [103] în baza metodelor medierii selective (cu pasul 11 ani) s-a încercat vizual, în baza materialelor st. Chișinău (1845-1966), evidențierea ciclurilor complete cu o durată de 38 și 36 ani.

În continuare M. Daradur [50], analizând caracterul multianual al variabilității precipitațiilor anuale, conform datelor stației meteorologice Chișinău în perioada anilor 1981-1996, a identificat prezența a încă unui ciclu cu durata 43 ani, menționând că „... situația climatică contemporană în Republica Moldova se caracterizează printr-un nivel de umiditate mai înalt decât la sfârșitul secolului XX”.

Tot aici se menționează, că intensitatea medie a creșterii umidității în perioada de 105 ani constituie 0,55 mm/an, iar aceasta se exprimă prin majorarea valorilor precipitațiilor anuale cu 59 mm. La o prelucrare similară a precipitațiilor, dar pentru o perioadă de 120 ani (1890-2010), după

cum reiese din calculele noastre (fig. 2.11) sporirea umidității are loc cu o intensitate mai mare, atingând 1,2 mm/an și creșterea stratului de precipitații cu peste 140 mm. De menționat, că în perioada luată în calcul doar cu 15 ani, intensitatea de creștere a precipitațiilor anuale practic s-a dublat.

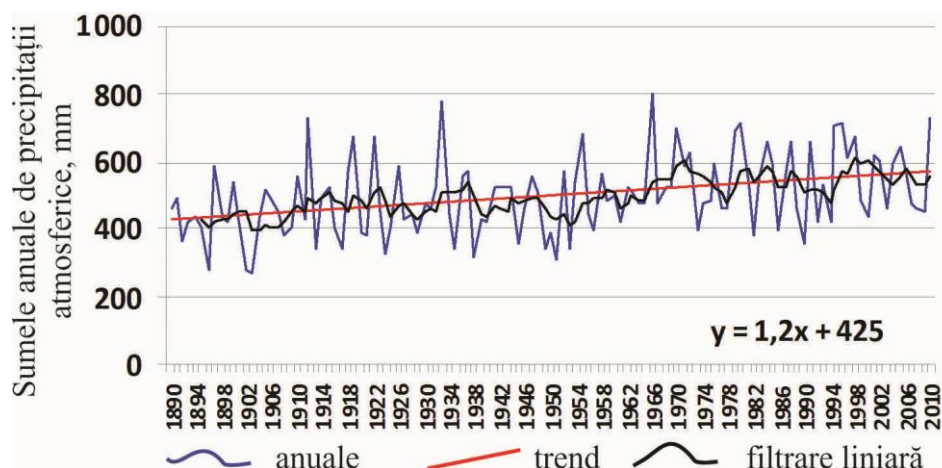


Fig. 2.11. Variația cronologică a sumelor anuale de precipitații atmosferice conform datelor observațiilor la st. Chișinău (1890-2010)

După cum s-a menționat anterior, un rezultat mai argumentat al analizei oscilațiilor multianuale a componentelor bilanțului hidric și termic poate fi obținut pe calea utilizării funcțiilor empirice de autocorelare și aprecierii lor spectrale, care se bazează pe teoria generală a proceselor stohastice [53]. Pentru valoarea aleatorie a precipitațiilor discretă în timp, cu o perioadă de observați de n ani, coeficientul de autocorelare se determină prin formula:

$$r(1) = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (X_i - \bar{X})(X_{i+1} - \bar{X})}{\sigma_X^2(n-1)}, \quad (2.28)$$

unde X_i - membrul șirului temporal de precipitații anuale; $\bar{X}$ - valoarea medie aritmetică; σ_X - standardul șirului inițial.

Măsura legăturilor liniare interne din șir, indică procesele nestăționare de oscilație a elementului studiat. Începutul acestei direcții în studierea oscilațiilor ciclice ale precipitațiilor atmosferice pe teritoriul Republicii Moldova a fost pusă în lucrarea menționată a lui M. Daradur [50]. Autorul acordă o atenție deosebită analizei transformărilor spectrale ale funcțiilor de autocorelare a precipitațiilor. Autorul conchide, că oscilațiile de frecvență înaltă cu o perioadă de 2-5 ani și cele cu frecvență joasă, cu perioada de 20-30 ani, cuprind până la 80% din dispersia șirului. În același timp, există părerea că spectrogramele șirurilor inițiale din punct de vedere a teoriei informației au o mare entropie [45], fapt ce caracterizează regularitatea slabă a procesului și capacitatea de rezoluție a spectrogramei [53].

În acest, context considerăm oportună realizarea analizei funcțiilor autocorelaționale empirice ale sumelor precipitațiilor anuale în limitele Republicii Moldova la trei stații meteorologice cu cele mai lungi șiruri de observații, situate în nordul, centrul și sudul țării (st. Soroca, st. Chișinău și st. Cimișlia). Șirurile sumelor anuale de precipitații sunt racordate la perioada multianuală 1890-2012, cu o lungime totală de 122 ani.

În indicațiile tehnice ale OMM [120] pentru analiza funcțiilor de autocorelare se recomandă aplicarea devierii, care nu depășește 1/3 din lungimea șirului studiat. Din aceste considerente, calculele coeficienților de autocorelare $r(\tau)$ au fost calculate cu o deviere maximă de $\tau=40$ ani (fig. 2.12).

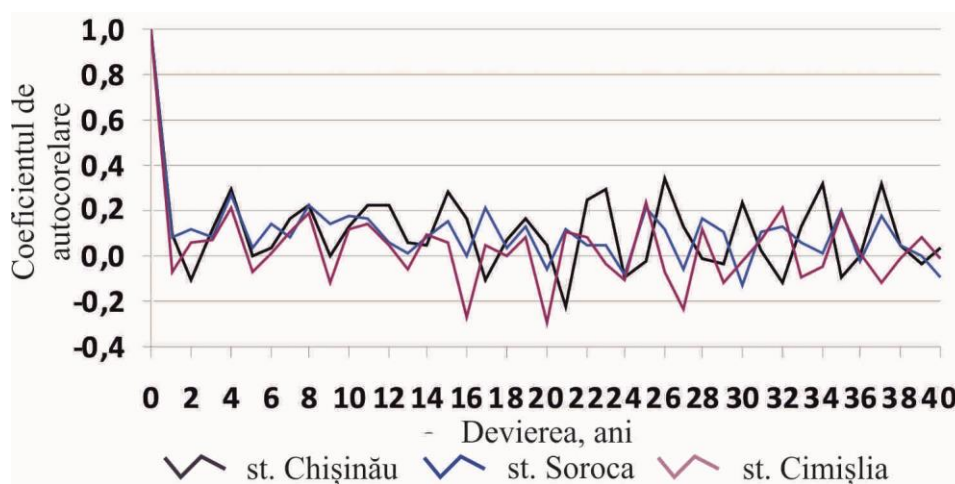


Fig. 2.12. Funcțiile de autocorelare a sumelor anuale de precipitații atmosferice la o durată de observații de 122 ani

Rezultatele obținute confirmă destul de convingător legătura slabă din interiorul șirului sumei precipitațiilor anuale în tot diapazonul $r(\tau)$, ceea ce demonstrează cvasiomogenitatea selectărilor analizate. Ba și mai mult, rezultatele ilustrează o bună sincronitate și periodicitatea reală a oscilațiilor de frecvență înaltă a precipitațiilor anuale, care variază în limitele de la 2 la 5 ani. Valoarea amplitudinii maxime (0,47-0,53) revine ciclurilor 6-7 la o deviere de 22-26 ani.

Analiza realizată ne indică, că din punct de vedere al ciclicității precipitațiilor anuale aplicarea autocorelării nu în toate cazurile este justificată. Încercările de a transforma șirurile inițiale de precipitații atmosferice prin caracteristicile medii dinamice la fel nu dau rezultate sigure [112].

În procesul de analiză a parametrilor statistici medii anuali a precipitațiilor, și aprecierea componentelor bilanțului hidric și termic apare necesitatea evidențierii oscilațiilor de frecvență joasă a precipitațiilor anuale, a ciclurilor reale cu lungimi mai mari. În această direcție în meteorologie și hidrologie pe larg se aplică metoda curbelor integrale:

$$\sum_1^N \left(\frac{X_i}{X_0} - 1 \right) = \sum_1^N (K_i - 1) = f(N). \quad (2.29)$$

Aici $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ – valorile sumelor anuale de precipitații din consecutivitatea studiată pentru o perioadă, care caracterizează intervale egale de timp; X_0 – valoarea medie multianuală a precipitațiilor anuale din toată perioada de ani n ; K_i – coeficientul modul al precipitațiilor anuale sau valoarea lor normalată. În baza expresiei (2.29) s-au alcătuit grafice compuse ale curbelor integrale ale precipitațiilor anuale la trei stații meteorologice (st. Soroca, st. Chișinău și st. Cimișlia) pentru o perioadă de timp racordată de 120 ani (fig. 2.13).

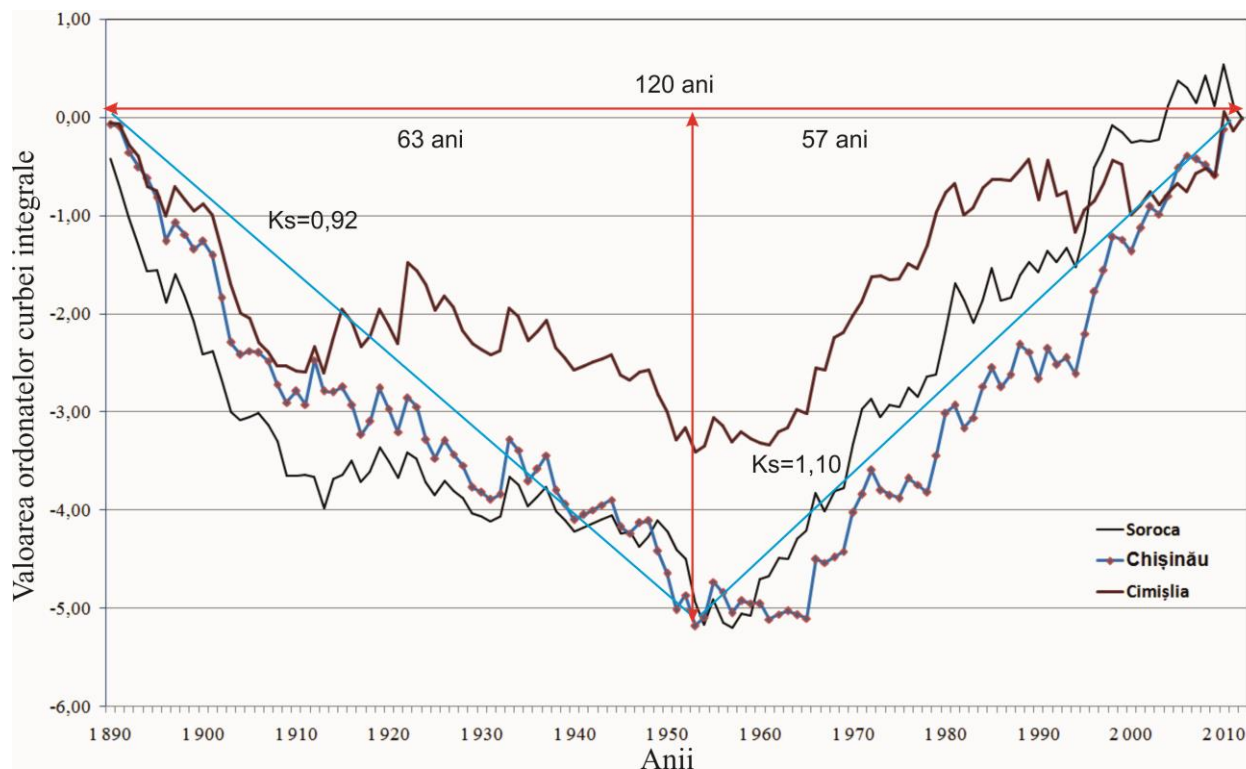


Fig. 2.13. Graficele combinate normate integrale ale oscilațiilor multianuale a precipitațiilor atmosferice

Aici faza cu precipitații sub normă (aridă) ocupă intervalul de timp din anul 1890 până în anul 1953, adică 63 ani, iar faza opusă ei cuprinde perioada din anul 1953 până în anul 2010, adică 57 ani. Valoarea coeficientului mediu modul pentru două faze din ciclul de 120 ani în medie pentru trei stații constituie $K_s=0,92$ (faza aridă) și $K_s=1,10$ (faza umedă).

Eroarea sumară δ la determinarea valorii medii multianuale a precipitațiilor sau a altor caracteristici hidroclimatice variative în timp, va fi egală, în acord cu [40], cu suma erorilor de fază δ_f și eroarea medie pătratică δ_{caz} , care este direct proporțională coeficientului de variație C_v , al elementului studiat și invers proporțională rădăcinii pătrate din numărul de ani de observări N , adică:

$$\delta = \delta_f + \varepsilon_y \quad (2.30)$$

În tabelul 2.9 sunt prezentate rezultatele de calcul ale erorilor de fază δ_f , aleatorii δ_{caz} și sumară δ , pentru cele mai probabile valori ale parametrilor, care determină norma precipitațiilor atmosferice pe teritoriul Republicii Moldova.

Tabelul 2.9

Valorile erorii determinării normei precipitațiilor atmosferice la diferită durată a observațiilor
(pentru $C_v=0,25$, $T=120$, $r(1)=0,2$ ani și semiamplituda ciclului $A_k=0,15$)

Denumirea erorii	Valorile erorilor de calcul ale normelor precipitațiilor anuale, % , la durata observațiilor N ani						
	10	20	40	70	80	100	120
Eroarea de fază, δ_f	9,5	9,2	7,9	5,1	4,0	1,8	0,0
Eroarea din interiorul șirului, ε_x	9,7	6,8	4,9	3,7	3,4	3,0	2,8
Sumară $\delta = \delta_f + \varepsilon_y$	27,1	21,6	16,8	11,8	10,2	7,3	5,1

O condiție obligatorie pentru determinarea veridicității normei precipitațiilor atmosferice este aprecierea erorilor maxime admisibile, în acord cu rezultatele aprecierilor erorilor de fază și aleatorii. Acestea pot fi realizate prin racordarea parametrilor statistici ai sumelor anuale de precipitații la o perioadă multianuală, în baza aplicării metodei raportului [13] și în baza materialelor observațiilor multianuale de la punctele analog (stațiile Soroca, Chișinău, Cimișlia).

În final, în A 2.7 sunt prezentate rezultatele calculelor principalilor parametri statistici ai sumelor anuale de precipitații atmosferice pentru rețeaua dată de monitoring meteorologic. În afară de aceasta, tot aici sunt prezentate erorile, care sunt provocate de oscilațiile aleatorii ale precipitațiilor anuale δ_{caz} , particularitățile de fază ale oscilațiilor sale multianuale δ_f , precum și prezența în șirurile lor a legăturilor interne $\sigma_{r(1)}$. Pentru reprezentativitate, tot aici se prezintă datele cartografice despre repartitia pe teritoriul Republicii Moldova a coeficienților de variație a precipitațiilor anuale C_v și coeficienților de autocorelare $r(l)$, A 2.8 și 2.9.

Generalizarea spațială a normelor anuale ale precipitațiilor atmosferice. În baza materialelor din A 2.10 și 2.11 s-au alcătuit modelele cartografice ale normelor precipitațiilor atmosferice, racordate la perioada multianuală de 120 ani (1890-2010), (fig. 2.13), precum și hărțile valorilor multianuale pentru perioada umedă de 40 de ani (1971-2010), în două variante. În fig. 2.14 se prezintă modelul hărții realizate prin aplicarea instrumentelor SIG în baza interpolării Kriging [129]. A doua variantă se bazează pe utilizarea sistemului de analiză regresională ținând cont de influența factorilor zonali (coordonatele geografice ale punctelor de monitoring) și factorilor intrazonali, adică de specificul orografic. Rezultatul acestei analize îl reprezintă funcția empirică, care combină valoarea medie multianuală a precipitațiilor atmosferice X_0 cu trei

argumente: latitudinea geografică (φ) și longitudinea geografică (ψ), precum și altitudinea punctului de monitoring (H):

$$X_0 = (a'\varphi - b')H + (c - d\psi). \quad (2.31)$$

Valorile numerice ale parametrilor regionali din ecuația (2.31) au fost obținuți prin analiză regresională. În fine valorile lor respectiv sunt: $a' = 0,295$; $b'=13,6$; $c=1095$; $d=21,0$.

Suplimentar la harta din fig. 2.11 s-a construit și modelul cartografic în acord cu ecuația (2.31), aplicând de asemenea instrumentele SIG. Rezultatul este prezentat în fig. 2.15.

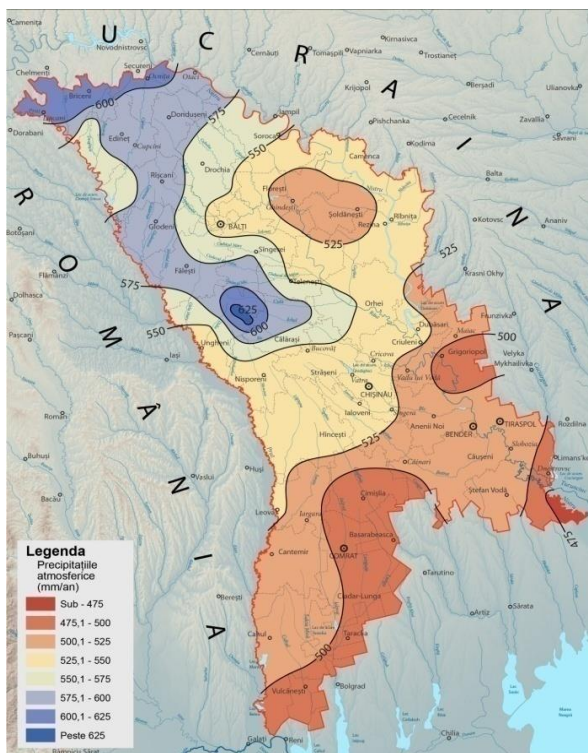


Fig. 2.14. Harta repartiției precipitațiilor anuale alcătuită prin metoda interpolării

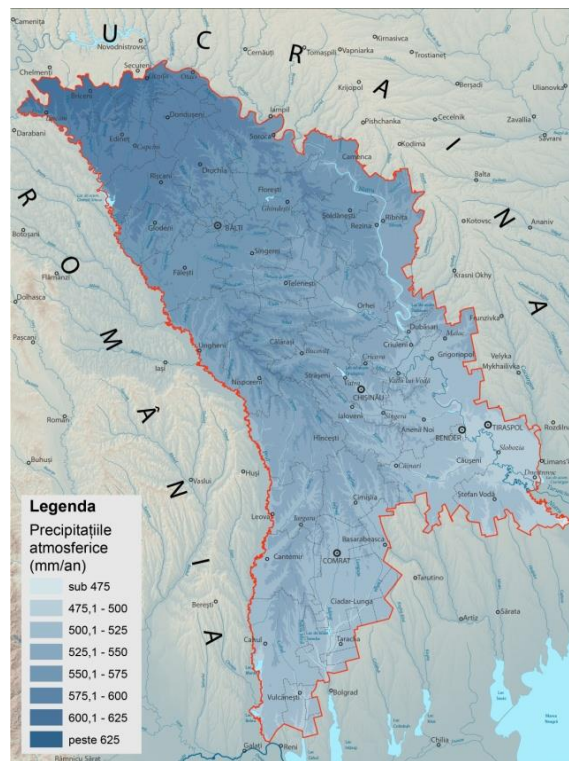


Fig. 2.15. Harta repartiției precipitațiilor anuale alcătuită prin metoda regresiei (2.31)

Compararea rezultatelor calculării straturilor de precipitații anuale generalizate după hărțile propuse pentru regiunile peisajere și pentru bazinele de recepție, indică că ambele hărți dau rezultate asemănătoare, destul de sigure (A 2.12). Însă, atunci când este nevoie de efectuat calcule în lipsa instrumentelor SIG, este mai sigur de utilizat harta construită prin metoda interpolării.

Astfel, generalizările prezentate mai sus, ce țin de determinarea componentelor bilanțului termic și a caracteristicilor umidității, oferă posibilitatea de a determina încă două componente importante ale bilanțului de apă – evaporația globală de pe suprafața uscatului și scurgerea climatică.

Determinarea pierderilor sumare la evaporare de pe suprafața regiunilor peisagistice. Aplicând procedeul Mezențev [81] evaporația globală de pe suprafața uscatului se propune de determinat din echivalentul evaporației maxime ($\bar{E}_{US}$), prin formula:

$$\bar{E}_{US} = \bar{E}_{max} \left[1 + \left(\frac{X_0}{\bar{E}_{max}} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}. \quad (2.32)$$

Subiectul determinării parametrului n ocupă un loc deosebit în literatura de specialitate, dedicată modelării evaporării de pe suprafața uscatului [15, 29, 116, 134]. Menționăm aportul semnificativ al cercetărilor lui M. Velicanov [43] și puțin mai târziu a principiilor metodice ale profesorului V. Mezențev [81].

În acord cu Mezențev, parametrul n se consideră a fi egal cu 3 [81]. Pentru confirmarea acestor recomandări au fost realizate studii bazate pe rezultatele determinării componentelor bilanțului hidrotermic, și pe datele factologice ale observațiilor multianuale.

În baza datelor din tab. 2.10, s-a construit graficul funcției $\beta_{E(\phi)} = f(\beta_{E(P)})$ (fig. 2.16), unde s-a realizat compararea rezultatelor de calcul prin ecuația (2.32) la indicatorul $n=3$ cu rezultatele obținute din datele brute. Ținând cont de faptul că linia funcției trece sub un unghi aproape de unitate, valoarea indicelui aici va fi egală cu 3.

La baza construcțiilor de calcul în determinarea și generalizarea evaporației globale de pe uscat, se propune aplicarea modelului (2.32) cu indicele n egal cu 3:

$$\bar{E}_{US} = \bar{E}_{max} \left[1 + \left(\frac{X_0}{\bar{E}_{max}} \right)^{-3} \right]^{-\frac{1}{3}}. \quad (2.33)$$

Realizarea practică a modelului de calcul (2.33) se bazează pe materialele generalizate ale precipitațiilor atmosferice, atât de la rețeaua de monitoring meteorologic, cât și pe bazinele de recepție și regiunile peisagistice studiate. Datele analogice se utilizează și pentru echivalentul evaporării maxime $\bar{E}_{max}$ și pentru sumele temperaturilor medii anuale, generalizate prin modelări cartografice sau format tabelar. În baza acestor materiale se efectuează calculele valorii medii anuale a pierderilor la evaporare $\bar{E}_{US}$ prin ecuația (2.33).

Referitor la bazinele de recepție studiate și regiunile peisajere, rezultatele acestei analize se prezintă în A 2.13 și 2.14. și în fig. 2.16. Din fig. 2.16 se observă diminuarea evaporării maxime pe teritoriul analizat de la sud-est spre nord-vest.

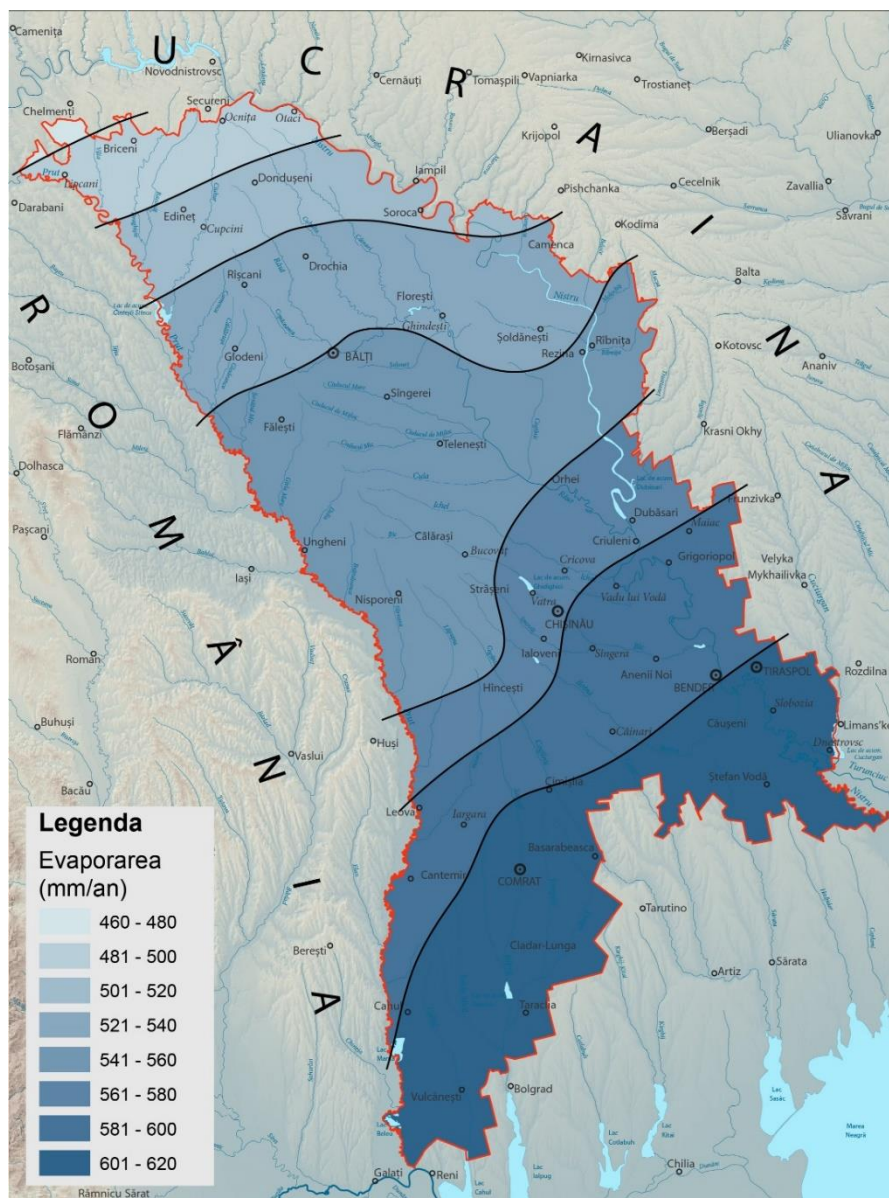


Fig. 2.16. Harta evaporației globale

Aprecierea cantitativă și modelarea cartografică a scurgerii climatice. În acord cu ecuația bilanțului de apă, unde componenta scurgerii se exprimă ca o diferență dintre precipitațiile nete X_0 și evaporația globală $\bar{E}_{US}$, ecuația bilanțului de apă din bazinul de recepție, normată cu echivalentul evaporației poate fi înscrisă astfel:

$$\beta_Y = \beta_X - (1 + \beta_X^{-n})^{-\frac{1}{n}}, \quad (2.34)$$

unde $\beta_Y = \bar{Y}_{CL} / \bar{E}_{max}$ și $\beta_X = X_0 / \bar{E}_{max}$.

Trecerea de la valorile normate după $\bar{E}_{max}$ prezentate din ecuația (2.34) la valorile echivalente a caracteristicilor bilanțului hidrotermic se realizează prin coraportul

$$\bar{Y}_{cl} = \bar{X} - \bar{E}_{max} \left[1 + \left(\frac{\bar{X}}{\bar{E}_{max}} \right)^{-3} \right]^{-\frac{1}{3}}. \quad (2.35)$$

În final expresia (2.35) va obține aspectul obișnuit de bilanț

$$\bar{Y}_{cl} = \bar{X} - \bar{E}_{US}. \quad (2.36)$$

Aici $\bar{X}$, $\bar{E}_{max}$ și $\bar{E}_{US}$ - respectiv, valorile medii multianuale ale precipitațiilor anuale, echivalentul hidrotermic și evaporarea globală, mediate după suprafețele bazinelor de recepție.

În final ecuația (2.35) conține componentele bilanțului hidrotermic și, deci, descrie doar caracteristicile climatice, fapt ce ne permite denumirea $\bar{Y}_{cl}$ în „scurgere climatică”, sau „resurse climatice de apă”. Realizarea ecuației (2.36) necesită utilizarea valorilor prezentate anterior ale evaporării globale $\bar{E}_{US}$ și precipitațiilor $\bar{X}$ (tab. 2.10).

Tabelul 2.10

Rezultatele determinării resurselor scurgerii climatice în bazinele de recepție ale Republicii
Moldova

Bazinul hidrografic	$\bar{Y}_{cl}$, mm	Bazinul hidrografic	$\bar{Y}_{cl}$, mm	Bazinul hidrografic	$\bar{Y}_{cl}$, mm
r. Vilia – p. Bălăsinești	93	r. Râbnița – p. Andreevca	47	r. Molochiș – p. Molochișul Mare	51
r. Draghiște – p. Trinca	90	r. Iagorlic – p. Doibani	40	r. Ciorna – p. Ciorna	59
r. Ciuhur – p. Bârlădeni	87	r. Răut – p. Bălți	61	r. Cula – p. Hulboaca	41
r. Camenca – p. Cobani	59	r. Răut – p. Florești	62	r. Cogâlnic – p. Cucuruzeni	46
r. Căldărușa – p. Cajba	56	r. Răut – p. Căzănești	60	r. Ichel – p. Pașcani	39
r. Delia – p. Pârlița	40	r. Răut – p. Orhei	53	r. Bălțata – p. Bălțata	29
r. Ialpuș – p. Comrat	24	r. Răut – p. Jeloboc	52	r. Bâc – p. Călărași	46
r. Musa – p. Comrat	22	r. Răuțel – p. Răuțel	52	r. Bâc – p. Strășeni	42
r. Lunga – p. Ceadâr- Lunga	21	r. Cubolta – p. Cubolta	69	r. Bâc – p. Chișinău	40
r. Salcia Mare – p. Musaitu	21	r. Căinar – p. Sevirova	68	r. Pojarna – p. Sîpoteni	49
r. Taraclia – p. Taraclia	21	r. Cartofleanca – p. Cartofleanca	75	r. Ișnovăț – p. Sângera	31
r. Cogâlnic – p. Hâncești	38	r. Camenca – p. Gvozdova	63	r. Botna – p. Căușeni	26
r. Camenca – p. Camenca	68	vl. Pohoarna – p. Domulgeni	64		
r. Beloci – p. Beloci	58	r. Ciulucul Mic – p. Telenesti	43		

Luând în considerație faptul, că scurgerea climatică în esență sa se determină ca o diferență dintre precipitațiile anuale și evaporare, care la rândul său, depind de poziția geografică și specificul orografic al teritoriului studiat, în așa caz este logic că ele se supun zonalității geografice.

Calcululele în baza ecuației generale a bilanțului de apă (2.36), prezentate în tabelul 2.10 și generalizarea lor spațială din fig. 2.17, ne denotă că valoarea resurselor de apă climatice, în limitele teritoriului Republicii Moldova, conform măsurărilor, cresc firesc de la 21 mm/an în sud și până la 90-93 mm/an în nord.

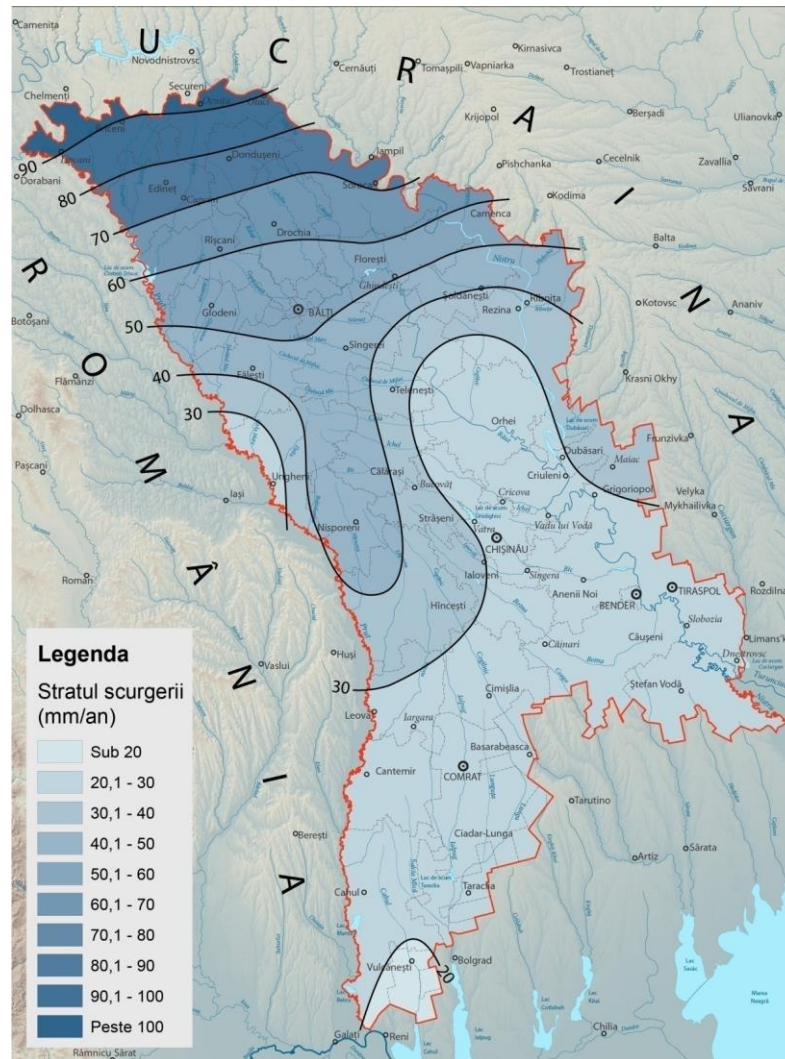


Fig. 2.17. Repartiția resurselor climatice de apă $\bar{Y}_{cl}$, mm/an

2.3. Concluzii la capitolul 2

1. Cercetarea resurselor hidrotermice a peisajelor Republicii Moldova pentru aprecierea componentelor pierderilor din bilanțul hidrotermic, a avut ca scop identificarea funcției bilanțului de radiație, cu caracteristicile evaporației potențiale (echivalentul hidrotermic al climatului [80]) și ale normei evaporației globale de pe suprafața uscatului. Realizarea acestei direcții de cercetare pentru regiunile peisagistice ale Republicii Moldova se efectuează pentru prima dată.
2. Generalizarea datelor multianuale ale componentelor radiației solare, de la rețeaua de stații actinometrice din Republica Moldova, Ucraina și România, au permis elaborarea modelelor cartografice regionale, în baza cărora s-au determinat funcțiile de calcul dintre radiația solară globală (2.3), precum și a componentei pozitive (intrărilor) a bilanțului de radiație (2.8) pe durata strălucirii soarelui.

3. Înlocuirea propusă a sumei temperaturilor, care se recomandă în lucrările [76, 80], prin durata strălucirii soarelui, ca argument, care are un raport direct cu radiația solară, transformă această funcție într-o legitate fizic argumentată, cu un coeficient de corelare destul de mare ($R^2=0,98$).
4. Modelele cartografice din figurile 2.7 și 2.8, alcătuite în baza tabelului 2.6, permit aprecierea valorii echivalentului hidrotermic al evaporării pentru orice teritoriu, inclusiv bazin de recepție, regiune peisajeră sau raion administrativ din Republica Moldova. De menționat, că, pentru calculele prealabile, ale echivalentului evaporării maxime, în acord cu datele din tab. 2.8, pentru toată țara, poate fi acceptată valoarea generalizată de 884 mm/an, ceea ce corespunde cerințelor.
5. Ca echivalent pozitiv (aport) a resurselor umidității se acceptă norma precipitațiilor anuale. Dacă vom admite că un punct meteorologic (stație, post) din Republica Moldova reprezintă o suprafață medie de 428 km², și care poate fi asociat cu un cerc cu raza R_X în centrul căruia se va amplasa punctul meteorologic, atunci valoarea lui poate fi acceptată drept jumătate din distanța L_X dintre punctele de observații.
6. Conform cercetărilor științifice realizate, valoarea $L_X/2$ pentru două regiuni ale țării va fi: pentru regiunea de sud – 14 km; pentru regiunile centrală și de nord – câte 11 km și în medie pentru teritoriul Republicii Moldova – 12 km.
7. Aprecierea erorii extrapolării straturilor medii anuale la jumătate dintre punctele de observații s-a realizat prin prelucrarea specială a datelor observațiilor multianuale (A 2.6) și în baza FECS (fig. 2.10). Aceasta a permis determinarea măsurii erorii aleatorii a datelor inițiale ale observațiilor precipitațiilor, egală cu 44%, care ține cont de eroarea sumară a aparatelor, discreția și erorile prelucrării inițiale a datelor brute. Pentru diapazonul determinat al coeficienților de variație $C_v=0,17-0,27$, valorile erorilor medii pătrate ale normelor anuale a precipitațiilor variază $\varepsilon_{\Delta X} = 7,5 - 12,0\%$. În final, valoarea erorii interpolării straturilor de precipitații la jumătate distanță dintre punctele pluviometrice crește sub influența coeficientului lor de variație și distanța dintre ele de la 9,0 până la 20% (tab. 2.8).
8. Caracterul ciclic al oscilațiilor precipitațiilor atmosferice anuale în limitele teritoriului Republicii Moldova, este condiționat de circulația atmosferică, care determină intensitatea fluxurilor orizontale și verticale de umiditate, activitatea solară și încălzirea globală. Procesele de circulație și activitatea solară posedă o anumită periodicitate și creează, astfel, condiții favorabile pentru modificarea legitimă, multianuală a precipitațiilor anuale. De aici, pe fondul oscilațiilor aleatorii, staționare ale

precipitațiilor atmosferice, are loc modificarea lor legitimă în forma succesiunii anilor umezi și celor secetoși. Dacă nu se ține cont de aceste legități, se vor obține erori adiționale în determinarea parametrilor statistici ai precipitațiilor atmosferice.

9. Ca instrument de analiză a oscilațiilor ciclice a sumelor anuale de precipitații s-au folosit curbele integrale diferențiate și de autocorelare, normate prin coeficienții de variație. Rezultatele acestor analize indică, la punctele Soroca, Chișinău și Cimișlia cu datele precipitațiilor racordate pentru anii 1890-2012 (adică 123 ani de observații), cu o sincronitate bine exprimată a oscilațiilor precipitațiilor anuale a unui ciclu secular (fig. 2.10). Faza cu precipitațiile sub normă (secetoasă) cuprinde o perioadă multianuală din 1890 până în 1953, adică 63 ani, iar faza opusă (umedă) cuprinde perioada din 1953 până în 2012, adică 60 ani. Valorile rotunjite ale coeficienților moduli la trei stații respectiv sunt $K_c=0,92$ (faza secetoasă) și $K_c=1,10$ (faza umedă). Astfel, la un ciclu complet, finit, gradul devierii sumelor anuale de precipitații de la valoarea medie multianuală la aceste faze, nu depășește în medie $\pm 10\%$.
10. La o durată de observații N ani mai mică decât durata ciclului finit T ani, apare o nouă eroare a normei precipitațiilor, care depinde de coraportul N/T și de semiamplitudinea ciclului A_k . În acord cu calculele realizate (tab. 2.9), la o perioadă de observații de 50 ani, eroarea de fază δ_f a normei precipitațiilor nu depășește 6,0%. La evidența sumară a celor trei surse de eroare (aleatorie δ_{caz} , de fază δ_f și de autocorelare δ_{Y_0}), eroarea admisibilă a calculului normei precipitațiilor (10%) se atinge la o perioadă de observații de 80 ani și mai mult.
11. Racordarea șirurilor de precipitații atmosferice la o perioadă multianuală (80 ani și mai mult) s-a realizat pentru trei regiuni geografice în baza normelor precipitațiilor determinate pentru punctele-analog – Soroca, Chișinău, Cimișlia, cu aplicarea metodei raporturilor [13]. Rezultatele acestor calcule sunt prezentate în A 2.11.
12. Aprecierea resurselor climatice de apă s-a realizat în baza soluționării ecuației bilanțului hidrotermic, cu aplicarea datelor precipitațiilor anuale și evaporației globale, generalizate prin modelele cartografice din fig. 2.14 și 2.15 și în A 2.13 și 2.14. Valoarea resurselor climatice de apă în limitele teritoriului Republicii Moldova (fig. 2.16) crește de la 21 în și până la 90-93 mm/an în nord.

3. IMPACTUL MODIFICĂRILOR DE MEDIU ASUPRA RESURSELOR DE APĂ PE TERITORIUL REPUBLICII MOLDOVA

3.1. Estimarea resurselor de apă în baza componentelor genetice ale scurgerii anuale

În acord cu teoria genetică de formare a resurselor de apă din râuri și cursuri intermitente [40] scurgerea anuală totală constă din două componente – de suprafață Y_{sp} și subterană Y_{sb} :

$$Y_{tot} = Y_{sp} + Y_{sb}. \quad (3.1)$$

Aprecierea cantitativă a ponderii fiecărei componente a scurgerii râurilor se realizează pe calea defalcării hidrografului. La coraport diferit pentru râurile cu și fără legătură hidraulică cu apele subterane, în toate cazurile este aplicabilă metoda defalcării hidrografului [35, 40, 46, 68, 105]. Metodologia propusă de către B. Poliakov [105] și B. Kudelin [68] de delimitare a alimentării subterane, se aplică pentru apele subterane care au legătură hidraulică cu nivelul apei din râu și se bazează pe afirmația, că la începutul viiturii aportul apelor subterane scade din cauza remuulului din albie, prin aportul scurgerii de versant.

După cum indică cercetările [35, 40], trasarea unei drepte sau curbe lente prin valoarea debitului minim al etiajului de iarnă pe ordonata debitului minim al etiajului de vară practic ne oferă aceleași rezultate ca și prin aplicarea metodei B. Kudelin și B. Poliacov [55, 67, 106]. Metoda defalcării liniare ilustrată în fig. 3.1, descrie explicit delimitarea creșterii debitelor în perioada viiturii sau apelor mari de primăvară față de debitul de bază, care este format de componenta freatică.

De aceea, se folosește metoda simplificată de determinare a scurgerii subterane, bazată pe calculul valorii medii din cele mai mici debite lunare de apă în perioada etiajelor de iarnă ($\bar{Q}_{\min(i)}$) și vară-toamnă ($\bar{Q}_{\min(v)}$) [40], adică:

$$Q_{sb} = \frac{\bar{Q}_{\min(i)} + \bar{Q}_{\min(v)}}{2}. \quad (3.2)$$

În afară de acest procedeu, putem propune defalcarea hidrografului în debitele medii ponderate în timp din perioadele etiajelor de vară și iarnă, ținând cont de diferita durată a perioadelor calde și reci ale anului. În acest caz, debitul mediu anual de apă, care caracterizează ponderea alimentării subterane, se va determina din formula:

$$Q_{sb} = \frac{\bar{Q}_{\min(i)} \cdot T_i + \bar{Q}_{\min(v)} \cdot T_v}{T_i + T_v}. \quad (3.3)$$

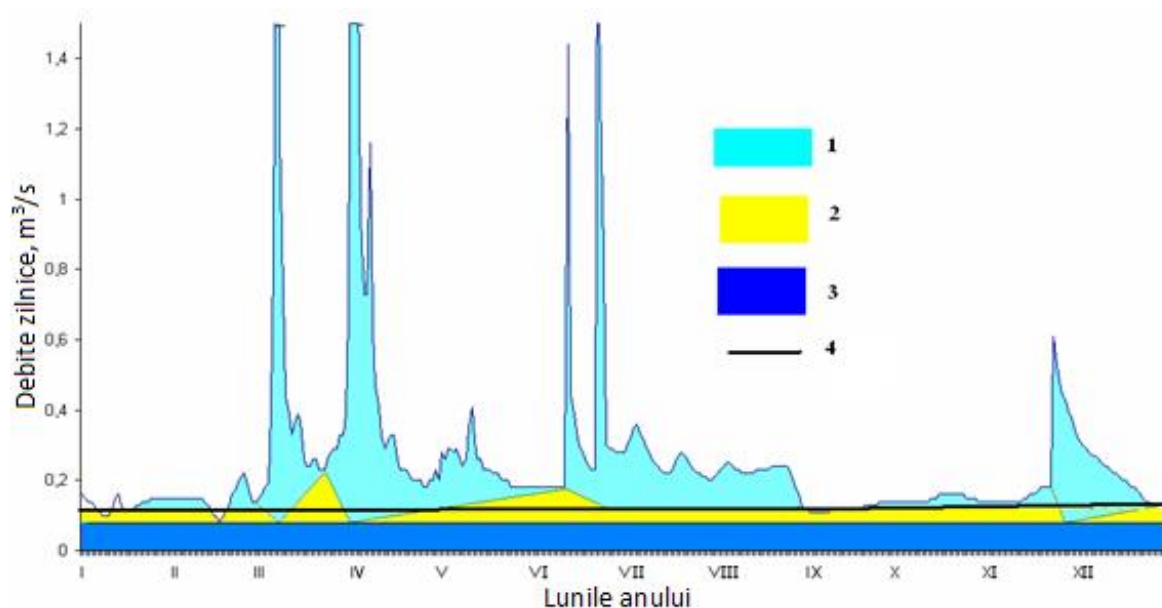


Fig. 3.1. Schema defalcării hidrografului scurgerii anuale în componente genetice. 1 – componenta de suprafață a scurgerii anuale; 2 – alimentarea freatică; 3 – alimentarea subterană din acviferele adânci; 4 – valoarea scurgerii subterane mediată după două faze ale etiajului.

Perioada rece cuprinde în medie perioada din decembrie până în februarie, adică $T_i = 3$, iar perioada caldă, respectiv va fi $T_v = 9$ luni.

Valoarea alimentării subterane (exprimată prin stratul scurgerii) pentru un an concret, exprimat în mm, se va determina din expresia:

$$Y_{sb} = \frac{31,54 \cdot 10^3 Q_{sb}}{F}, \text{ mm.} \quad (3.4)$$

Aici F – suprafața bazinului de recepție până la punctul de monitoring, km^2 .

Folosind materialele observațiilor multianuale asupra scurgerii râurilor din Republica Moldova și din teritoriile aferente ale Ucrainei și României, în total peste 67 bazine de recepție (A 1.2), care ilustrează diferite condiții de formare a scurgerii subterane, aplicând formulele (3.2 și 3.3), s-au calculat valorile anuale ale componentelor scurgerii subterane (Y_{sb}) și de suprafață (Y_{sp}) pentru anii de observații disponibili. În continuare, șirurile obținute ale scurgerii anuale totale, subterane și de suprafață, au fost supuse prelucrării statistice, conform cerințelor de calcul descrise în documentele normative [13, 107] (A 3.1-3.3) pentru o analiză ulterioară.

Analiza spațială și temporală a materialelor observațiilor multianuale asupra componentelor genetice ale scurgerii. Putem considera determinat faptul, că de rând cu oscilațiile aleatorii ale scurgerii anuale, în succesiunea lor se observă și o legitate exprimată prin succesiunea perioadelor umede cu cele uscate (cicluri). De aceea, mersul multianual al scurgerii și altor componente ale bilanțului de apă, poate fi prezentat ca o totalitate a abaterilor aleatorii nu de

la o stare quasi-stabilă a valorii medii multianuale, dar de la o valoare variabilă (ciclică) în timp. Drept exemplu, în fig. 3.2. sunt prezentate graficele oscilațiilor cronologice complexe ale scurgerii totale și subterane a r. Răut la postul hidrometric Bălți, pentru perioada anilor 1948-2010. Din aceste grafice reiese, că, în oscilațiile componentelor nominalizate ale scurgerii anuale, se observă o bună sincronitate. Cauza acestui fenomen este inacceptabilitatea metodei prelucrării statistice a șirurilor inițiale de date hidrometeorologice, care au o natură ciclică a oscilațiilor în timp.

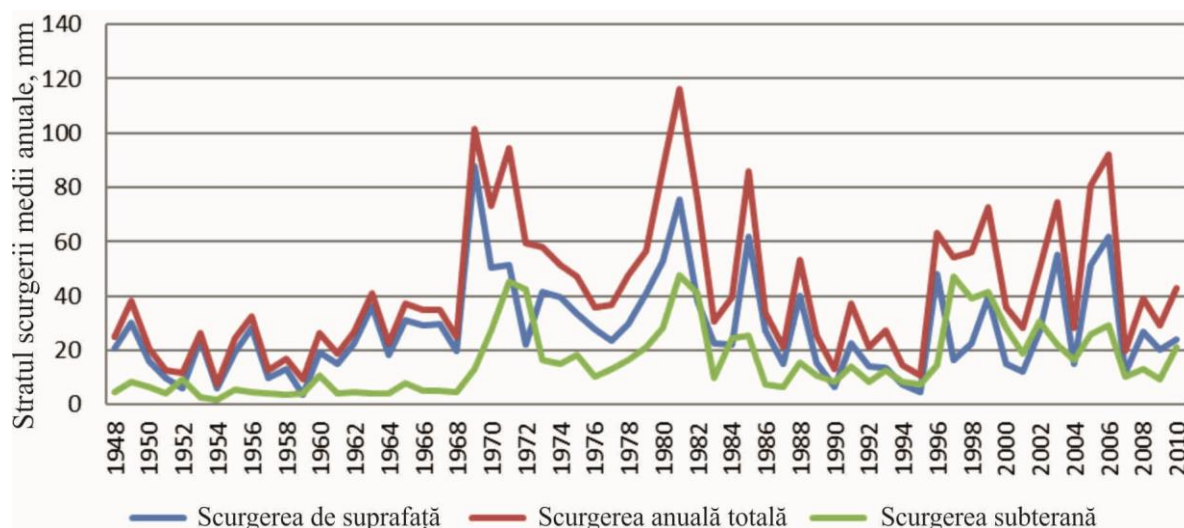


Fig. 3.2. Mersul anual al componentelor scurgerii anuale a râului Răut la postul Bălți

Un interes științific deosebit în această direcție îl prezintă cercetările lui S. Dobrovolskii [51], consacrate problemei „Schimbările globale ale scurgerii râurilor”. Autorul descrie în detalii metodologia aprecierii oscilațiilor multianuale ale scurgerii râurilor, subliniind necesitatea aplicării procedeelelor deterministe și probabiliste în modelarea schimbărilor multianuale ale scurgerii râurilor. Absolut just se menționează, că aplicarea construcțiilor statistice relativ simple în descrierea oscilațiilor fenomenelor hidrometeorologice, de exemplu a graficelor cronologice, deseori trebuie privită ca o insuficientă calificare a colaboratorului, lipsa de cunoștințe în teoria funcțiilor aleatorii, „procedee învechite”, „necunoașterea sau neînțelegerea” fizicii proceselor.

Mersul anual al scurgerii, precipitațiilor și altor elemente ale bilanțului hidric și termic, pot prezenta în sine o totalitate a abaterilor anuale aleatorii nu de la norma medie multianuală, dar de la o oarecare valoare variabilă argumentată în timp (ciclică), după cum reiese din graficele din fig. 3.3 și 3.4. Fiecare val reprezintă un ciclu, prin durata căruia se are în vedere un interval de timp, când valoarea variabilă într-o oscilație n -ani, în fazele umede și secetoase, revine la valoarea inițială sau aproape de ea. Astfel, valoarea medie a stratului scurgerii anuale (precipitațiilor) din această perioadă poate fi numită **normă de fază**, spre deosebire de norma absolută sau valoarea medie multianuală.

Soluționarea problemei modelării oscilațiilor ciclice ale scurgerii anuale în practică se confruntă cu un șir de dificultăți. În mersul anual al valorilor hidrometeorologice se observă nu un ciclu, dar mai multe, care se suprapun și care au amplitudine și durată diferite.

Drept cauze ale oscilațiilor periodice ale componentelor bilanțului de apă pot fi atât schimbările ciclice ale activității solare, cât și schimbările circulației atmosferice și, concomitent, influența încălzirii globale a climei [108].

Un tablou mai amplu al sincronității și ciclicității oscilațiilor scurgerii totale anuale, subterane și de suprafață, poate fi obținut prin aplicarea și analiza oscilațiilor multianuale ale componentelor scurgerii anuale, în baza ordonatelor normate după C_v din curba integrală compozită, calculate din funcția (2.29). Prin această metodă sunt prelucrate datele scurgerii anuale totale, subterană și de suprafață, pentru principalele râuri din nordul, centrul și sudul Republicii Moldova, precum și datele scurgerii anuale a fl. Nistru la postul hidrometric Bender (fig. 3.3-3.6).

Graficele prezentate ilustrează sincronitatea temporală satisfăcătoare a oscilațiilor pentru toate trei componente ale scurgerii anuale a râurilor mici cercetate, inclusiv fl. Nistru.

În același timp, aspect spațial pentru râurile din sudul țării se observă o tendință opusă, asincronică, ale oscilațiilor multianuale ale componentelor genetice ale scurgerii anuale, în comparație cu râurile din nordul și centrul țării.

Un caracter reprezentativ îl au oscilațiile ciclice ale scurgerii totale și subterane a fl. Nistru în perioada mai lungă de un secol (1881-2010), prezentate în fig. 3.6. Timp de 129 ani se evidențiază clar două cicluri finite intraseculare cu parametri diferiți. Pentru o claritate mai bună, parametrii numerici ai acestor cicluri sunt prezentați în tab. 3.1.

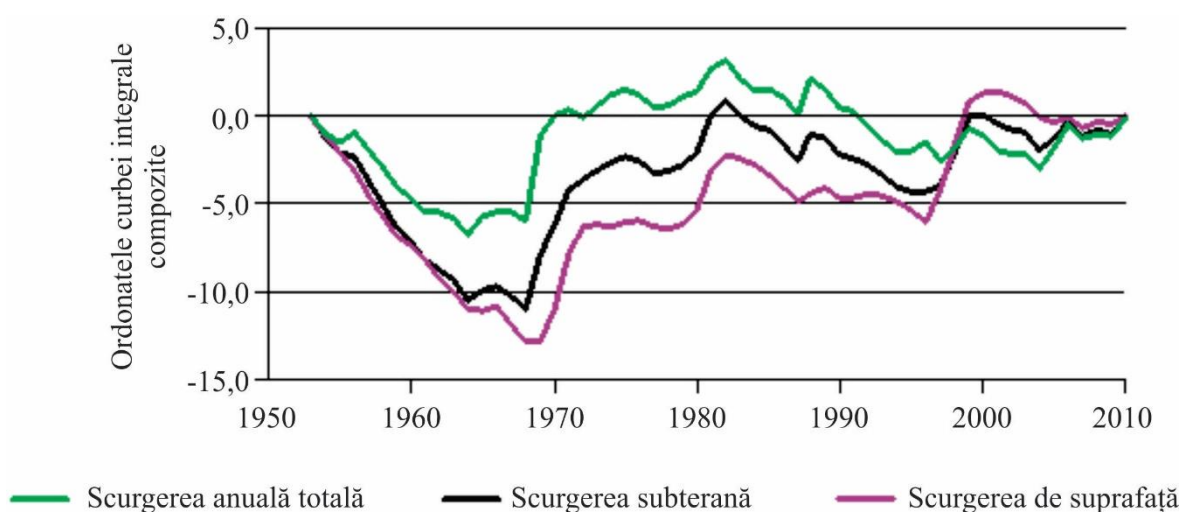


Figura 3.3. Curba integrală compozită a componentelor genetice a scurgerii r. Vilia la p.h. Bălăsinești (regiunea de nord)

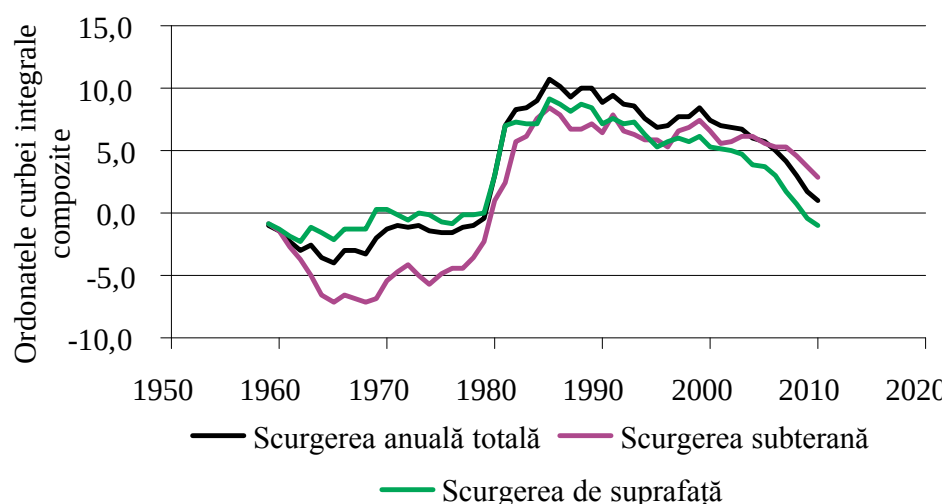


Figura 3.4. Curba integrală compozită a componentelor genetice ale scurgerii r. Cogâlnic la p.h. Hâncești (regiunea centrală)

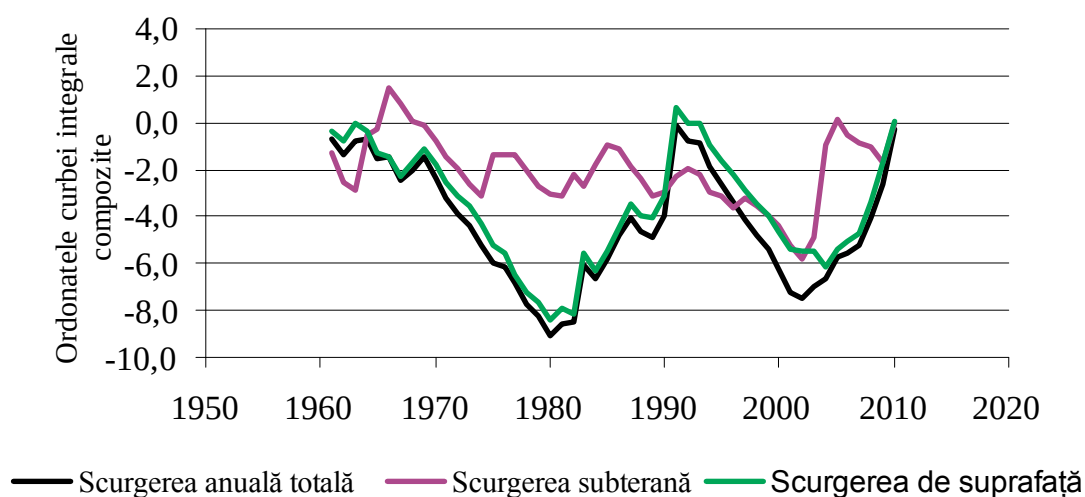


Figura 3.5. Curba integrală compozită a componentelor genetice ale scurgerii r. Taraclia la p.h. Taraclia (regiunea de sud)

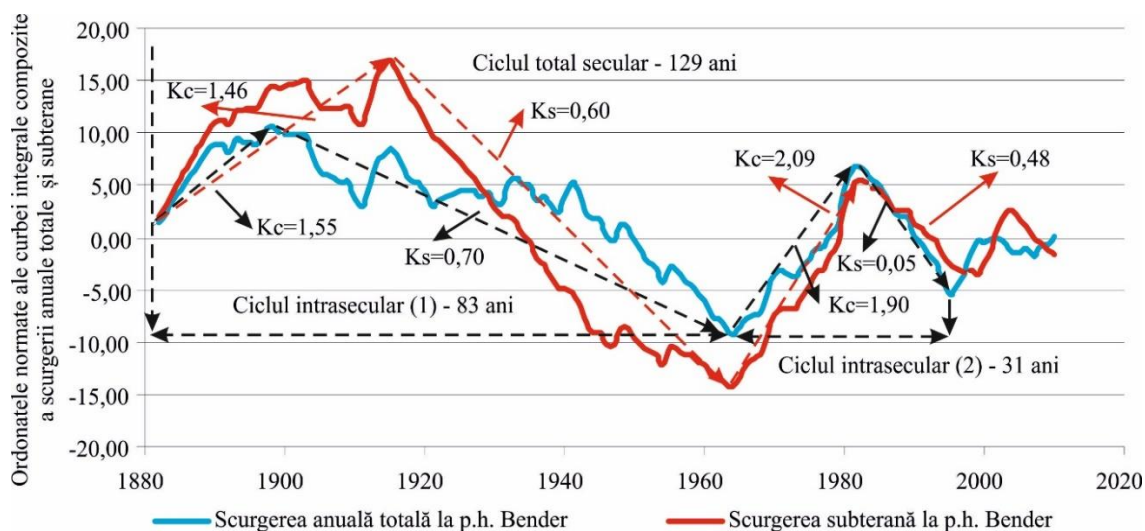


Fig. 3.6. Curbele integrale compozite combinate ale componentelor scurgerii anuale a fl. Nistru la p.h. Bender în intervalul de timp 1881-2010.

Tabelul 3.1

Parametrii numerici ai ciclurilor intraseculare finite ale scurgerii fl. Nistru la p.h. Bender

Primul ciclu, anii 1881-1964						Al doilea ciclu, anii 1965-1999					
Durata, ani			Coeficienți medii moduli		Semiamplitudinea, A_K	Durata, ani			Coeficienți medii moduli		Semiamplitudinea, A_K
totală	creșterii	scăderii	K_c	K_s		totală	creșterii	scăderii	K_c	K_s	
Scurgerea anuală totală											
83	17	66	1,55	0,70	0,22	30	17	13	1,90	0,05	0,49
Scurgerea subterană											
83	34	49	1,46	0,60	0,26	35	18	13	2,10	0,48	0,60

În conformitate cu principiile analizei legităților ciclice, descrise în lucrarea [35] și rezultatele prezentate anterior în cap. 2.2.1, ce se atribuie la analiza oscilațiilor precipitațiilor anuale, caracterul ciclic al oscilațiilor scurgerii anuale a fl. Nistru, judecând după datele prezentate în tab. 3.1 și în fig. 3.6 este exprimat destul de clar. Amplitudinea de fază aici este de 3-4 ori mai mare, decât a sumei precipitațiilor anuale. Acest fapt ne indică, că nivelul erorii de fază în determinarea valorii medii multianuale a scurgerii anuale a fl. Nistru, mai ales a componentei subterane, poate atinge valori mari, în cazul dacă durata observațiilor poate fi mai mică decât durata ciclurilor finite. Judecând după graficul prezentat în fig. 3.6, când valoarea semiamplitudinii ciclului $A_k=0,4-0,6$ (tab. 3.1) și dacă durata oscilațiilor constituie doar jumătate din durata ciclului, atunci eroarea de fază δ_f în determinarea normei scurgerii poate atinge 20-25%, valoare care de 2-2,5 ori depășește eroarea generală admisibilă în calculul normei scurgerii anuale. Analiza prezentată demonstrează rolul deosebit în cercetarea caracterului oscilațiilor ciclice ale componentelor scurgerii anuale a râurilor, ca un indicator al siguranței și veridicității aprecierii resurselor de apă a Republicii Moldova.

Suplimentar la aceste rezultate, vom folosi și datele scurgerii intermediare a fl. Nistru din sectorul p.h. Zaleshiki și p.h. Bender. Acest sector cuprinde partea medie și inferioară a bazinului de recepție, cu o suprafață de 41500 km². În acest sector se găsesc principalii afluenți de dreapta și de stânga, care curg pe teritoriul Republicii Moldova, ocupând 46% din suprafața intermediară a bazinului Nistrului.

Datele analizate ale observațiilor comune ale Ucrainei și Republica Moldova asupra scurgerii fl. Nistru la p.h. Zaleshiki și p.h. Bender cuprind perioada din 1881 până în 2010, cu anumite întreruperi, care au fost apoi restabilite prin ecuațiile regresiei liniare. După șirurile

comune ale debitelor medii anuale de apă la p.h. Zaleshiki (Q_Z) și p.h. Bender (Q_B), s-a calculat debitul de apă intermediar (Q_i) prin diferența $Q_B - Q_Z = Q_i$. Rezultatul prelucrării statistice a șirurilor alcătuite sunt prezentate în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2

Rezultatele prelucrării statistice a caracteristicilor scurgerii anuale a fl. Nistru, racordat la perioada de 129 ani (1881-2010)

Post hidrometric	Suprafața bazinului de recepție, km ²	Scurgerea medie multianuală:		Coeficientul de variație	Eroarea medie pătratică, %
		debitul de apă, m ³ /s	stratul scurgerii, mm/an		
Bender	66100	309	148	0,29	2,5
Zaleshiki	24600	237	303	0,29	2,5
Bazinul intermediar	41500	72,0	55,0	0,54	4,7

Un rezultat final important al aprecierii parametrilor statistici ai resurselor de apă este determinarea caracteristicilor scurgerii intermediare. Norma scurgerii anuale, egală cu 55 mm/an, mediată pe suprafața bazinului de recepție evidențiată, poate servi drept etalon real pentru întreg teritoriul Republicii Moldova în limitele bazinului fl. Nistru.

În aspectul dat un interes deosebit îl prezintă analiza oscilațiilor multianuale ale scurgerii de pe suprafața intermediară a bazinului, pe fondul variabilității temporale a scurgerii anuale a afluenților Nistrului, care curg pe teritoriul Republicii Moldova.

Curbele integrale compozite ale oscilației scurgerii anuale a râurilor din Republica Moldova, prezentate în fig. 3.7, confirmă existența sincronității cu caracterul scurgerii intermediare a fl. Nistru. Acest fapt are un mare sens practic la racordarea scurgerilor râurilor din țară la o durată lungă de observații (129 ani), asigurând o precizie suficientă a calculului resurselor de apă potențiale din Republica Moldova.

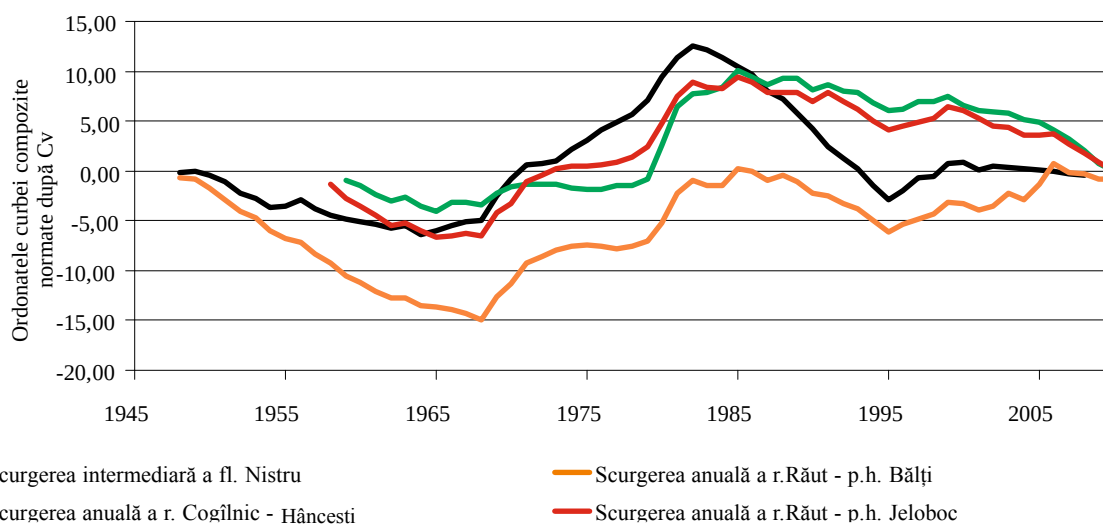


Fig. 3.7. Curbele compozite combinate ale scurgerii râurilor Republicii Moldova și scurgerii intermediare a fl. Nistru, pentru anii comuni de observații

Pentru determinarea caracterului oscilațiilor ciclice ale scurgerii intermediare în perioada de observații 1881-2008, în fig. 3.8 s-a construit curba integrală pentru 127 ani și au fost calculați parametrii ciclicității, (tab. 3.3). În grafic se observă un ciclu finit cu câteva faze diferite ca durată de descreștere și creștere, pentru care valorile coeficienților moduli rotunjiți corespunzător sunt 0,69 și 1,55. Aceasta ne indică, că în faza de descreștere, care a durat 73 ani, scurgerea intermediară a fl. Nistru în medie constituia 38 mm/an. În schimb, în faza de creștere ea s-a mărit aproape de 1,5 ori. În perioada acestei faze, în intervalul anilor 1954-1983, pe parcursul a 29 ani, scurgerea intermediară a crescut, în medie, aproape de 2 ori, ajungând la 110 mm/an. Din 1983, datorită regularizării scurgerii fl. Nistru, valoarea scurgerii intermediare scade brusc, iar din 1995 posibil continuă faza nouă de creștere, condiționată de viiturile mari din 2008 și 2010. De menționat, că un așa mers al oscilațiilor multianuale este specific afluenților mici din cursul mediu și inferior al Nistrului. Aceasta, în final, permite realizarea racordării scurgerii anuale în baza utilizării drept analog a scurgerii intermediare a fl. Nistru.

Analiza funcțiilor de autocorelare și de corelare spațială a componentelor scurgerii anuale. Valorile medii multianuale ale scurgerii în anumite bazine pot fi privite și ca consecutivități discrete de diferită durată, care posedă o anumită autocorelare în interiorul șirului. Valorile numerice ale legăturilor din interiorul șirului se apreciază prin coeficientul de autocorelare în ecuația cunoscută (2.28) .

Prin esența sa [51] funcția de autocorelare reprezintă un proces gauss staționar de autoregresie de ordin finit, care poate fi descris astfel:

$$\xi(t) = r_1 \xi(t-1) + \dots + r_M \xi(t-M) + a(t), \quad (3.5)$$

unde $t, t-1, \dots$ – momente discrete de timp (în cazul nostru – ani); $r_1, \dots, r_M$ – coeficienți permanenți de autoregresie; M – ordinea autoregresiei (număr pozitiv întreg); $a(t)$ – consecutivitate gauss staționară a valorilor aleatorii independente. Expresia (3.5) pentru simplitate presupune, că valoarea medie $a(t)$ și, deci, valoarea medie $\xi(t)$ sunt egale cu zero. Proprietățile modelului (3.5) și a aplicărilor lui la studierea oscilațiilor multianuale ale scurgerii, pot fi analizate prin prelucrarea șirurilor scurgerii totale și subterane a râurilor cercetate.

Unei analize speciale au fost supuse bazinele de recepție în care perioada de observații neîntrerupte a constituit 50 ani și mai mult (tab. 3.3). Pentru aceasta au fost selectate bazine-analog din cinci regiuni ale Republicii Moldova (nord, centru, sud, malul stâng al Nistrului și bazinul reprezentativ al scurgerii intermediare a fl. Nistru).

Tabelul 3.3

Perioada de observații hidrologice în bazinele reprezentative

Râul	Post hidrometric	Anii de observații	Numărul de ani
Regiunea de nord			
Vilia	Balasinești	1953-2010	58
Regiunea centrală			
Cogâlnic	Hîncești	1959-2010	52
Regiunea de sud			
Botna	Căușeni	1949-2010	59
Stânga Nistrului			
Iagorlâc	Doibani	1949-2010	62
Scurgerea intermediară din bazinul fl. Nistru			
Nistru	Bender-Zaleshshiki	1881-2010	130

Prelucrarea statistică a datelor selectate ale scurgerii anuale totale și subterane s-a realizat prin utilizarea aplicației Microsoft Excel, pentru realizarea ecuației (2.28) la devierea maximă de 10-50 ani.

În final, pentru grupul de râuri cercetat, au fost apreciate valorile mediate ale ordonatelor funcțiilor de autocorelare pentru scurgerea anuală totală și subterană, care sunt prezentate în tabelul 3.4, iar în fig. 3.8 și 3.9 – graficele autocorelării scurgerii totale și subterane, rotunjite pe regiunile evidențiate.

Analiza rezultatelor modelării șirurilor scurgerii anuale totale și subterane prin ecuația (2.28) și rezultatele autocorelării obținute, indică, că scurgerea totală și subterană a râurilor din Republica Moldova posedă o legătură destul de înaltă din cadrul șirurilor, mai ales în intervalele devierii τ de la 1 la 3 ani, unde $r_1=0,3-0,8$ (tab. 3.5). Aceasta confirmă, că la determinarea parametrilor statistici obișnuiți ai caracteristicilor șirurilor variative ale scurgerii anuale

(coeficienții de variație și asimetrie), în mod obligatoriu trebuie de introdus corecții la prezența legăturilor din cadrul șirurilor.

Tabelul 3.4

Coeficienții de autocorelare a scurgerii anuale totale și subterane pentru principalele regiuni ale Republicii Moldova (fig. 3.13 și 3.14)

Regiunile	Valorile coeficienților de autocorelare la devierea τ ani					
	$\tau = 1$	$\tau = 2$	$\tau = 4$	$\tau = 6$	$\tau = 8$	$\tau = 10$
Nord	0,64	0,35	0,09	0,02	-0	0,05
Centrală	0,5	0,28	0,13	-0,05	0,06	0,06
Sud	0,31	0,18	0,22	0,24	0,26	0,2
Stânga Nistrului	0,63	0,45	0,33	0,2	0,2	0,16
Scurgerea intermediară a fl. Nistru	0,63	0,42	0,33	0,18	0,63	0,37

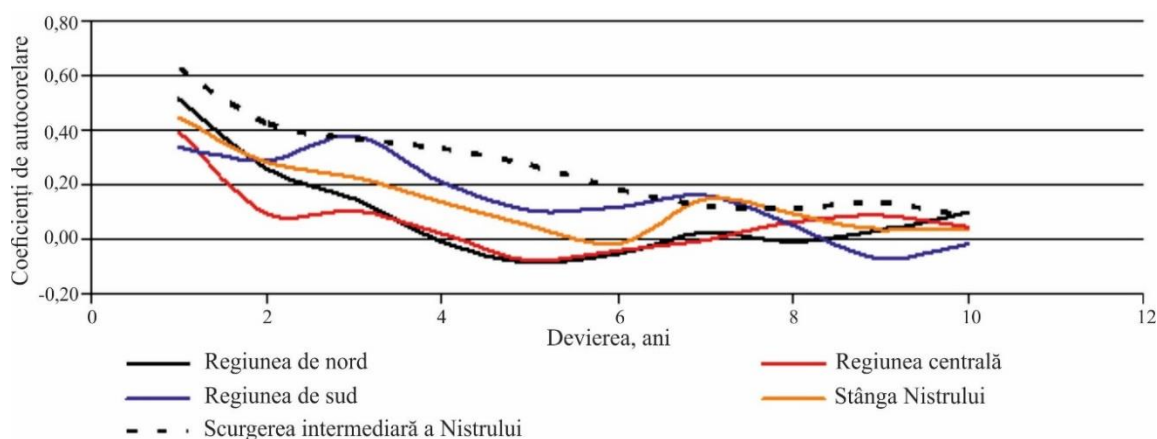


Fig. 3.8. Funcțiile de autocorelare ale scurgerii anuale totale mediate pe regiunile țării

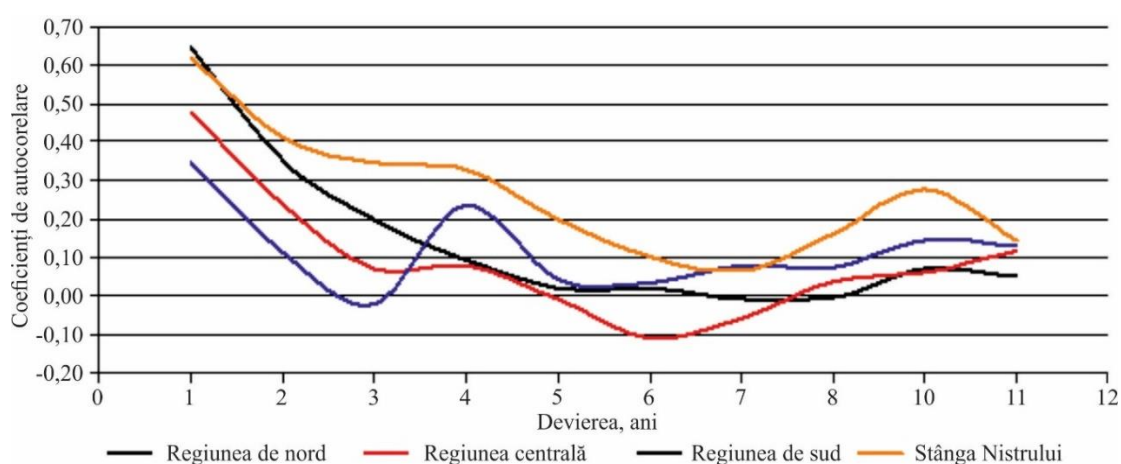


Fig. 3.9. Funcțiile de autocorelare a scurgerii anuale subterane mediate pe regiunile țării

În acord cu rezultatele calculelor prezentate în tab. 3.4 și 3.5, reiese, că valorile coeficienților de autocorelare a scurgerii anuale totale și scurgerii subterane, scad treptat în intervalul devierii adoptate de 10 ani. Periodicitatea oscilațiilor de frecvență înaltă a funcțiilor de autocorelare a scurgerii anuale totale este slab exprimată. Fluctuații neesențiale, după cum reiese din fig. 3.8 sunt asociate cu ciclurile de 4 și 7 ani. Mai pronunțate sunt oscilațiile de frecvență înaltă a componentei subterane a scurgerii (fig. 3.9). Doar într-o regiune (de sud) se observă cicluri de 4 și 9 ani cu o amplitudine mică.

Este știut, că coeficientul de autocorelare cu abaterea de 1 an reprezintă un parametru cheie în descrierea legităților variabilității (multianuale și interanuale) caracteristicilor anuale ale scurgerii râurilor. De siguranța determinării r_1 depinde precizia concluziilor despre staționarea ergodicității șirurilor cercetate ale scurgerii anuale. Altfel zis, apare necesitatea răspunderii la întrebarea, reflectă oare funcția de autocorelare legătura reală din interiorul șirurilor, ori ea prezintă doar fluctuațiile aleatorii ale datelor selective, ce depinde de limitarea duratei datelor din șirurile de observații.

De aici apare necesitatea determinării abaterilor standard ale aprecierilor selective ale corelării scurgerii anilor vecini $\sigma_{r(\tau)}$. Pentru soluționarea acestei sarcini o răspândire largă are formula clasică a lui M. Bartlett [121]:

$$\sigma_{r(\tau)} = \frac{1 - [r(\tau)]^2}{\sqrt{n-1}}. \quad (3.6)$$

Aprecierea abaterilor standard ale funcțiilor de autocorelare a scurgerii anuale totale și subterane în bazinele de recepție a Republicii Moldova, a fost realizată pentru valorile medii și extreme ale coeficienților de autocorelare cu devierea de 1 an, realizate pe grupe ale bazinelor de recepție, care reprezintă condițiile de formare a scurgerii din trei regiuni ale țării (tab. 3.5).

Din tabelul 3.5 reiese, că valorile extreme ale coeficientului de autocorelare cu devierea de 1 an atât pentru scurgerea anuală totală, cât și cea subterană, variază într-un diapazon larg de la 0,03 (bazinul r. Taraclia, regiunea de sud), până la 0,82 (bazinul r. Râbnîța). Per ansamblu, se urmărește un nivel înalt de autocorelare a scurgerii subterane în comparație cu scurgerea anuală totală, ce este absolut logic, dacă ținem cont de repartiția rezervelor apelor subterane în interval anual de timp. În afară de aceasta, coeficienții de autocorelare r_1 , mediați pe regiuni, confirmă prezența valorilor sale sporite din scurgerea subterană anuală.

Subiectul preciziei coeficienților de calcul r_1 , prezentați în tab. 3.5, pun sub semnul întrebării rezultatele obținute pentru valorile lor minime, deoarece aici erorile de zeci și sute de ori depășesc valorile de calcul (tab. 3.5). Cât privește valorile maxime și medii ale r_1 , atunci erorile determinării lor se află în diapazonul de la 8 la 24% (pentru scurgerea totală anuală) și de la 5 la

22% (pentru scurgerea subterană). Mediate pe regiuni și pe componente genetice ale scurgerii, valorile r_1 se determină cu o eroare aproape la fel – de la 13 la 38%.

Tabelul 3.5

Rezultatele determinării coeficienților de autocorelare generalizați pe regiuni și a abatelor (erorilor) standard pentru scurgerea anuală totală și subterană a râurilor din Republica Moldova

Regiuni	Coeficientul de autocorelare cu devierea de un an $\tau(1)$			Abaterea standard (eroarea aleatorie) din formula (3.6)*		
	maximă	minimă	medie	maximă	minimă	medie
1	2	3	4	5	6	7
Scurgerea totală						
de nord	0,59	0,44	0,51	0,08/13	0,12/27	0,10/20
de centru	0,58	0,08	0,37	0,14/24	0,14/175	0,14/38
de sud	0,80	0,18	0,41	0,06/8	0,13/433	0,06/15
Scurgerea anuală						
de nord	0,81	0,41	0,64	0,05/6	0,12/29	0,08/12
de centru	0,80	0,26	0,50	0,05/6	0,17/65	0,12/24
de sud	0,66	0,03	0,31	0,07/22	0,16/533	0,08/26

* În coloanele 5-7 numărătorul caracterizează eroarea coeficientului de autocorelare în % din abaterea standard $\sigma_{r(\tau)}$.

În baza celor nominalizate, putem considera rezonabilă introducerea corecțiilor la valorile parametrilor statistici ai componentelor scurgerii anuale totale și subterane (medie multianuală), coeficienților de variație, asimetrie și, în general, la ordonatele curbelor de asigurare, ținând cont de valorile coeficienților lor de autocorelare r_1 , în acord cu recomandările descrise în lucrarea [25]. Pentru râurile nestudiate, valorile coeficientului de autocorelare r_1 se propune de determinat din datele tabelului 3.5, coloana 4, în acord cu componentele cercetate ale scurgerii anuale (totale și subterane), din regiunea respectivă, pe teritoriul căreia curge râul cercetat.

Erorile aleatorii ε_{Y_0} ale valorilor medii multianuale Y_0 , la prezența legăturii dintre membrii vecini ai șirului, se recomandă [13] de a fi determinate prin formulele:

a) la o autocorelare slabă, $r_1 \leq 0,5$:

$$\varepsilon_{Y_0} = \frac{\sigma_{Y_0}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1+r_1}{1-r_1}}, \quad (3.7)$$

b) la coeficienți de autocorelare mari se aplică formula:

$$\varepsilon_{Y_0} = \frac{\sigma_{Y_0}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1 + \frac{2r_1}{n(1-r_1)} \left(n - \frac{1-r_1^n}{1-r_1} \right)}{1 - \frac{2r_1}{n(n-1)(1-r_1)} \left(n - \frac{1-r_1^n}{1-r_1} \right)}}. \quad (3.8)$$

În baza formulelor de calcul prezentate s-au determinat parametrii statistici și s-au apreciat erorile pentru 66 bazine de recepție mici și medii din teritoriul studiat. Aici au fost incluse 40 bazine de recepție monitorizate de SHS din Republica Moldova, 16 bazine de recepție de pe teritoriul Ucrainei și 10 bazine de recepție din partea dreaptă a Prutului inclusiv și bazinul Bârladului de pe teritoriul României (A 3.1-3.3).

Rezultatele prelucrării materialului factologic vast indică, că comprehensivitatea și veridicitatea materialelor de fond referitor la scurgerea anuală a râurilor cercetate, nu corespund întocmai cerințelor dictate de practica proiectării de management al apelor și construcțiilor pe râurile din Republica Moldova. Aceasta se confirmă prin datele prezentate în tab. 3.6. De aici reiese, că, în cazul lipsei evidenței legăturii scurgerii din anii vecini, numărul de posturi cu diapazonul erorilor aleatorii de la 5 la 10% (intervalul admisibil) constituie 58% din numărul total. De asemenea, ținând cont de legăturile din cadrul șirului, numărul de posturi cu aceeași marja de eroare se micșorează de 2 ori.

De aici apar un șir de probleme: sau admitem creșterea diapazonului erorilor admisibile, de exemplu la 20%, sau aplicăm mai larg metodele de extrapolare a șirurilor și de racordare a scurgerii anuale la o așa perioadă de calcul, la care poate fi asigurată precizia dorită a parametrilor statistici de calcul. De asemenea, în afară de erorile aleatorii apare necesitatea de a ține cont și de eroarea de fază, menționată anterior, care depinde de coraportul dintre numărul de ani cu date disponibile și durata ciclului finit.

Tabelul 3.6

Repartiția numărului posturilor hidrometrice în funcție de procedeul de determinare a valorilor medii multianuale ale scurgerii totale anuale

Numărul de puncte din diapazonul dat al erorilor, %					
sub 5 %	6-10 %	11- 20 %	21-30 %	peste 30 %	total
fără a lua în considerație legătura dintre scurgerea anilor vecini					
7	31	25	3	—	66
11	47	38	5	—	100
ținând cont de legătura scurgerii din anii vecini					
2	14	39	11	—	66
3	21	59	14	3	100

Construirea și analiza funcțiilor de corelare spațială. Pentru aprecierea erorilor interpolării spațiale a componentelor scurgerii anuale se propune aplicarea funcțiilor empirice de corelare spațială (FECS), calculate prin formula (2.20).

Realizarea acestei ecuații pentru trei componente genetice ale scurgerii anuale (totală, de suprafață și subterană), conform datelor observațiilor comune la 33 profile hidrometrice, s-a construit o matrice de coeficienți pari de corelare și s-au determinat distanțele dintre centrele de greutate ale bazinelor de recepție (A 3.4). Prin coeficienții empirici de corelare $r(l_{jk})$ și, respectiv, distanțele dintre puncte (l_{jk}) dintre centroizii j și k ale bazinelor de recepție, se construiește graficul funcției $r(l_{jk})=f(l_{jk})$ prezentat în fig. 3.10.

Pentru generalizarea analitică a graficelor obținute au fost aplicate diferite procedee de aproximare a lor (trenduri liniari, logaritmici și exponențiali). În cazul trendului liniar R^2 s-a dovedit a fi cel mai reprezentativ

$$\tilde{r}(l_{jk}) = \tilde{r}(a) - b(l_{jk}), \quad (3.9)$$

unde $\tilde{r}(a)$ – valorile extrapolate ale FECS la distanța $l_{jk} = 0$; b – parametru care caracterizează intensitatea descreșterii funcției odată cu creșterea distanței dintre centroizii bazinelor de recepție.

La valori nule de distanță între centroizi, adică extrapolarea (3.9) pe axa ordonatelor separă un segment unde $\tilde{r}(0) \leq 1$. În exemplul nostru acest segment pentru componentele studiate ale scurgerii anuale obține următoarele valori: pentru scurgerea anuală totală $\tilde{r}(0) = 0,68$, pentru scurgerea subterană $\tilde{r}(0) = 0,61$ și pentru scurgerea de suprafață $\tilde{r}(0) = 0,58$. Prin sensul fizic al său, valorile acestor parametri caracterizează **măsura erorii sumare a datelor inițiale** (aparaturii, utilajului, metodei de măsurare și calcul) [21, 94]. Având în vedere faptul că rezultatele sunt foarte asemănătoare, în aprecierea $\tilde{r}(0)$, pentru analiza ulterioară putem accepta valoarea medie a lui $\tilde{r}(0) = 0,62$. Condiții analogice putem accepta și pentru medierea parametrului b , adică $\tilde{b}(0) = (0,002 + 0,0017 + 0,0017)/3 = 0,0018$.

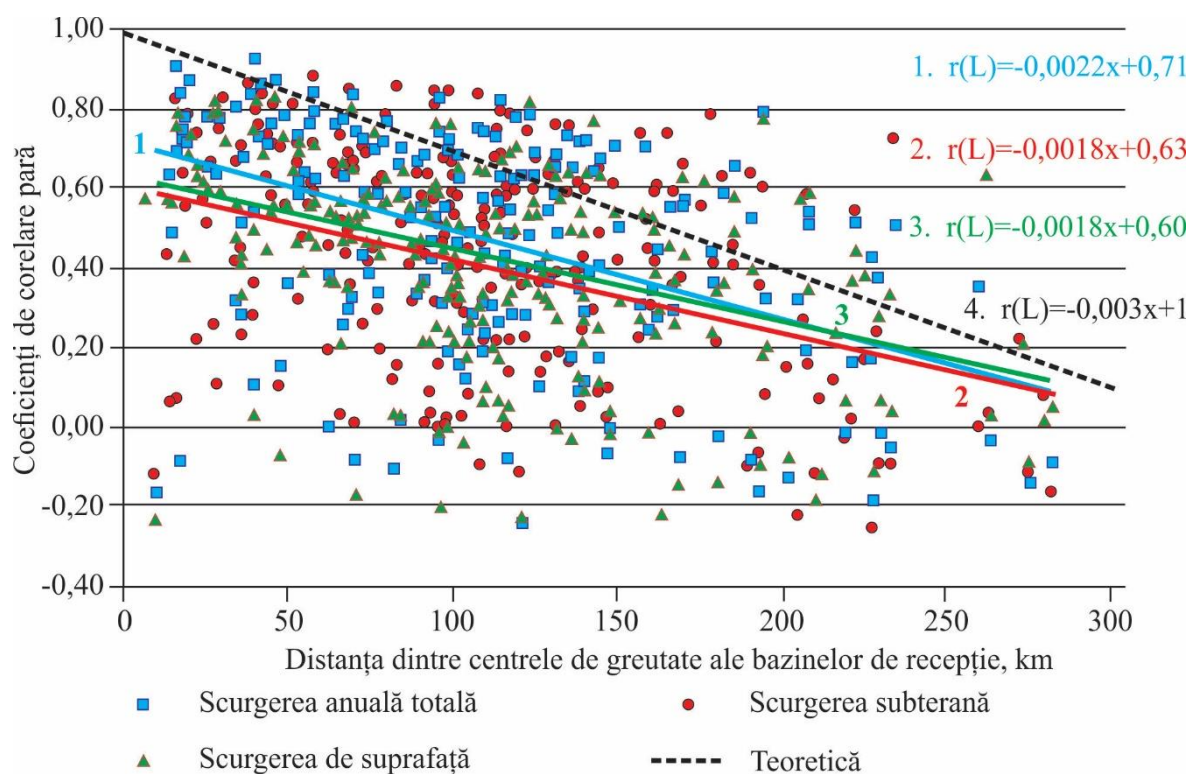


Fig. 3.10. Curbele FECS empirice liniare a componentelor scurgerii râurilor din Republica Moldova. (1- scurgerea anuală totală; 2 – scurgerea subterană; 3- scurgerea de suprafață)

În final, aspectul general al FECS empirice a componentelor scurgerii anuale cercetate ale râurilor din Republica Moldova se vor descrie prin ecuația liniară

$$\tilde{r}(l_{jk}) = 0,62 - 0,0018l_{jk}. \quad (3.10)$$

Racordarea FCS empirică la forma teoretică (generalizată) se propune de realizat prin coraportul [24]:

$$r(l_{jk}) = \frac{\tilde{r}(l_{jk})}{\tilde{r}(0)} = \frac{0,62}{0,62} - \frac{0,0018l_{jk}}{0,62} = 1 - 0,003l_{jk}. \quad (3.11)$$

Pentru argumentarea erorilor interpolării spațiale a componentelor scurgerii anuale cercetate, se propune aplicarea ecuațiilor de regresie liniare (3.10) și (3.11), deoarece ele sunt mai convingătoare comparativ cu cele logaritmice.

Funcția de corelare spațială, în acord cu concluziile lui G. Alexeev [24], poate fi aplicată pentru determinarea erorilor măsurătorilor caracteristicii hidrologice cercetate.

În cazul valorii știute $\tilde{r}(0) = 0,62$ **măsura erorii aleatorii a datelor inițiale η_y** la punctele de monitorizare a scurgerii anuale se va determina prin ecuația:

$$\eta_y = \sqrt{1 - \tilde{r}(0)}. \quad (3.12)$$

În acord cu rezultatele obținute $\eta_y = 0,62$ sau 62%.

De aici reiese, că valoarea erorii datelor inițiale ε_y , exprimată în părți din valoarea medie multianuală Y_0 , se va determina din formula [24]:

$$\varepsilon_y = C_v \eta_y. \quad (3.13)$$

Aici C_v - coeficient de variație a stratului scurgerii anuale (a se vedea A 3.1-3.3). Dacă ținem cont de faptul că C_v variază în limitele de la 0,13 la 1,04, atunci în acord cu expresia (3.13) ε_y poate atinge 16-48% (tab. 3.7).

Tabelul 3.7

Măsura erorii aleatorii (greșelii) datelor inițiale ale măsurătorilor scurgerii anuale η_y

Valoarea extrapolată $\tilde{r}(0)$	Eroarea datelor inițiale, η_y %	Intervalul valorilor C_v	Diapazonul erorilor medii pătratice ε_y , %
0,62	62	0,13-1,04	8-64

Acest rezultat extrem de înalt al aprecierii greșelilor datelor inițiale ale scurgerii anuale a râurilor din Republica Moldova, poate fi explicat prin faptul că greșelile conțin greșeala sumară a instrumentelor și aparatelor, discreția și greșelile prelucrării inițiale a datelor studiate. În afară de aceasta, din analiza FECS (fig. 3.10) reiese, că fluctuația considerabilă a coeficienților empirici ai corelării pare din câmpul de coordonate, posibil depinde de neuniformitatea legăturilor. În cazul depistării neuniformității FECS apare necesitatea regionării teritoriului în anumite regiuni omogene.

Pentru verificarea omogenității teritoriale a funcției de corelare obținute (3.9) în limitele regiunii cercetate se propune de aplicat transformarea Fisher [24].

În rezultatul verificării omogenității teritoriale a funcției de corelare obținute (fig. 3.10) și în conformitate cu cerințele transformărilor Fisher [24], putem deduce că FECS pentru toate componentele genetice ale scurgerii anuale nu corespund cerințelor omogenității. De aceea, s-a încercat regionarea teritoriului Republicii Moldova prin gruparea bazinelor de recepție în 5 regiuni peisagistice (tab. 3.8).

Rezultatele acestei prelucrări indică că pentru regiunile naturale evidențiate, parametrii FCS empirice au o anumită variabilitate (tab. 3.8). Aceasta denotă, că măsura preciziei datelor inițiale pentru majoritatea regiunilor s-a dovedit a fi considerabil mai mare în comparație cu rezultatul obținut pentru toată Republica Moldova. În același timp, verificarea ipotezei la uniformitate a tuturor FCS conform criteriilor Fisher nu s-a confirmat.

După cum reiese din fig. 3.11, FECS generalizate pe regiunile date, justificat ocupă tot câmpul de coordonate ale funcției $r(l_{jk})=f(l_{jk})$, fapt ce doar tangențial confirmă uniformitatea lor.

Valorile FECS din expresia (3.9) pentru regiunile fizico-geografice

Regiunea fizico-geografică	Grupele bazinelor de recepție	Parametrii FCS din formula (3.11)*	
		<i>a</i>	<i>b</i>
1	2	3	4
I. Podișurile și câmpiile de silvostepa a Moldovei de Nord, Câmpiile și dealurile de stepa ale Moldovei de Nord	Vilia-Bălășinești, Draghiste-Trinca, Ciuhur-Bârlădeni. Căldărușa-Cajba, Delia-Pârlița, Răut-Bălți, Răut-Jeloboc, Cubolta-Cubolta, Căinar-Sevirova	0,82	$\frac{0,0016}{0,002}$
II. Podișul Codrilor	Ciulucul Mic-Telenești. Bălțata-Bălțata. Bâc-Călărași. Bâc-Chișinău	0,95	$\frac{0,013}{0,011}$
III. Podișul Podoliei, Câmpiile aluviale de stepa a Nistrului Inferior	Camenca-Camenca. Beloce-Beloce. Molochis-Molochisul Mare. Râbnita-Andreevca. Iagorlâc-Doibani	0,58	$\frac{0,0021}{0,0053}$
IV. Câmpiile și podișurile Moldovei de Sud, Câmpia de stepa a Bugeacului	Lunga-Ciadâr-Lunga. Taraclia-Taraclia. Cogâlnic-Hâncești. Botna-Căușeni	0,93	$\frac{0,0070}{0,0075}$
V. Râurile din România	Bașeu-Ștefănești. Jijia-Dorohoi. Jijia-Todireni. Jijia-Victoria. Elan-Murgeni. Bârlad-Negrești. Bârlad-Bârlad. Bârlad-Tecuci. Sucovăț-Sofronești. Vasluț-Moara Domnească. Berheci-Felidoara	0,83	$\frac{0,0094}{0,011}$

Notă * - În coloana 4 numitorul caracterizează valoarea empirică a parametrului *b*, iar numărătorul – generalizată.

Aplicarea softurilor SIG pentru interpolarea spațială a caracteristicilor scurgerii de suprafață și subterană, oferă posibilitatea evidențierii caracteristicilor scurgerii de suprafață și subterane, evidențierea legităților zonale la modelarea cartografică, ceea ce va expune în continuare.

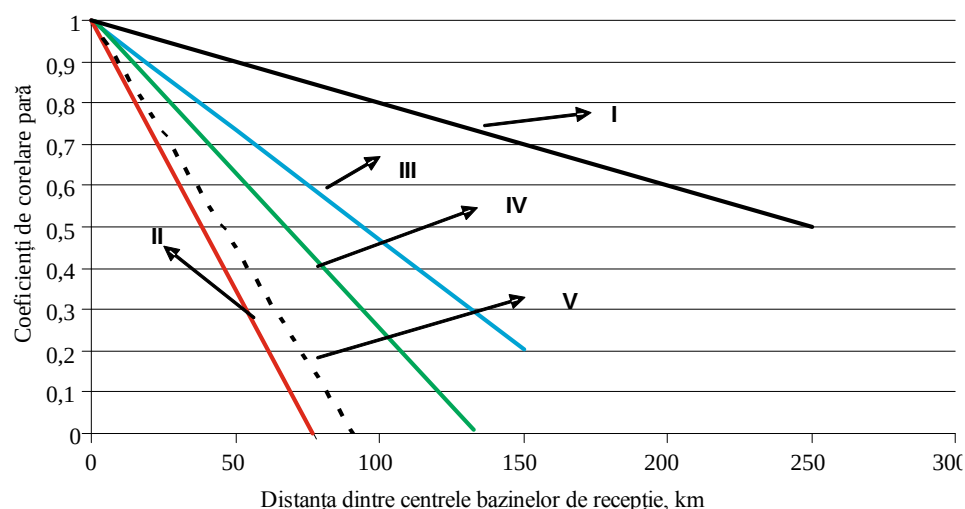


Fig. 3.11. Curbele generalizate (teoretice) ale FCS a scurgerii anuale din teritoriul cercetat (numărul regiunilor conform tabelului 3.9)

Racordarea componentelor scurgerii anuale la perioada multianuală de calcul.

Racordarea scurgerii anuale și sezoniere la o perioadă multianuală se realizează în cazurile când eroarea medie pătratică depășește 10% [13]. În baza prelucrării statistice a șirurilor scurgerii medii anuale în 66 bazine de recepție studiate, s-a realizat aprecierea erorii medii pătratice a scurgerii totale, subterane și de suprafață, precum și a coeficienților de variație și asimetrie, rezultatele căreia sunt prezentate în A 3.1-3.3. Aprecierea erorii s-a efectuat pentru două cazuri – cu și fără evidența legăturii din interiorul șirului. Un amplu tablou despre coraportul aprecierii erorilor medii pătratice în calculul scurgerii anuale totale se ilustrează prin graficele din fig. 3.12 și 3.13.

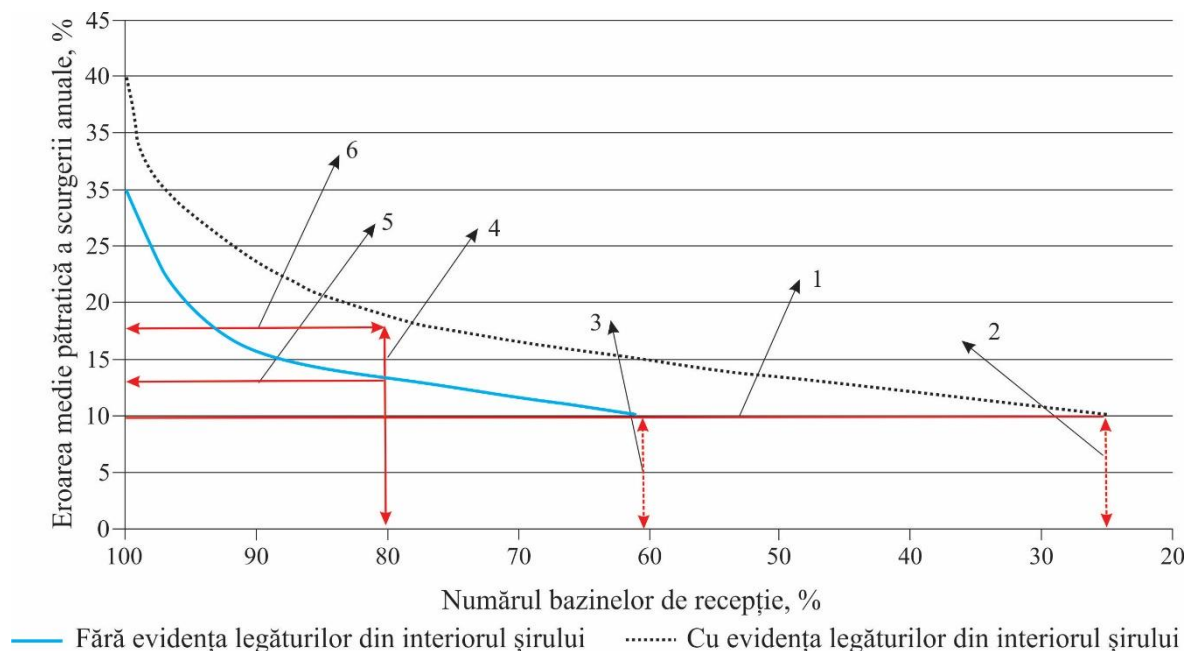


Fig. 3.12. Curbele de asigurare a erorii normei scurgerii anuale

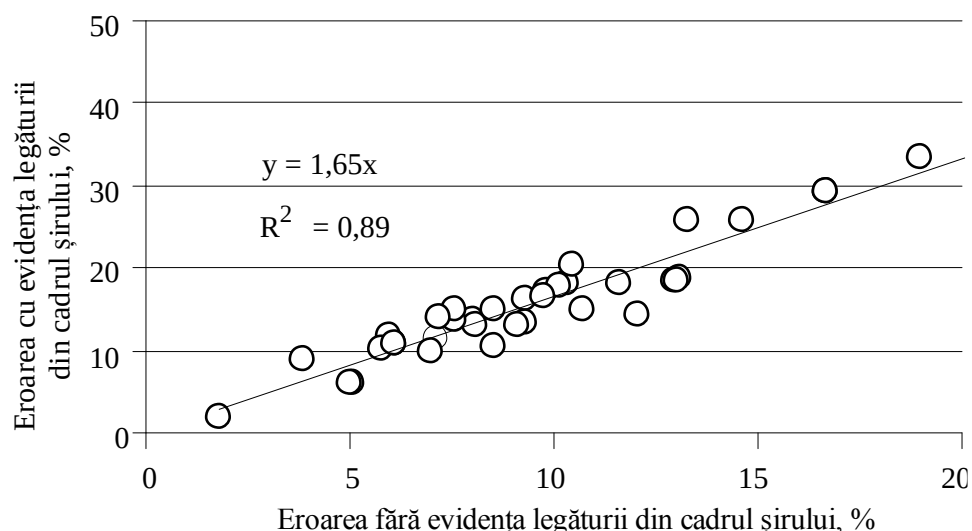


Fig. 3.13. Funcția erorilor cu și fără evidența legăturilor din interiorul șirului

Din graficele respective reiese, că valoarea admisibilă a erorii la nivelul de 10% se respectă doar în 25% din bazinele de recepție cercetate, în condițiile evidenței legăturilor din interiorul șirurilor, și aproape în 60% bazine, dacă nu se ține evidența acestei legături. Dacă reieșim din criteriul asigurării erorii admisibile în limitele $\geq 80\%$ cazuri (săgeata 4 din fig. 3.12), atunci valoarea erorii medii pătratice crește de la 7 la 19% (săgețile 5 și 6 din fig. 3.12). deci, pentru 80% puncte, care monitorizează scurgerea râurilor (53 din 66), la ținerea contului de legăturile din cadrul șirurilor scurgerii anuale, eroarea medie pătratică se supraestimează cu 9%, comparativ cu valoarea ei admisibilă. Dacă nu vom ține cont de legăturile din interiorul șirurilor, atunci doar pentru 66% din bazinele de recepție studiate se va respecta cerința despre eroarea admisibilă.

La generalizarea coraportorilor erorii calculului la toate pofilele hidrometrice (fig. 3.13), coeficientul de proporționalitate în medie constituie 1,65. Un așa rezultat denotă influența considerabilă a nivelului înalt de legături din cadrul șirului scurgerii anuale a râurilor cercetate și, deci, a rolului care aparține impactului proceselor antropice asupra resurselor de apă a Republicii Moldova.

Desigur, că la un așa nivel de veridicitate a datelor inițiale, apare necesitatea racordării șirurilor scurgerii anuale la o perioadă multianuală. Aceasta poate condiționa o scădere a erorii în calculul parametrilor statistici a scurgerii anuale, ținând cont de particularitățile expresiilor (3.7) și (3.8).

Extrapolarea și modelarea șirurilor în scopul restabilirii scurgerii anuale reprezintă o sarcină independentă, pentru soluționarea căreia se propun diferite procedee [13, 15, 20, 40, 58, 76, 94]. Racordarea șirurilor hidrologice și a parametrilor săi statistici la un șir multianual, de regulă, se realizează prin metode analitice. Pentru racordarea preventivă se admite aplicarea

metodelor grafice și grafoanalitice. De regulă, precum se recomandă în [13], se aplică metodele analitice, bazate pe analiza regresiiilor cu aplicarea râurilor-analog.

La selectarea punctului-analog drept criteriu de bază servește prezența sincronității în oscilațiile scurgerii râului din secțiunea de calcul și secțiunii-analog, care se exprimă cantitativ prin coeficientul de corelare pară sau multiplă (la folosirea mai multor analogi). În afara de aceasta, prezintă interes aplicarea, în calitate de analog, a datelor scurgerii intermediare a fl. Nistru în scopul racordării scurgerii anuale la ciclul secular. Acest moment a fost descris anterior, la analiza sincronității scurgerii anuale a râurilor din Republica Moldova, fapt ce permite realizarea parametrilor statistici a scurgerii anuale în baza analizei regresiiilor. Calculele pentru racordarea scurgerii anuale se indică de a fi realizate pentru pofilele transversale ale râurilor, unde eroarea statistică probabilă este mai mare decât cea admisibilă $\varepsilon_y = 10\%$, calculată din formulele (3.7) și (3.8).

La alegerea râurilor-analog se propune aplicarea a două procedee. Primul constă în selectarea râurilor-analog din componența rețelei de monitoring existente, la care există șiruri lungi de observații de 45 ani și mai mult. În limitele teritoriului studiat, la starea anului 2010, se numără 21 bazine de recepție analoge (A 3.5) cu un diapazon al suprafețelor bazinelor de recepție de la 60,0 la 7100 km². Pentru o selecție concretă a râului-analog trebuie de ținut cont de recomandările propuse în documentul normativ [13].

Anterior s-a menționat existența unei sincronități vădite între variabilitatea în timp a componentelor scurgerii anuale a râurilor pe teritoriul Republicii Moldova. Aceasta permite racordarea caracteristicilor scurgerii la o perioadă multianuală, atât în faza creșterii ciclului secular (cap. 3.2.1), cât și în perioada ciclului doi intrasecular prin aplicarea corelării liniare și a metodei raporturilor, conform expresiei:

$$\bar{Y}_N = \bar{Y}_n \left(\bar{Y}_{a(N)} / \bar{Y}_{a(n)} \right), \quad (3.14)$$

unde $\bar{Y}_n, \bar{Y}_{a(n)}$ – valorile monitorizate ale scurgerii râurilor respectiv în punctul cu observații scurte și în punctele-analog cu observații sistematice. În funcție de soluțiile dorite, $\bar{Y}_n, \bar{Y}_{a(n)}$ pot însemna valorile restabilite pentru ani concreți după limita observațiilor hidrometrice în punctul de calcul, norma scurgerii sau valorile scurgerii de asigurare dată.

Calculele finale, astfel, denotă că racordarea șirurilor scurgerii anuale totale, de suprafață și subterane la scurgerea multianuală de calcul trebuie realizată prin aplicarea a două metode: corelării multiple și raportului. Racordarea șirurilor caracteristicilor studiate a fost realizată pentru perioada 1950-2010, care include al doilea ciclu intrasecular (fig. 3.3-3.6), iar pentru râurile

bazinului fl. Nistru s-a realizat suplimentar un calcul cu evidențierea ciclului secular complet (anii 1881-2010).

Fără a intra în detaliile analizei, la aplicarea metodelor corelării multiple și metodei raportului, prezentăm rezultatele finale în aprecierea parametrilor statistici ai componentelor scurgerii anuale, care sunt integrate în A 3.1-3.3.

Compararea rezultatelor racordării scurgerii anuale totale și coeficienților variației sale, cu datele obținute din șirurile de date măsurate, sunt prezentate în tab. 3.9 și în fig. 3.14 și 3.15. Din aceste grafice reiese, că în calitate de analog pot servi valorile numerice ale normei și coeficienților variației scurgerii anuale intermediare a fl. Nistru, cu o durată de peste un secol (129 ani). În acest caz, valorile racordate ale parametrilor statistici a râurilor cercetate firesc se schimbă, aproximativ cu 18-20%. Norma scurgerii totale anuale racordate în medie scade cu aceeași valoare procentuală, cu cât va crește coeficientul ei de variație racordat.

Tabelul 3.9

Rezultatele comparării parametrilor statistici mășurați și ajustați la ciclul anual al parametrilor statistici ai scurgerii anuale totale

Râul – postul hidrometric	Numărul de ani	Norma scurgerii anuale totale, mm/an		Coeficientul de variație	
		din datele măsurătorilor	ajustată	din datele măsurătorilor	ajustată
Camenca – p.h. Camenca	36	76,0	66,4	0,21	0,25
Beloci – p.h. Beloci	51	77,0	60,6	0,13	0,15
Molochiș – p.h. Molochișul Mare	59	30,0	24,2	0,44	0,51
Râîbnița – p.h. Andreevca	15	32,0	27,1	0,52	0,61
Iagorlâc – p.h. Doibani	60	26,0	21,1	0,39	0,47
Răut – p.h. Bălți	63	43,0	35,4	0,58	0,69
Răut – p.h. Jeloboc	53	47,0	36,9	0,53	0,62
Cubolta – p.h. Cubolta	45	65,0	53,9	0,33	0,39
Cainar – p.h. Sevirova	57	53,0	42,3	0,46	0,54
Ciulucul Mic – p.h. Telenești	51	40,0	31,7	0,65	0,77
Bălțata – p.h. Bălțata	48	26,0	21,0	0,34	0,39
Bâc – p.h. Chișinău	43	44,0	36,1	0,66	0,79
Botna – p.h. Căușeni	59	22,0	17,8	0,60	0,71
Vilia – p.h. Bălăsinești	58	73,0	62,6	0,54	0,64
Draghiște – p.h. Trinca	54	64,0	55,8	0,59	0,67
Ciuhur – p.h. Bârlădeni	60	65,8	57,3	0,47	0,55
Căldarușa – p.h. Cajba	36	60,3	41,6	0,57	0,67

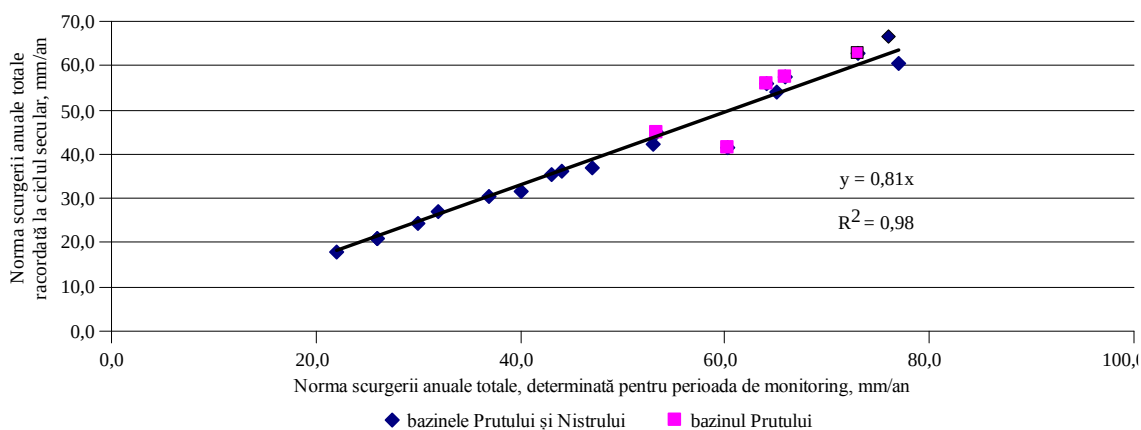


Fig. 3.14. Graficul funcției normei scurgerii anuale a râurilor din Republica Moldova, calculate pentru perioada de monitorizare și norma scurgerii ajustată la ciclul secular

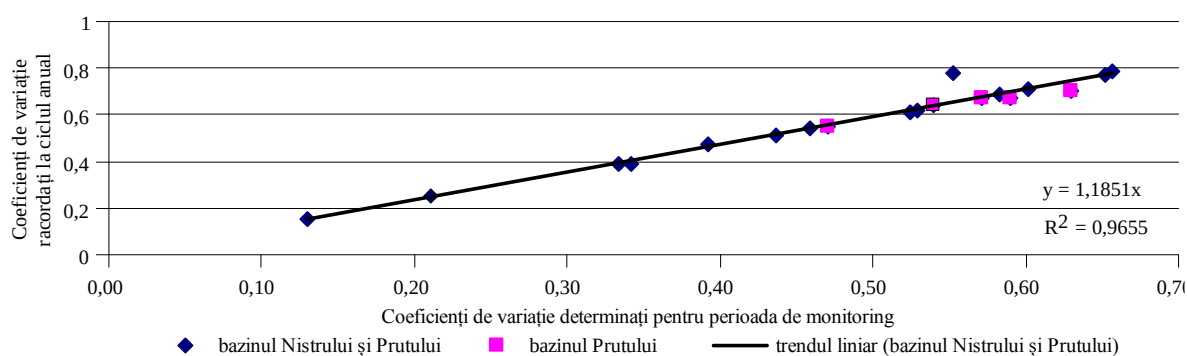


Fig. 3.15. Graficul funcției coeficienților de variație a scurgerii anuale

Aceasta se datorează faptului, că datele despre caracteristicile scurgerii anuale a râurilor cercetate din 1960 până în 2010 se atribuie la faza umedă din cilul secular primit (fig. 3.6 și tab. 3.1). Includerea fazei secetoase a ciclului secular (1881-2010) în racordarea caracteristicilor scurgerii râurilor mici, desigur va modifica rezultatele.

De menționat, că valorile prezentate ale normei scurgerii anuale din bazinul Prutului, care formează scurgere în nordul Republicii Moldova, sunt în concordanță deplină cu datele râurilor din bazinul Nistrului, confirmând astfel reprezentativitatea aplicării în calitate de analog a scurgerii intermediare a Nistrului pe segmentul dintre posturile hidrometrice Zaleshshiki și Bender.

Realizarea ajustării componentei subterane a scurgerii anuale la ciclul secular poate fi realizată prin aplicarea coeficienților medii multianuali a ponderii alimentării subterane $\bar{\Psi}_{sb}$, considerându-i stabili, independenți de faza hidrologică a ciclului. Aceasta poate fi confirmată prin funcția prezentată în fig. 3.16.

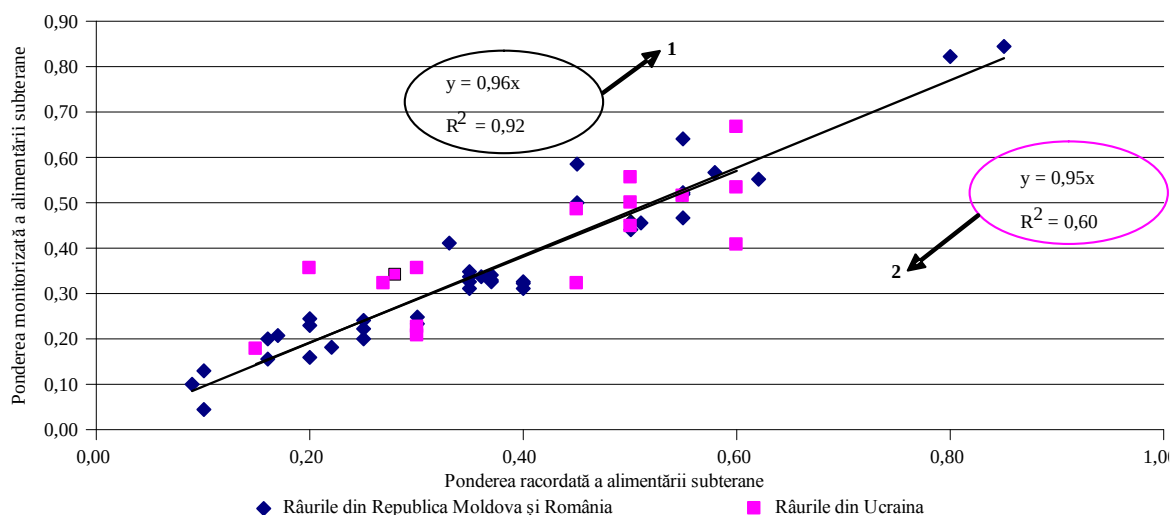


Fig. 3.16. Funcția coeficienților ponderii alimentării subterane calculate din datele monitorizate și pentru datele ajustate. 1 – ecuația pentru râurile din Republica Moldova și România; 2 – ecuația pentru râurile din Ucraina

Rezultatele finale în aprecierea parametrilor statistici ai componentelor studiate din scurgerea anuală, precum și datele ajustate la ciclul secular sunt prezentate în A 3.6. Aceste rezultate reprezintă baza de date inițială, care a servit la elaborarea modelului regional de apreciere a resurselor de apă naturale, pentru râurile nestudiate în aspect hidrologic și cursurile intermitente din Republica Moldova.

3.2. Evaluarea resurselor de apă sub influența factorilor naturali și antropici ai mediului

Modificarea resurselor hidrotermice sub influența particularităților naturale și antropice ale peisajelor. În cadrul cercetării aspectelor bilanțului termic al suprafeței subiacente a uscatului și în condițiile diversității reale a peisajelor, apar un șir de probleme, condiționate de lipsa observațiilor multianuale detaliate pentru suprafețe cu caracter diferit de absorbție și reflecție a radiației solare.

Valoarea care caracterizează capacitatea de reflectare a suprafeței terestre sau **albedo suprafeței subiacente α** , se determină prin raportul radiației reflectate de la suprafață G , către radiația sumară primită de această suprafață Q :

$$\alpha = \frac{G}{Q}. \quad (3.15)$$

În funcție de particularitățile teritoriului, capacitatea lui de reflecție poate varia considerabil. Experimental s-au determinat valorile capacității de reflecție, adică albedo pentru diferite tipuri de suprafețe. Valorile numerice ale albedo (în %) sunt prezentate în tabelele

îndrumarului [115]. Din aceste date poate fi determinată valoarea albedo pentru orice suprafață cunoscută din orice peisaj.

Pentru teritoriul Republicii Moldova, în baza imaginilor ortofotoplanurilor ediția 2007, s-au apreciat caracteristicile repartiției principalelor tipuri de suprafață terestră. În baza acestor materiale, s-au selectat principalele tipuri de suprafață terestră pentru condiții naturale și modificate prin activitatea antropică. În continuare, urmând recomandările îndrumarului [115, tab. VII], s-a efectuat clasificarea indicatorilor cantitativi ai albedo pentru tipurile reale de suprafețe subiacente (3.10).

Tabelul 3.10

Rezultatele aprecierii capacității de reflecție (albedo) a suprafețelor naturale și antropice ale peisajelor din Republica Moldova

Suprafețe naturale		Suprafețe antropice	
Caracteristici ale suprafeței	Albedo, α_E	Caracteristici ale suprafeței	Albedo, α_E
Păduri de conifere	12	Gunoști	13
Lipsa solului	13	Cariere	14
Ierburi și arbuști	15	Cimitire	15
Arbori și ierburi	15	Zone de recreație	15
Arbori și arbuști	15	Vii și livezi	15
Arbori, arbuști, ierburi	15	Fâșii forestiere	15
Vegetație de litoral	16	Localități urbane	17
Ierburi	17	Terenuri agricole	20
Păduri de foioase	17	Aerodromuri	20
Iarbă cu rocă deschisă	17	Lacuri piscicole	20
Terenuri umede	17	Arii mici de vii	20
Grinduri de nisip	18	Terenuri cu cereale	22
Iarbă cu copaci solitari	23	Vii	23
Pajiști	24	Canale	24
Plauri	30	Localități rurale	27
Albii	30	Construcții industriale	30
Albedoul mediu	18	Lacuri și acumulări de apă	35
		Sere	50
		Albedoul mediu	22

În continuare, prin aplicarea tehnologiilor SIG, s-au determinat ariile care ocupă tipul respectiv de suprafață cu albedoul dat. Rezultatele acestor calcule sunt prezentate în tab. 3.11.

În acord cu datele din tab. 3.11 reiese, că la o variabilitate relativ mică a capacității de reflecție a suprafețelor subiacente la începutul sec XXI, ele sunt foarte pestrițe. De aici a apărut necesitatea, aprecierii valorilor medii ale albedoului prin aplicarea metodei ponderii valorii albedoului pentru regiunile peisagistice prin formula

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1\omega_1 + \alpha_2\omega_2 + \alpha_3\omega_3 + \dots + \alpha_n\omega_n}{\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_n}, \quad (3.16)$$

unde $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ – valorile determinate ale albedoului pentru suprafața dată (col. 1, tab. 3.12); $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_n$ – suprafața, care corespunde albedoului dat, km².

Tabelul 3.11

Repartiția dimensiunilor ariilor cu indicele albedo dat

Albedo, α , %	Repartiția dimensiunilor ariilor cu indicele albedo în corespundere cu numărul ariei peisagistice din tab. 3.12						
	1	2	3	4	5	6	7
	Teritorii acoperite cu componente naturale ale peisajului						
12	0,04	0,0	0,60	1,91	0,16	0,38	0,20
13	18,9	4,81	7,88	2,49	1,29	0,80	7,04
15	249	80,9	197	64,0	253	230	39,8
16	75,2	26,7	75,0	18,9	95,2	68,9	16,6
17	984	258	1538	185	604	177	158
18	0,0	0,0	0,04	0,0	0,39	0,0	0,06
23	94,7	55,5	51,6	19,5	16,5	15,8	5,91
24	684	323	344	57,7	333	218	85,9
30	69,6	10,7	7,24	33,8	10,5	2,48	94,3
35	1,15	1,58	0,0	0,0	23,1	61,5	8,40
Total	2177	761	2221	383	1336	114	416
	Teritorii acoperite cu componente antropice ale peisajului						
	1	2	3	4	5	6	7
	Teritorii acoperite cu componente antropice ale peisajului						
13	1,13	1,10	0,0	0,0	0,25	0,0	0,0
14	0,91	0,05	5,58	1,31	0,97	0,0	2,29
15	213	131	763	21,6	339	194	64,5
17	73,8	48,2	124	16,2	59,2	53,0	99,3
20	33,0	24,6	342	5,14	96,0	63,6	20,9
22	5089	2283	2061	1151	3492	2995	1593
23	405	108	151	103	79,4	35,8	125
24	0,0	0,0	0,0	0,0	2,59	2,53	1,63
27	784	300	549	145	423	262	213
30	23,4	11,7	4,21	11,0	8,83	4,07	6,05
35	117	53,5	67,0	3,70	42,6	73,7	22,7
50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,088
Total	6741	2960	4066	1458	4543	3684	2150

Principalele rezultate ale aprecierii valorilor după ponderea medie a albedoului pentru regiunea peisagistică sunt prezentate în tab. 3.12. Analiza acestor date demonstrează, că variația nesemnificativă a valorii de calcul a albedoului în limitele regiunilor peisagistice, iar suprafețele antropice au valori cu 2-3% mai mari. În total, suprafețele antropice ocupă 76% din teritoriul Republicii Moldova iar 24% revin suprafețelor naturale.

La o stabilitate relativă a repartiției valorilor albedo în regiunile peisagistice avem un tablou destul de pestriț în repartiția acestor suprafețe, care au o anumită valoare a albedoului.

Curios este faptul, că datele observațiilor actinometrice multianuale la stația Chișinău ([115], tab. 1.1) indică, că valoarea albedo constituie 21%, iar calculul lui detaliat pentru ariile naturale și antropice din regiunile peisagistice ne oferă aceleași rezultate (3.12).

Tabelul 3.12

Rezultatele aprecierii ariei suprafețelor naturale și antropice, și a albedoului pentru unele regiuni peisagistice

№ regiunii	Regiunea peisajeră	Suprafața, km ²			Ponderea medie a albedoului, $\bar{\alpha}$, %		Radiația sumară pe regiune, MJ/m ² ·an
		totală	naturală	antropică	arii naturale	arii antropice	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Podișurile și câmpiile de silvostepa ale Moldovei de Nord	8918	2177	6741	20	23	4047
2	Câmpiile și dealurile de stepă ale Moldovei de Nord	3721	761	2960	20	22	4054
3	Podișul Codrilor	6287	2221	4066	18	21	4263
4	Podișul Podoliei	1840	383	1457	19	22	4131
5	Câmpiile și podișurile Moldovei de Sud	5880	1337	4543	19	22	4427
6	Câmpia de stepă a Bugeacului	4458	774	3684	20	22	4196
7	Câmpiile aluviale de stepă ale Nistrului Inferior	2566	416	2150	22	22	4312
Suprafața totală și albedoul mediu, în % din suprafața totală		33698	8080	25618	20	22	-
Albedoul mediu, în % din suprafața totală		100	24	76	-	-	-

Rezultatele obținute în aprecierea valorii medii a albedoului (3.12), permit determinarea valorii radiației reflectate G pentru suprafețe naturale și antropice ale regiunilor peisagistice, bazându-ne pe relația:

$$G = \frac{Q\bar{\alpha}}{100}. \quad (3.17)$$

Aplicarea formulei (3.17) poate fi realizată în două variante, în funcție de modul de apreciere a componentelor din ea și a scopurilor urmărite. Ținând cont de faptul, că informația despre valorile numerice ale albedoului obținute din harta cuverturii teritoriului din 2007, este firesc utilizarea datelor radiației solare din același an, în acord cu particularitățile variației ei în limitele regiunilor peisagistice. În același timp datele generalizate despre valoarea multianuală a

albedoului și a celei din anul 2007 practic coincid. Aceasta a permis calcularea radiației reflectate prin aplicarea datelor generale despre radiația globală, generalizată în limitele regiunilor peisagistice (tab. 3.13) și la valorile corespunzătoare ale albedoului, prezentate în tab. 3.12. Rezultatele acestor aprecieri sunt prezentate în tab. 3.13.

Tabelul 3.13

Rezultatele determinării radiației reflectate și absorbite în condițiile suprafețelor naturale și antropice din regiunile peisagistice

№ regiunii	Regiunea peisagistică	Suprafața, km ²	Radiația globală MJ/M ²	Radiația reflectată, MJ/M ²		Radiația absorbită, MJ/M ²	
				naturală	antropică	naturală	antropică
1	Podișurile și câmpiile de silvostepă ale Moldovei de Nord	8918	4047	809	931	3238	3116
2	Câmpiile și dealurile de stepa ale Moldovei de Nord	3721	4054	810	892	3244	3162
3	Podișul Codrilor	6287	4263	764	895	3499	3368
4	Podișul Podoliei	1840	4131	785	909	3346	3222
5	Câmpiile și podișurile Moldovei de Sud	5880	4427	876	974	3551	3453
6	Câmpia de stepă a Bugeacului	4458	4196	839	923	3357	3273
7	Câmpiile aluviale de stepă ale Nistrului Inferior	2566	4312	948	949	3364	3363

Materialele din tab 3.12 și 3.13 permit evidențierea legității influenței suprafețelor antropice asupra schimbării componentelor radiației solare și determinarea limitelor admisibile ale transformării suprafeței subiacente, care nu afectează condițiile bilanțului de radiație stabil al peisajelor naturale din Republica Moldova. Calculele noastre denotă, că în prezent, antropizarea sistemelor peisagistice provoacă o creștere a radiației reflectate în medie cu 11%. Cea mai mare capacitate de reflecție se observă în limitele Codrilor (17%). Aici, la un nivel înalt de împădurire, albedoul acestor suprafețe naturale nu depășește 15-18%, iar în aceiași regiune transformările antropice au dus la o creștere a reflecției până la 23%.

În condițiile creșterii ariilor suprafețelor antropice, radiația absorbită de regulă descrește proporțional. Aceasta favorizează o încălzire mai mică a acestor teritorii și, în consecință, micșorarea pierderilor la evaporare. Grație modificărilor modului de acoperire a suprafeței versanților, are loc transformarea resurselor termoenenergetice a climatului și echivalentului evaporației maxime de pe suprafața uscatului. În final, aceasta se manifestă în creșterea proporțională a resurselor de apă climatice pe suprafețe de așa gen.

Influența expoziției și pantelor versanților asupra insolației suprafeței terestre a peisajelor. Pentru aprecierea practică a influenței expoziției și pantei asupra insolației poate fi aplicat „coeficientul de insolație a scoarței terestre”, care caracterizează, în acord cu investigațiile lui Aceasov A.B. [28], raportul cantității de radiație solară directă S_{ex} , care revine pe un versant cu o expoziție și pantă concretă, către cantitatea de radiație incidentă pe o suprafață orizontală S' care se exprimă prin formula:

$$K_{ins} = \frac{S_{ex}}{S'} = a + \left[(-c_1 I + c_2 I^2) \cdot \sin \left(\frac{3.14 E}{180} + 1.66 \right) - c_3 I - c_4 I^2 \right], \quad (3.18)$$

unde: E – expoziția pantei în grade; I – panta versantului în grade; a , c_1 , c_2 , c_3 , c_4 – parametri empirici. Pentru realizarea formulei (3.18) se propun graficele acestei funcții, construite pentru rumburile nordice și sudice (3.17 a și b). Din expresia (3.18) reiese, că valoarea solicitată a radiației solare directe pe o expoziție concretă și cu o pantă concretă a peisajului studiat se va determina din raportul:

$$S_{ex} = K_{ins} S'. \quad (3.19)$$

Transformarea și integrarea curbelor de repartitie a expoziției versanților în diapazonul 0-180 și 180-360 grade, oferă posibilitatea determinării asigurării valorilor expoziției pentru părțile orizontului (rumburi), (fig. 3.17a și 3.17b).

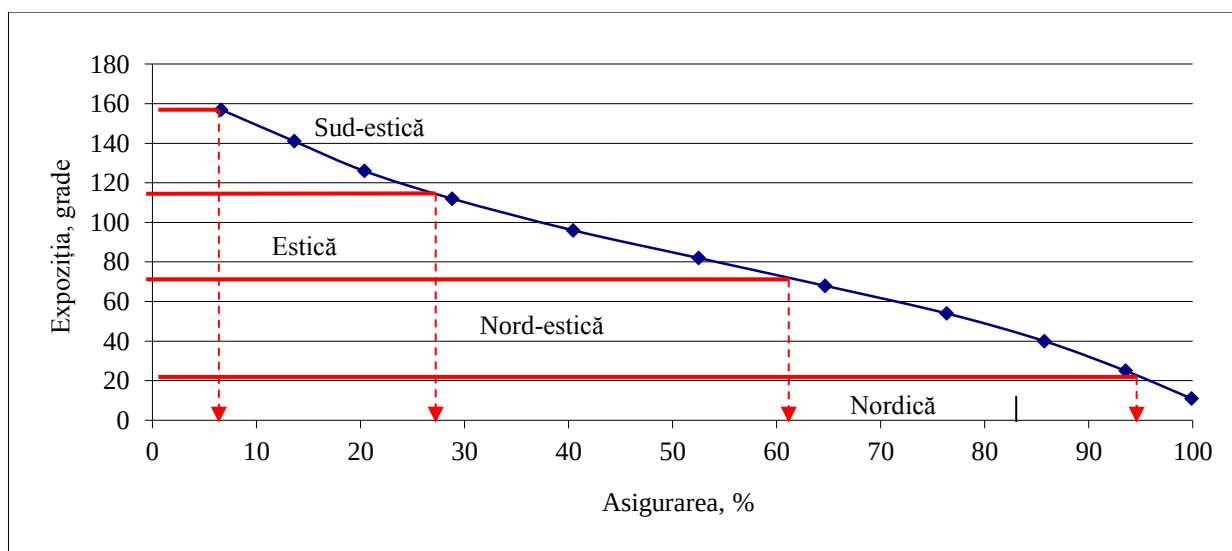


Fig. 3.17a. Curba asigurării spațiale a expoziției versanților pe teritoriul Podișului Codrilor, cu începerea numărării de la direcția nordică

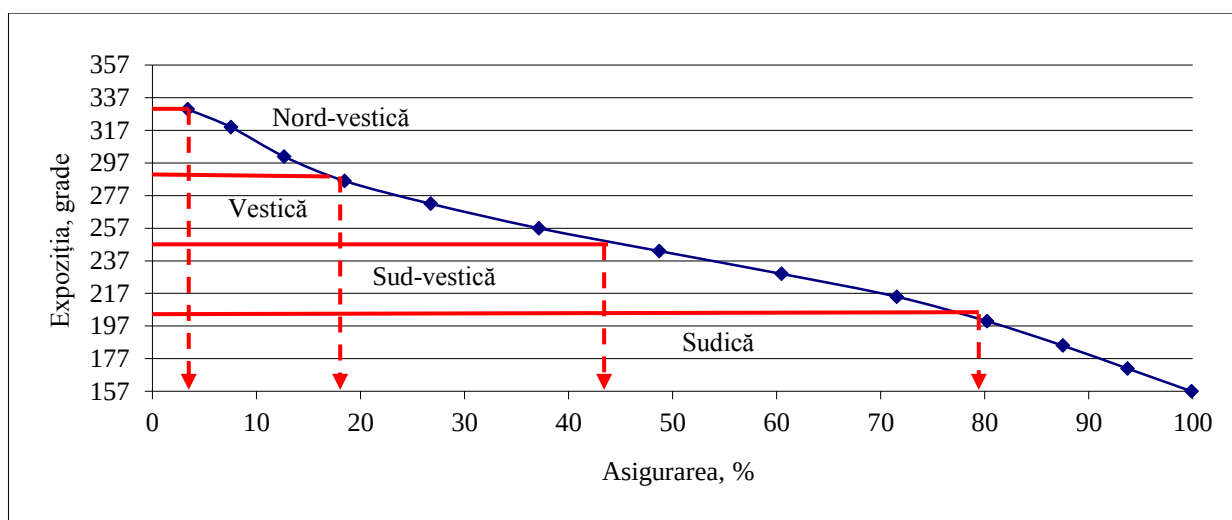


Fig. 3.17b. Curba asigurării spațiale a expoziției versanților pe teritoriul Podișului Codrilor, cu începerea numărării de la direcția sudică

Ordinea determinării S_{ex} constă în următoarele:

- Din valoarea știută a expoziției E , ținând cont de curbele repartiției empirice a expoziției versanților (fig. 3.17 a și b);
- În mod analogic se determină valoarea pantei versantului (media pe regiunea peisagistică, pe bazin de recepție sau orișicare altă arie);
- Prin aceste argumente aplicând expresia (3.18) sau graficele din fig. 3.17a și 3.17b, se determină coeficientul de insolație a suprafeței studiate;
- În baza ecuației (3.19) se calculează valoarea dorită a radiației solare directe S_{ex} prin cantitatea de radiație pe o suprafață orizontală cunoscută pentru regiunea dată S' ;
- Valoarea radiației solare care ajunge pe suprafața orizontală S' poate fi determinată din datele observațiilor actinometrice la stația-analog sau prin generalizări teritoriale (cap. 2).

Drept exemplu oferim calculul indicilor insolației pentru teritoriul regiunii peisajere Podișul Codrilor. Aici, în acord cu fig. 3.17a, indicăm repartiția expoziției versanților pentru direcția nordică, unde ea variază de la 0 la 160 grade. Valorile pantelor versanților s-au determinat prin analiză statistică specială a modelului numeric al pantelor din regiunea peisagistică cercetată. Rezultatele sunt prezentate în tab. 3.14.

Pentru regiunile de bază din nordul, centrul și sudul Republicii Moldova (Podișurile și câmpiile de silvostepa ale Moldovei de Nord, Podișul Codrilor, Câmpiile și podișurile Moldovei de Sud) s-a realizat prelucrarea statistică a valorilor pantelor versanților, prezentate în tab. 3.15 prin construcția curbelor de asigurare spațială a pantelor în limitele regiunilor date. Rezultatele analizei sunt prezentate în fig. 3.18.

Tabelul 3.14

Datele repartiției spațiale a pantelor versanților pentru unele regiuni peisagistice din Republica Moldova

№ regiunii	Regiunea peisagistică	Suprafața regiunii, km ²	Categorii de forme de relief (%) după valoarea pantei versanților (grade)			
			< 2%	2-6%	6-10%	10-15%
1	Podișurile și câmpiile de silvostepă	8918	27	59	12	2
2	Câmpiile și dealurile de stepă ale Moldovei de Nord	3721	27	60	11	1
3	Podișul Codrilor	6287	16	43	31	10
4	Podișul Podoliei	1840	41	27	26	5
5	Câmpiile și podișurile Moldovei de Sud	5880	29	50	18	2
6	Câmpia de stepă a Bugeacului	4458	42	49	8	1
7	Câmpiile aluviale de stepă ale Nistrului Inferior	2566	75	20	3	2

Având la dispoziție curbele asigurării spațiale a expoziției (fig. 3.17a și 3.17b) și aceleași curbe ale pantelor versanților (fig. 3.18), devine posibilă realizarea practică a ecuației (3.18), adică estimarea coeficientului de insolație în intervalul direcțiilor nord și sud, la o variație reală a pantelor versanților.

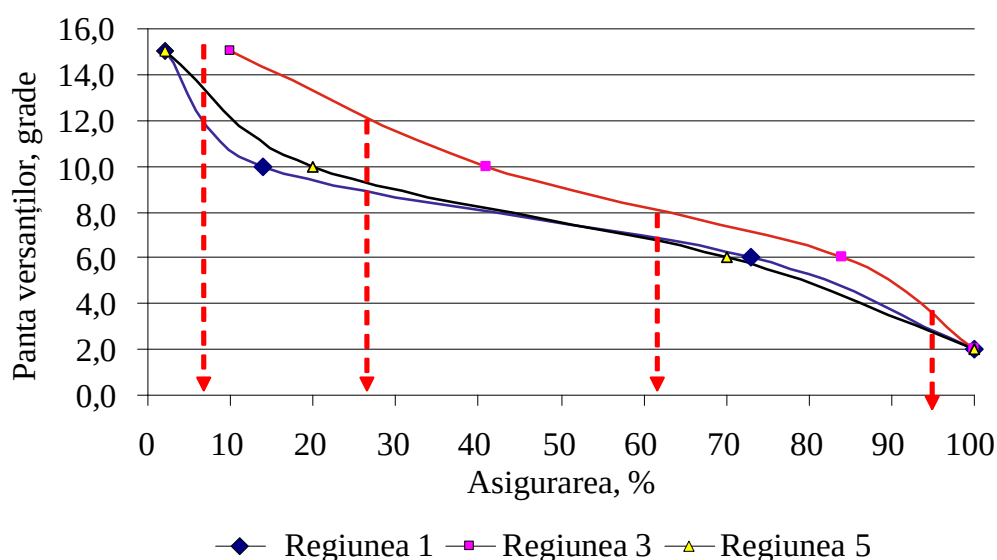


Fig. 3.18. Curbele repartiției spațiale a asigurării pantelor pentru regiunile peisagistice

Evidența cantitativă a influenței expoziției și pantelor asupra variației insolației în limitele peisajelor reale este posibilă direct prin aplicarea interpretării grafice a formulei (3.19), utilizând graficele construite, prezentate în A 3.7.

Ca exemplu vom realiza o analiză, utilizând datele din Podișul Codrilor. Pentru orientarea dată a versanților (expoziția) în baza graficelor din fig. 3.17a și 3.17b s-au apreciat valorile respective ale expoziției în grade, care apoi s-au integrat în tabelul 3.15 (coloana 3). Din graficul fig. 3.18 pentru regiunea 3 (Codrii) s-a estimat valoarea pantei de aceeași asigurare a versantului (coloana 4). Aceste două argumente permit determinarea valorii coeficientului de insolație a suprafeței terestre K_{ins} în baza ecuației (3.18).

Tranziția de la coeficientul de insolație a suprafeței terestre către valoarea solicitată a radiației solare directe S_{ex} , ajunsă la suprafața reală a versantului din regiunea peisagistică cercetată se realizează prin ecuația (3.19). În exemplul prezentat, valoarea de facto a radiației solare directe S' se culege din materialele observațiilor multianuale la st. Chișinău [115], valoarea numerică a căreia este $S' = 2552 \text{ MJ/m}^2 \text{ an}$.

În final, valoarea dorită a radiației solare directe ajunsă la suprafața versanților de o anumită expoziție și pantă S_{ex} se indică în tab. 3.15, coloana 6.

Tabelul 3.15

Exemplu de apreciere a coeficientului de insolație a pantelor și radiației solare directe pe teritoriul Podișului Codrilor

Orientarea versanților	Simbol	Ordonatele egal asigurate		Coeficienți de insolație din formula (5.4)	Radiația solară directă (5.5), S_{ex} , MJ/m^2
		expoziției	pantelor		
1	2	3	4	5	6
nordică	N	22.5	3,8	0,98	2501
nord-estică	NE	67.5	8,0	0,99	2526
estică	E	112	12,0	1,05	2680
sud-estică	SE	157	15,8	1,25	3190
sudică	S	202	6,8	1,09	2782
sud-vestică	SW	247	9,2	1,15	2935
vestică	W	292	13,2	0,85	2169
nord-vestică	NW	337	16,0	0,80	2042
nordică	N	360	2,0	0,98	2501

Recomandările metodice propuse, care apreciază influența expoziției și pantelor versanților reali asupra bilanțului termic al versanților pot fi aplicate la generalizarea particularităților hidrologice și agroclimatice ale peisajelor din Republica Moldova.

3.3. Aprecierea posibilelor modificări a bilanțului hidrotermic sub influența încălzirii globale a climei

Modelarea modificărilor componentelor bilanțul hidrotermic al uscatului sub influența încălzirii globale a climei. Modificarea climei reprezintă principalul argument, care

influențează, în prezent, problemele hidrologice și ecologice a Pământului. Este evidentă legătura dintre încălzirea globală a climei și posibilele schimbări în bilanțul hidrologic al uscatului.

O importantă condiție în aprecierea modificărilor componentelor bilanțului de apă se consideră adoptarea perioadei de referință a observațiilor asupra scurgerii anuale, a precipitațiilor și a temperaturii aerului, pentru compararea lor ulterioară în scenariile adoptate în aprecierile posibilă a încălzire globale în diferiți ani ai sec. XXI.

Organizația Meteorologică Mondială (OMM) coordonează publicarea normalelor climatice globale pentru statele membre, pentru anumite perioade de timp cu o durată de 30 ani, considerându-le drept standarde începând cu 1901-1930, 1931-1960, 1961-1990 și recomandă fiecărui stat membru recalcularea normelor sale climatice peste fiecare 10 ani.

În 2008 grupul interguvernamental de experți în schimbările climatice pentru 5 scenarii elaborate [57] (CGCM1, HadCM2, HadCM3, RegCM2, ECHAM4), la recomandarea OMM drept perioadă de referință s-au luat anii 1960-1990, adică 30 ani. Aceste norme – 1961-1990 s-au respectat inclusiv până în anul 2013. Grupul interguvernamental de experți în schimbările climatice în al 5-le raport de evaluare [122] la recomandarea OMM acceptă o altă, nouă, perioadă de referință cu o durată de 30 ani – 1981-2010.

Aplicarea normalelor climatice de 30 ani durată este veridică în aceeași măsură ca și aforismul: „Cea mai bună predicție a comportamentului pe viitor este comportamentul din trecut”. Din aceste considerente, la aplicarea normalelor climatice se presupune prezența condițiilor de staționaritate în schimbarea climei. După cum se remarcă în lucrarea [120]: „Atât timp cât staționaritatea se încalcă, la rândul său și valoarea medie retrospectivă a perioadei de 30 ani devine cu mult mai puțin utilă, decât indicatorul condițiilor climatice actuale și viitoare”.

Subiectul alegerii perioadei de referință și acceptării în baza lui a normelor de bază ale componentelor bilanțului hidrotermic, are o importanță principală în calculele încălzirii globale, deoarece pentru această perioadă se elaborează scenariile schimbărilor temperaturilor și precipitațiilor. Aici, în calitate de exemplu, s-a realizat o analiză variațională completă a materialelor observațiilor multianuale a precipitațiilor și temperaturilor la st. Chișinău, pentru o perioadă mai lungă de un secol (fig. 3.19). De rând cu aceasta, pe acest fundal, în tab. 3.16, se prezintă aprecierea parametrilor statistici ai caracteristicilor nominalizate, pentru perioadele calendaristice recomandate de OMM.

Tabelul 3.16

Date integrate a parametrilor statistici a precipitațiilor anuale și temperaturii aerului pentru perioada de referință recomandată de OMM la stația Chișinău

Perioada de referință	Norma de referință	Abaterea standard, σ	C_v	$r(1)$	Eroarea normei de referință			Coef. modul $\bar{K} = \frac{x_n}{x_N}$
					din formula erorii standard	din formula (3.7)	totală	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Precipitațiile medii anuale								
1961-1990	544	107	0,197	0,0117	4,08	8,00	12,1	1,09
1971-2000	543	110	0,203	0,0427	4,33	8,00	12,3	1,09
1981-2010	546	109	0,199	0,0504	4,41	8,00	12,4	1,10
1878-2010	498	111	0,223	0,0770	2,00	0,0	2,0	1,0
Temperatura medie anuală a aerului								
1961-1990	9,6	0,858	0,089	0,056	1,7	3,4	5,1	0,99
1971-2000	9,7	0,926	0,095	0,077	1,9	3,4	5,3	1,00
1981-2010	10,2	0,969	0,095	0,400	2,7	3,4	6,1	1,05
1892-2010	9,7	0,839	0,0865	0,207	0,1	0,0	0,1	1,00

Notă: textul evidențiat reprezintă datele utilizate în calculele ulterioare.

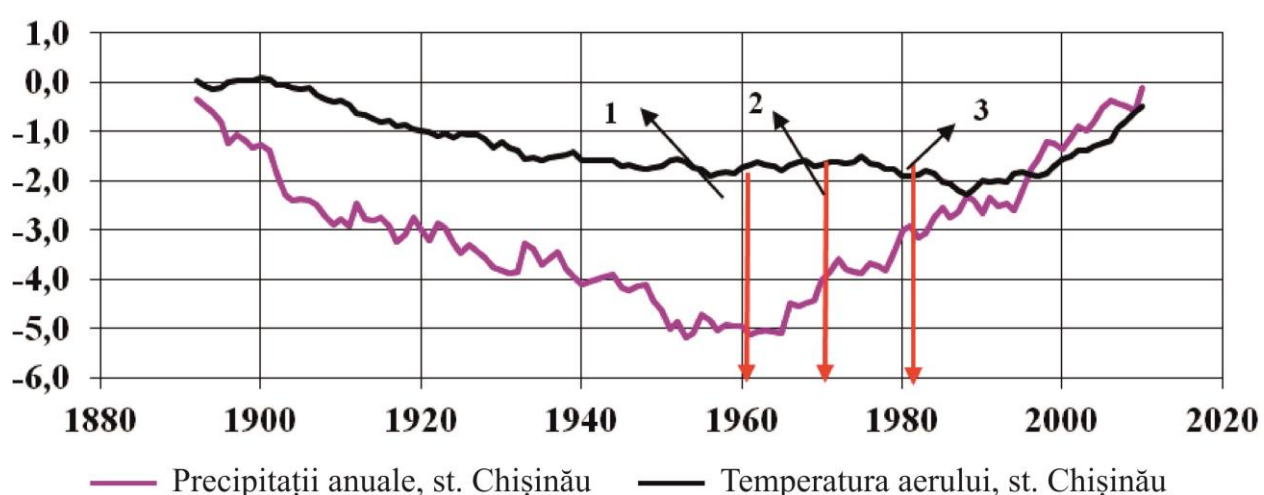


Fig. 3.19. Graficele combinate ale variației în timp a ordonatelor funcției normate integrate a precipitațiilor anuale și temperaturii aerului. (1 – 1961, 2 – 1971, anii începerii perioadei de referință de 30 ani în acord cu scenariile [6]; 3 – 1981, similar pentru scenariile [7])

Rezultatele prelucrării statistice a șirurilor anuale de precipitații și temperaturi pentru o perioadă de peste un secol, comparativ cu perioada de referință recomandată de OMM sunt prezentate în A 2.10, iar pentru stația Chișinău – în tab. 3.16. Din aceste date reiese, că șirurile de precipitații anuale și temperatura aerului se caracterizează printr-o variabilitate mică în timp și printr-o autocorelare redusă. Valorile parametrilor statistici (normelor anuale de precipitații, abaterii standard și coeficientului de variație) pentru perioadele de bază acceptate trebuie precizate, ținând cont de devierea coeficienților selectați de autocorelare dintre membrii vecini ai șirului.

În acord cu aceste calcule, reiese că normele precipitațiilor anuale și ale temperaturii, chiar și la prezența legăturilor din cadrul șirului, se apreciază cu o precizie suficientă, care nu depășește limitele valorilor admisibile.

Trebuie de ținut cont de faptul, că datorită sincronizării ciclice exprimate (fig. 3.19) a componentelor hidroclimatice din bilanțul hidrotermic, reiese că toate perioadele de referință recomandate de OMM cuprind doar fazele de creștere, atât a temperaturii aerului, cât și a precipitațiilor în intervalul ciclului cu durata de peste un secol. De aceea, în acord cu concluziile anterioare (cap. 2), aici apare o eroare adițională, dependentă de neglijarea ciclicității [40].

La evidența acestor cerințe, eroare adițională de fază σ_a , calculată în baza formulei (2.30) pentru trei perioade de referință cu o durată de 30 ani, se prezintă în tab. 3.17 (coloana 8).

Tabelul 3.17

Caracteristicile statistice generalizate ale normelor de referință (1981-2010) ale temperaturilor medii anuale ale aerului pentru regiunile peisagistice din Republica Moldova

Norma de referință, mm	Numărul de stații	Abatere standard, mm	Coeficient de variație	Eroare medie, %	Coeficient de autocorelare	Erori, %		
						auto-corelare	fază	total
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Regiunea de Nord								
9,4	6	0,9	0,1	2,0	0,410	3,0	5,0	8,0
Regiunea Centrală								
10,0	6	1,0	0,10	2,0	0,418	3,0	3,0	6,0
Regiunea de Sud								
10,1	6	0,99	0,10	2,0	0,436	3,0	3,0	6,0

Rezultatul obținut denotă, că datorită amplitudinii de fază mici a ciclului secular al temperaturii aerului la st. Chișinău și a coeficienților de variație foarte mici ($C_v=0,095$), eroarea sumară a normei de referință s-a poziționat în limitele admisibile. În cazul dat, perioada de bază propusă (1981-2010) poate fi considerată cvasistaționară și valoarea normei medii multianuale de referință determinată (9,4-10,1°C) trebuie folosită în scenariile climatice aplicate.

Un tablou puțin diferit se atestă în determinarea veridicității normei de referință a precipitațiilor anuale. Calculele arată că eroarea sumară a normei de bază aici depășește limitele admisibile, cu o valoare mică doar de 2,4% (tab. 3.18).

Tabelul 3.18

Caracteristicile statistice generalizate ale normelor de referință (1981-2010) ale precipitațiilor anuale pentru regiunile peisagistice din Republica Moldova

Norma de referință, mm	Numărul de stații	Abatere standard, mm	Coeficient de variație	Eroare medie, %	Coeficient de autocorelare	Erori, %		
						auto-corelare	fază	total
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Regiunea de Nord								
558	28	129	0,23	4,0	-0,182	4,0	8,0	12
553	6	120	0,22	4,0	-0,289	5,0	8,0	13
Regiunea Centrală								
524	20	111	0,21	4,0	-0,141	4,0	8,0	12
549	6	98	0,19	4,0	0,022	4,0	8,0	12
Regiunea de Sud								
493	10	106	0,22	4,0	-0,08	4,0	5,0	9,0
504	6	121	0,24	4,0	-0,113	4,0	5,0	9,0

Aprecierile prezentate ale normelor de referință ale temperaturii aerului și precipitațiilor atmosferice, care s-au realizat pentru trei arii constituite din regiuni peisajere (Raionul de nord – A1, A2, A3, B1, B2, C1; Raionul central – D1, D2, D3, D4, E1, G1; Raionul de sud – E2, E3, E4, F1, F2, G1), se bazează pe repartitia teritorială a variației temperaturilor medii anuale, precipitațiilor anuale și scurgerii climatice, în acord cu scenariile încălzirii globale a climei RCP 2.6, RCP 4.5 și RCP 8.5.

Generalizări similare au fost realizate și pentru normele de referință ale precipitațiilor atmosferice, care sunt prezentate în tab. 3.18, unde sunt prezentate și rezultatele aprecierii parametrilor statistici a precipitațiilor, generalizate pentru 6 stații meteorologice utilizate pentru estimarea normelor de bază ale temperaturii aerului.

Proiecțiile (scenariile) schimbărilor climatice. În al cincilea raport de apreciere, scenariile schimbărilor climatice au fost precizate. Pentru scenariul A1B, care aparține primei grupe, se presupune o creștere a numărului populației până la mijlocul sec. XXI cu o scădere în continuare a emisiilor (fig. 3.20).

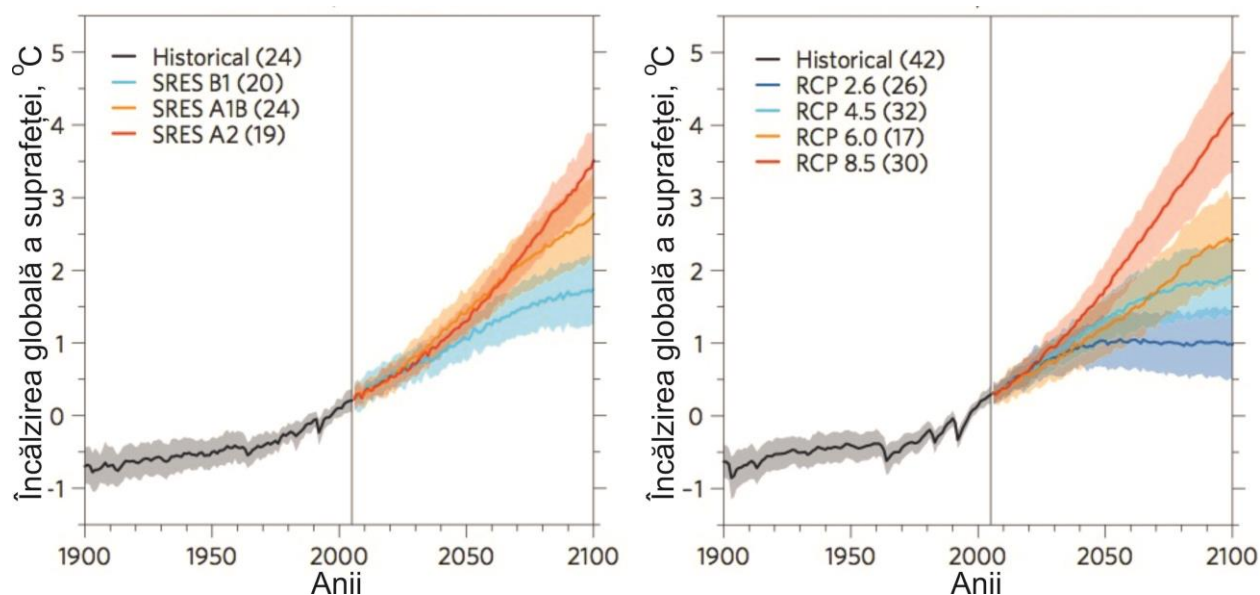


Fig. 3.20. Graficele scenariilor schimbărilor climatice conform RA4 și RA5 [122].

În prezent s-a realizat un volum mare de cercetări în aprecierea impactului încălzirii globale asupra elementelor bilanțului de apă pe teritoriul Republicii Moldova și al ariilor limitrofe. Pentru prima dată au fost realizate cercetări complete, prezentate în lucrările profesorului N. Lalîkin și coautorilor săi [58, 65, 72, 74].

În publicațiile nominalizate, ca punct inițial în modelare, s-au folosit scenariile posibilelor schimbări climatice în Republica Moldova în acord cu două scenarii de emisie a gazelor cu efect de seră (SRES A2 și SRES B2) și trei orizonturi de timp – anii 2010-2039, 2040-2069 și 2070-2099. În predicția caracteristicilor hidrologice sunt plasate valorile așteptate a doi indicatori climatici – precipitații atmosferice și temperatura aerului.

Către finele secolului XXI (scenariul A2) creșterea temperaturii poate constitui 4,7°C, iar în cazul unei economii prietenoase mediului (scenariul B2) va fi 3,4°C.

Studiile recente ale proiecțiilor umidității în bazinul fl. Nistru până la mijlocul sec. XXI, [30, 74] menționează diminuarea cantității anuale de precipitații în limitele bazinului Nistrului mediu și inferior de la 1,7 la 2,8%. Comparând această schimbare cu eroarea sumară a normei de bază (12,4%) concludem, că valoarea micșorării normei precipitațiilor anuale se află în intervalul preciziei de calcul. Această particularitate trebuie menționată în aprecierea gradului de schimbare a umidității sub influența încălzirii globale.

În același timp, există un șir de cercetări, dedicate aprecierii schimbărilor temperaturii aerului, precipitațiilor atmosferice și scurgerii râurilor pentru regiunile Republicii Moldovei [58, 5, 62, 65, 126, 133, ș.a.], unde pentru diferite proiecții și orizonturi sunt recomandate valori numerice ale componentilor nominalizați ai bilanțului hidrotermic. În A 3.8 sunt oferite rezultatele

celor mai cunoscute cercetări, consacrate aprecierii schimbărilor temperaturilor medii anuale ale aerului și precipitațiilor atmosferice pentru diferite proiecții și orizonturi.

Analiza datelor, prezentate în A 3.8, reflectă faptul că autorii nominalizați folosesc diferite scenarii și diferite orizonturi de timp, fapt ce complică compararea lor în cazul analizelor cantitative. În acest aspect, crește gradul de „incertitudine” a rezultatelor aprecierii schimbărilor climatice.

Drept suport pentru predicțiile schimbărilor climatice pentru trei orizonturi de timp (2021-2050, 2051-2080 și 2081-2100) s-au folosit recomandările din al 5-lea raport IPCC din 2013 pentru 3 RCP (RCP 2,6, RCP 4,5 și RCP 8.5), unde sunt propuse datele schimbărilor temperaturii medii anuale și medii pe anotimpuri a aerului. Pentru Republica Moldova datele de așa gen sunt indicate pentru trei regiuni geografice (A 3.9 și 3.10, tab. 3.19 și fig. 3.21).

La o stabilizare relativă a presiunii termoeenergetice, care se argumentează de proiecția RCP 2.6 – temperatura medie anuală a aerului va crește de la 10,0 la 11,4 grade. În acord cu rezultatele presiunii radiative intermediare (RCP 4.5).

Tabelul 3.19

Rezultatele aprecierii temperaturilor medii anuale a aerului conform scenariilor schimbărilor climatice în sec. XXI pe teritoriul Republicii Moldova

Intervalul de timp	Norma de referință, anii 1981-2010	Temperatura medie anuală pentru scenarii (°C)		
		RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 2.6
Regiunea de Nord				
2021-2050	9,4	10,6	10,5	10,0
2051-2080	9,4	12,1	11,2	10,8
2081-2100	9,4	14,2	11,9	10,8
Regiunea Centrală				
2021-2050	10,0	11,1	11,1	10,9
2051-2080	10,0	12,6	11,7	11,3
2081-2100	10,0	14,8	12,5	11,3
Regiunea de Sud				
2021-2050	10,1	11,3	11,3	11,0
2051-2080	10,1	12,7	11,9	11,4
2081-2100	10,1	14,8	12,6	11,4

Particularitățile variaționale ale sumelor precipitațiilor atmosferice în limitele regiunilor adoptate, judecând din datele prezentate în tab. 3.20, precum și în diagramele din fig. 3.22 se caracterizează printr-o dinamică înaltă, atât în timp, cât și în spațiu.

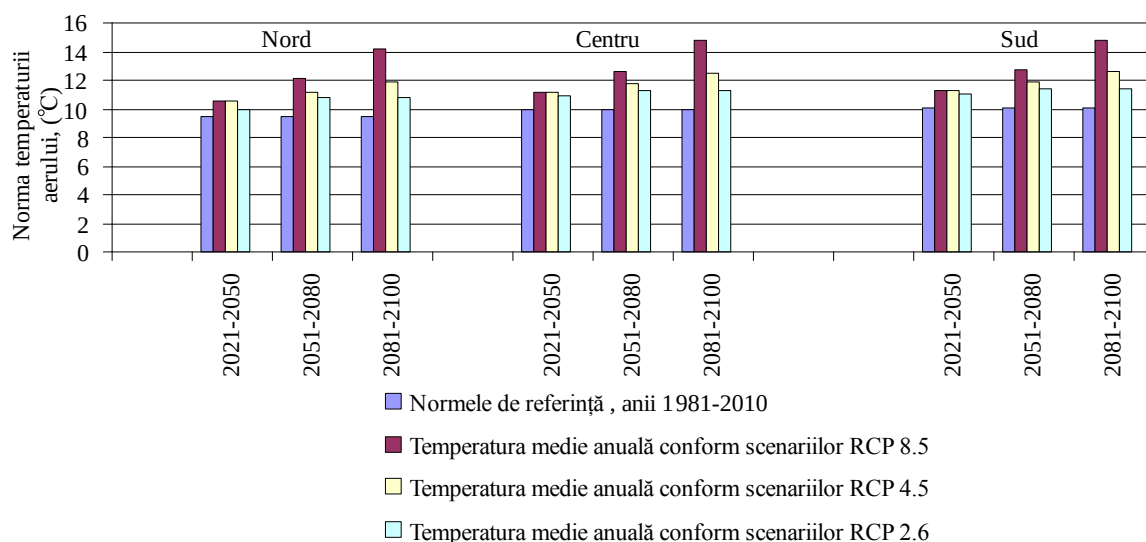


Fig. 3.21. Dinamica temperaturilor medii multianuale pentru proiecțiile și intervalele de timp adoptate în al 5-lea raport IPCC

Tabelul 3.20

Rezultatele aprecierii cantității medii multianuale a precipitațiilor medii anuale conform scenariilor schimbărilor climatice în sec. XXI pe teritoriul Republicii Moldova

Intervalul de timp	Norma de referință, anii 1981-2010	Cantitatea medie anuală a precipitațiilor, mm		
		RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 2.6
Regiunea de Nord				
2021-2050	558	562	551	558
2051-2080	558	555	568	571
2081-2100	558	518	560	575
Regiunea Centrală				
2021-2050	524	518	515	531
2051-2080	524	513	525	531
2081-2100	524	474	516	544
Regiunea de Sud				
2021-2050	493	490	491	502
2051-2080	493	482	492	506
2081-2100	493	430	492	517

Astfel, modificările stabilite ale normelor temperaturilor anuale și precipitațiilor pot fi aplicate pentru determinarea schimbării resurselor de apă naturale sub influența încălzirii globale pentru regiunile naturale ale Republicii Moldova.

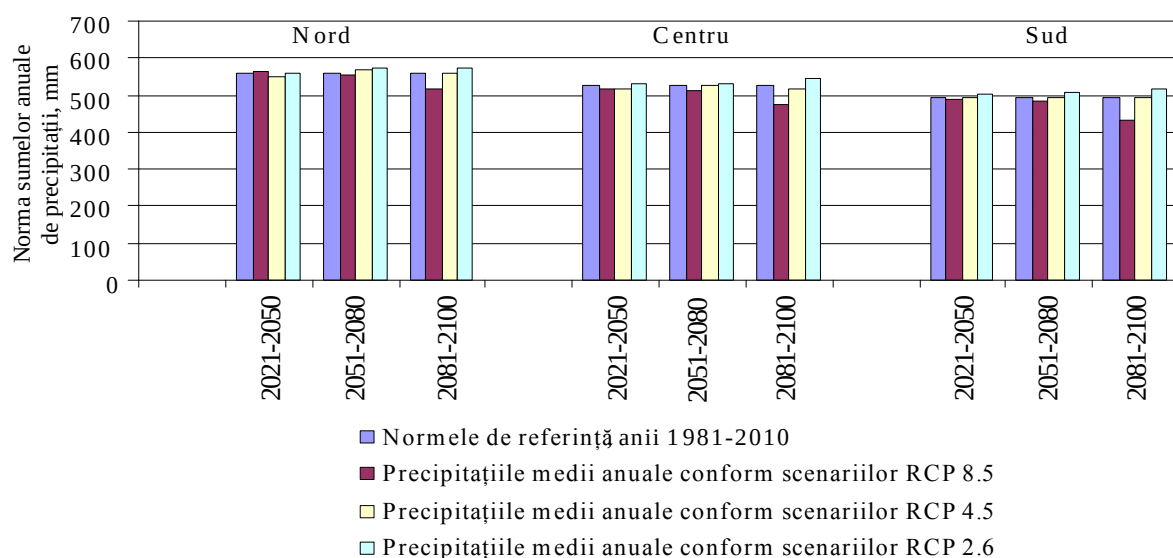


Fig. 3.22. Dinamica precipitațiilor medii multianuale pentru proiecțiile și intervalele de timp adoptate în al 5-lea raport IPCC

Argumentarea metodicii aprecierii posibilelor modificări ale volumelor resurselor de apă ale Republicii Moldova sub influența încălzirii globale a climei. Participând la proiectul UNEP GEF „Suport pentru perfectarea comunicării naționale trei în cadrul UNFCCC”, s-a studiat problema aprecierii influenței încălzirii globale asupra resurselor de apă în Republica Moldova [5]. În acest scop, s-a aplicat pe larg metoda bilanțului hidrotermic [41, 48, 74, 76], esența căreia s-a descris detaliat în capitolul 2 al tezei.

Ecuția bilanțului de apă pentru prognoza scurgerii medii zonale anuale, în funcție de indicatorii climatici principali, se reprezintă astfel:

$$\bar{Y}_{pr} = (\bar{X} \mp \Delta\bar{X}) - \bar{E}_m(1 + \varepsilon_2\Delta\bar{t}) \left\{ 1 + \left[\frac{\bar{E}_m(1 + \varepsilon_2\Delta\bar{t})}{(\bar{X} \mp \Delta\bar{X})} \right]^n \right\}^{-\frac{1}{n}}, \quad (3.19)$$

unde $\bar{Y}_{pr}$ – valoarea de prognoză a scurgerii medii anuale, mm; $\bar{X}$ și $\bar{E}_m$ – valorile contemporane ale precipitațiilor anuale și ale evaporației maxime posibile, mm; $\Delta\bar{X}$ și $\Delta\bar{t}$ – schimbările medii pronosticate ale sumei anuale de precipitații și temperaturii aerului; ε_2 – coeficient care reprezintă în aspect relativ schimbările evaporației maxime posibile la 1°C de creștere a temperaturii anuale a aerului și egal, în acord cu [76], cu 0,04; n – parametru, egal cu 3.

Subiectul principal se consideră aprecierea valorii medii multianuale a evaporației maxime posibile $\bar{E}_m$ în condițiile încălzirii climatului regional. În aceste considerente, în lucrarea [76] se propune transformarea ecuației (3.19) pe calea corectării primului membru al ecuației cu evidența aplicării schimbărilor prognozate ale temperaturii și precipitațiilor conform proiecțiilor acceptate. Această direcție cere recalcularea sumelor temperaturilor la rețeaua de monitoring meteorologic,

în conformitate cu particularitățile regionale ale proiecțiilor schimbărilor climatice. O cale mai strict generalizată de corecție a valorii evaporației potențiale și a celei globale pentru teritoriul Republicii Moldova se propune în monografia [58]. Aici autorii combină diverse modele de apreciere a evaporației globale: modelul Tiurk [132], modelul Budîco [41], Mezențev-Loboda [76] propuse pentru teritoriul Ucrainei. În final, pentru determinarea evaporației globale $\hat{E}_m$ în condițiile încălzirii climatului regional, se propune ecuația:

$$\hat{E}_m = \bar{E}_m(1 + \varepsilon_2 \Delta t) \quad (3.20)$$

Aprecierea practică a componentei resurselor hidrotermice, $\bar{E}_m$ se descrie în corespundere cu cercetările prezentate în capitolul 2 al tezei pentru regiunile peisagistice din Republica Moldova.

Variabilele $\Delta \bar{X}$ și $\Delta \bar{t}$ au fost utilizate pentru 3 scenarii climatice RCP 2.6, RCP 4.5 și RCP 8.5, precum și pentru trei intervale de timp – 2021-2050, 2051-2080 și 2081-2100. Ele au fost generalizate pentru trei regiuni naturale (A 3.9 și 3.10).

Pentru o ilustrare mai bună a calculelor prin formula (5.6) a schimbării caracteristicilor scurgerii climatice, oferim în continuare un exemplu de calcule $\bar{Y}_{pr}$ pentru regiunea de nord a țării, conform celor trei proiecții acceptate și pentru un interval de timp 2021-2050. Consecutivitatea calculelor se descrie în formă tabelară (tab. 3.21).

Tabelul 3.21

Exemplu de apreciere a scurgerii climatice în limitele Regiunii de Nord a Republicii Moldova pentru proiecțiile climatice acceptate în intervalul 2021-2050

Componentele formulei (5.8)	Proiecțiile		
	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 2.6
$(X \pm \Delta X)$	562	551	558
$\bar{E}_m$	863	863	863
(Δt)	1,2	1,1	1,0
$(1+0,04\Delta t)$	1,048	1,044	1,04
$(1+0,04\Delta t)\bar{E}_m$	904	901	885
Stratul normei scurgerii climatice modificate, $\bar{Y}_{pr}$	39	36	38

Calculele se realizează în următoarea consecutivitate:

1. Valoarea normei precipitațiilor anuale modificate $(X \pm \Delta X)$ pentru proiecțiile acceptate și intervalul respectiv se iau din tabelul 5.11;
2. Valoarea echivalentului hidrotermic al evaporației globale $\bar{E}_m$ se determină din datele A 2.4, ca o medie aritmetică pentru grupa de regiuni peisagistice din nordul Republicii Moldova sau

prin extragerea din modelul numeric prezentat în fig. 2.8. În cazul dat $\bar{E}_m = 851$ mm și el se acceptă drept constant pentru toate RCP;

3. Valoarea componentei $(1+0,004\Delta t)$ care caracterizează corecția pentru evaporația globală în condițiile încălzirii climatului regional, se determină prin aplicarea datelor din A 3.9, referitor la schimbarea temperaturilor anuale pentru proiecțiile acceptate și pentru intervalul dat de timp;
4. Valoarea stratului normei scurgerii schimbat $\bar{Y}_{pr}$, se calculează prin introducerea în ecuația (5.6) a valorilor numerice ale componentelor integrate în tabelul 3.22.

Rezultatele finale completează rezultatele cercetărilor publicate în [96], deoarece aici echivalentul evaporației maxime $\bar{E}_m$ și scurgerea climatică regională de referință $\bar{Y}_{sc}$ sunt determinate prin modele mai argumentate prezentate în capitolul 2.

Tabelul 3.22

Rezultatele de sinteză în determinarea valorilor predictive ale scurgerii climatice

Regiunea	Norma de referință a scurgerii, 1981-2010	Valorile predictive ale normei scurgerii climatice (mm) pentru diferite proiecții și intervale de timp								
		2021-2050			2051-2080			2081-2100		
		RCP 2.6	RCP 5.5	RCP 8.5	RCP 2.6	RCP 5.5	RCP 8.5	RCP 2.6	RCP 5.5	RCP 8.5
Regiunea de Nord	54	38	36	39	40	38	32	41	33	20
Regiunea Centrală	32	34	20	16	26	24	20	28	20	12
Regiunea de Sud	23	22	20	19	22	18	16	23	16	8

Pentru o ilustrare mai bună a particularităților dinamice ale schimbărilor predictive ale normei scurgerii climatice, se aplică diagramele prezentate în fig. 3.22 și 3.23.

O particularitate specifică a diagramei prezentată în fig. 3.22 este norma subestimată a scurgerii climatice de referință pentru toate trei regiuni. Aceasta este condiționată de supraestimarea componentelor pierderilor din bilanțul hidrotermic, îndeosebi a echivalentului evaporației maxime, generalizarea căruia s-a realizat în lucrarea [76] prin aplicarea funcției (2.13). Această particularitate este menționată în capitolul 2.

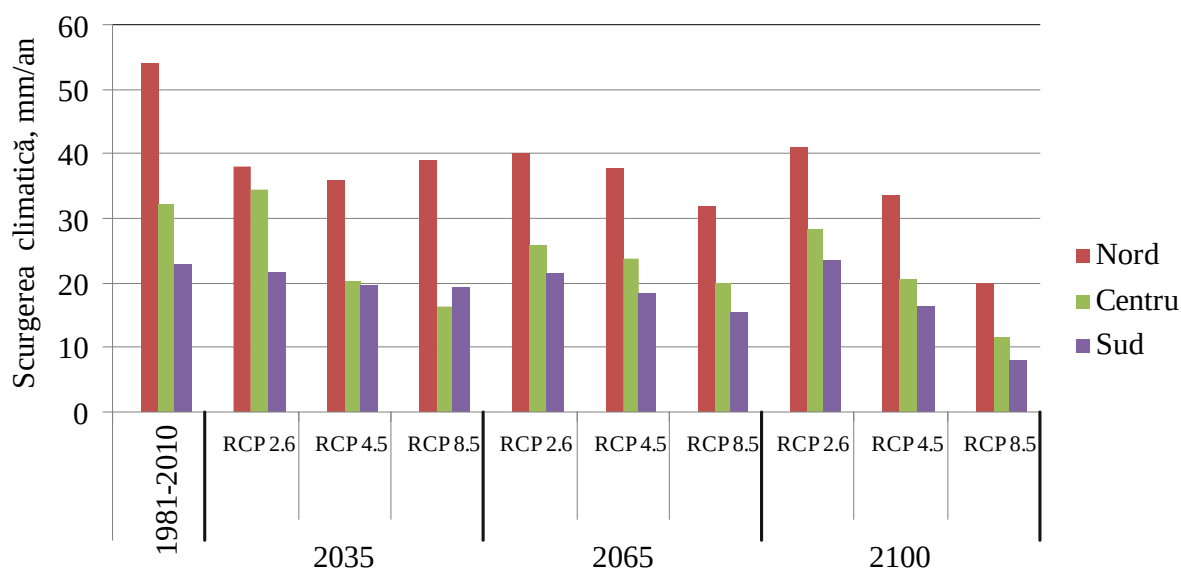


Fig. 3.22. Dinamica schimbării valorilor predictive ale normei scurgerii anuale climatice

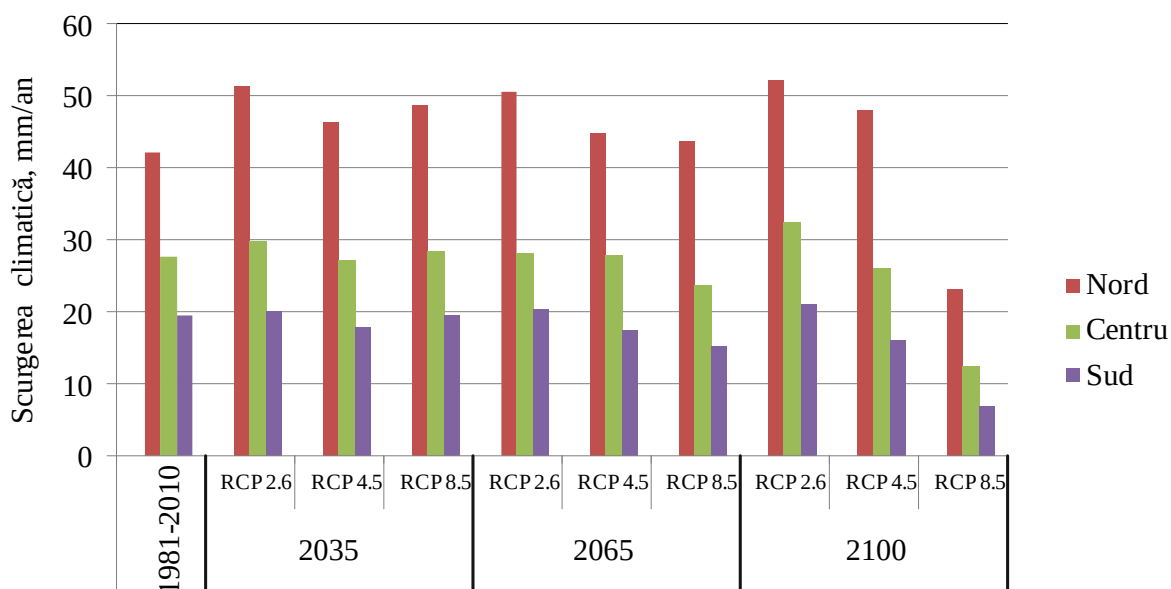


Fig. 3.23. Dinamica modificărilor valorilor predictive ale normei scurgerii anuale climatice conform cercetărilor anterioare

După cum reiese din diagramele prezentate, norma scurgerii climatice modificată în rezultatul încălzirii globale a climei și care a fost destinată pentru grupa de proiecții acceptată pentru primele două intervale de timp (2021-2050) și (2051-2080), s-a dovedit a fi destul de stabilă. Această condiție se respectă în limitele regiunilor peisajere, cu deosebirea că în datele publicate în lucrarea [96] scurgerea modificată din limitele Regiunii de Nord s-a dovedit a fi supraestimată în raport cu cea de bază.

Particularitățile de bază ale schimbării normei scurgerii anuale în a treia perioadă (2081-2100) se deosebesc de primele două prin faptul, că aici la toate trei proiecții și regiuni are loc o

descreștere legitimă a normei scurgerii climatice. De menționat, că micșorarea normei scurgerii are loc atât pentru regiuni (de la nord spre sud), cât și pentru proiecții adoptate. Cea mai mare scădere este specifică proiecției RCP 8.5. Dacă vom compara treapta diminuării prin norma de referință, atunci în Regiunea de Nord micșorarea va fi de 33% iar în Regiunea de Sud – de 35%. Calculele schimbării normei conform proiecției RCP 4.5 ne oferă rezultate intermediare practic pentru toate regiunile și intervalele de timp.

Calculele de sinteză realizate în acest scop (tab. 3.23), pentru aprecierea normelor scurgerii climatice în baza proiecției RCP 4.5, se recomandă de aplicat în calitate de model de bază, care satisface optimal condițiile încălzirii esutate a climatului în Republica Moldova.

Astfel, micșorarea normei scurgerii anuale cu 35-37%, condiționată de încălzirea globală a climei, precum și degradarea resurselor de apă ca rezultat al activității de gospodărire cu 15%, pot acutiza brusc starea ecologică în regiunile peisagistice și accelera procesele de degradare a ecosistemelor vulnerabile la deficitul de apă.

Tabelul 3.23

Rezultatele finale de apreciere a valorilor esutate ale normei scurgerii anuale climatice în baza proiecției RCP 4.5

Regiunea, conform fig. 3.23	Suprafața, km ²	Norma de referință a scurgerii (1981-2010)		Valorile predictive ale normei scurgerii climatice pentru intervalele de timp					
				2021-2050		2051-2080		2081-2100	
		mm	mil. m ³	mm	mil. m ³	mm	mil. m ³	mm	mil. m ³
Regiunea de Nord	14638	54	796	36	530	38	557	33	493
Regiunea Centrală	8941	32	286	20	179	24	212	20	183
Regiunea de Sud	10272	23	263	20	205	18	188	16	169
Republica Moldova	33851		1345		914		957		845

3.4. Concluzii la capitolul 3

1. Studiarea și calculul resurselor de apă măsurate de rețeaua de monitoring hidrologic a Republicii Moldova s-a realizat în baza recomandărilor documentului normativ CP D.01.05-2012 [13] și a cercetărilor științifice noi, elaborate în literatura națională și internațională.
2. În baza principiilor teoriei genetice a scurgerii [35, 40, 47, 76, 94, 105], resursele de apă ale râurilor (scurgerea anuală) se apreciază ca suma componentelor de suprafață Y_{sp} și subterană W_{sb} .
3. Defalcarea liniară a scurgerii anuale, spre deosebire de procedeul tradițional, propune calculul scurgerii subterane ca o valoare medie dintre suma debitelor minime medii lunare printr-o

metodă mai precisă, care ține cont de durata diferită a etajelor de vară și de iarnă prin expresia (3.6).

4. Prelucrarea materialelor observațiilor multianuale la rețeaua de monitoring hidrologic a Republicii Moldova (40 posturi) și din ariile limitrofe ale României (10 stații) și Ucrainei (16 stații), cu un volum de 2112 posturi/ani, a permis crearea unei baze de date pentru componentele genetice ale scurgerii anuale (de suprafață și subterană) a râurilor cercetate.
5. Particularitățile temporale ale oscilațiilor multianuale ale componentelor scurgerii naturale se caracterizează printr-o sincronitate completă, atât pentru anumite bazine de recepție, cât și în plan zonal.
6. În oscilațiile scurgerii intermediare a Nistrului, în sistemul râurilor din interfluviul Prut-Nistru, se respectă o sincronitate stabilă. Aceasta permite, cu un înalt grad de precizie, realizarea racordării șirurilor scurgerii anuale la perioada care asigură aprecierea componentelor scurgerii anuale cu o eroare admisibilă.
7. Rezultatele analizei funcțiilor de autocorelare și spațiale ale componentelor scurgerii anuale indică, că valorile coeficienților de autocorelare sunt grupate pentru patru regiuni ale Republicii Moldova și proporțional scad odată cu micșorarea devierii de la 1 la 10 ani de la nord spre sud. Valorile extreme a coeficientului de autocorelare cu devierea de 1 an, atât pentru scurgerea de suprafață cât și cea subterană, variază într-un larg diapazon, de la 0,03 (bazinele r. Taraclia, regiunea de Sud), până la 0,82 (bazinul r. Râbnîța, stânga Nistrului). Aceasta confirmă că la determinarea parametrilor statistici generali ai șirurilor variative ale scurgerii anuale (coeficienților de variație și asimetrie) trebuie, în mod obligatoriu, de introdus corecții la prezența legăturilor din cadrul șirului.
8. În rezultatul verificării uniformității teritoriale a funcției de corelare spațiale (FECS) (fig. 3.10) în acord cu cerințele transformărilor Fisher [24], ajungem la concluzia că FECS pentru toate trei componente genetice ale scurgerii anuale nu corespunde cerințelor uniformității. În legătură cu aceasta, s-a încercat regionarea teritoriului Republicii Moldova pe calea grupării bazinelor de recepție în 5 regiuni peisajere (tab. 3.8).
9. Ajustarea șirurilor hidrologice și a parametrilor statistici la o perioadă multianuală omogenă s-a realizat cu utilizarea metodelor analitice [13]. Rezultatele finale ale acestei analize sunt prezentate în A 3.6. Ele reprezintă informația inițială, în baza căreia, în continuare, se prezintă elaborarea modelului regional de determinare a resurselor naturale de apă pentru râurile nestudiate în aspect hidrologic, pentru regiunile peisajere și pentru raioanele administrative ale Republicii Moldova.

10. Tradițional, interacțiunea radiației solare și a ecosistemelor peisajere este condiționată de influența lor asupra albedoului suprafeței active, intensitatea transportului turbulent de căldură și umiditate dintre atmosferă și stratul activ al solului, precum și de rugozitatea suprafeței terestre. În particular, înlocuirea pădurilor cu vegetație ierboasă și arbuști favorizează creșterea influenței de răcire radiativă a climei. Și mai mult, aceste procese se acutizează la înlocuirea suprafețelor naturale prin cele antropice.
11. Indicatorii cantitativi ai albedoului pentru terenurile naturale și antropice au fost acceptate în acord cu recomandările normative din îndrumarul climatic [115]. Datele generalizate ale albedoului pentru tipurile de terenuri și regiuni peisajere denotă că valorile albedoului pentru terenurile naturale variază de la 18 la 22%, iar pentru cele antropice – 21-23%.
12. Rezultatele calculelor în determinarea valorilor albedoului arată, că la etapa contemporană, transformările antropice ale peisajelor Republicii Moldova provoacă o creștere a capacității de iradiere reflectoare în medie cu 11%. Cea mai mare capacitate de reflectare se observă în limitele regiunii Codrilor (17%). Datorită acestor particularități a versanților modificați aici are loc transformarea resurselor termoeenergetice a climatului și echivalentului evaporației maxime de pe suprafața uscatului. În final aceasta se va manifesta în creștere proporțională a resurselor climatice de apă.
13. Evidența cantitativă a influenței expoziției și pantelor versanților asupra schimbării insolației, realizate pe exemplul Podișului Codrilor, demonstrează că, în cazul orientării nord-vestice a versanților, diminuarea radiației solare directe atinge 20%, iar în cazul orientării sud-estice – crește cu 25%. Rezultatele obținute pot fi aplicate în aprecierea schimbării parametrilor termoeenergetici ai climatului și a normelor scurgerii climatice.
14. Rezultatele generalizate în aprecierea posibilelor schimbări ale bilanțului hidrotermic sub influența încălzirii globale a climei recomandă de utilizat în calitate de model de bază rezultatele finale de calcul ale modificării normei scurgerii climatice în baza proiecției RCP 4.5, care satisface optimal condițiile de încălzire preconizată a climatului în Republica Moldova. În final, diminuarea normei de bază a scurgerii climatice de pe teritoriul Republicii Moldova, condiționată de încălzirea climei pentru intervalele date de timp, constituie 37-38%. Ținând cont de degradarea resurselor de apă în rezultatul activității antropice de gospodărire la nivelul a 15%, aceasta poate acutiza brusc starea ecologică în regiunile peisajere și accelera degradarea ecosistemelor vulnerabile la umiditate.

4. MODELAREA MODIFICĂRILOR RESURSELOR DE APĂ DIN REPUBLICA MOLDOVA

4.1. Aprecierea resurselor de apă și principiile modificării lor

Apele de suprafață și cele subterane sunt într-o legătură atât de strânsă încât studierea lor separată nici într-un fel nu poate fi considerată justă [77]. Această legătură se manifestă prin comunitatea legilor fizice naturale, care formează resursele de apă ale râurilor. În același timp, prin particularitățile de formare, scurgerea de suprafață și cea subterană sunt profund diferite. Chiar și la schimbările factorilor climatici (temperatura aerului, precipitații) scurgerea de suprafață și cea subterană reacționează diferit, dar într-o direcție comună. La rândul său, influența factorilor „suprafeței subiacente” a bazinelor de recepție, se dovedește a fi nu numai diversă, dar și opusă. În aceasta constă una dintre cauzele principale ale dificultăților cu care se confruntă specialiștii care studiază dependențele scurgerii totale a râurilor de factorii zonali, azonali, intrazonali și antropici.

Conform concepției lui A. Befani [35], abordarea generală a problemei în cauză este rațional de acceptat modelul interacțiunii scurgerii subterane în mai multe acvifere, pe un șir de straturi impermeabile paralele, cu pante stabile (fig. 4.1). Un așa model corespunde originii sedimentare a rocilor, inclusiv și celor carstice.

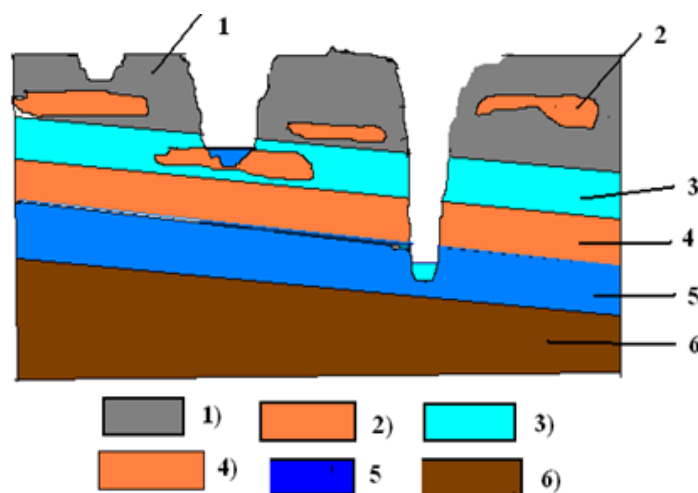


Fig. 4.1. Schema acviferelor și drenării lor. 1 – zona de aerare; 2 – straturi impermeabile locale; 3 – ape freatice (primul acvifer de la suprafață); 4 – primul orizont impermeabil; 5 – al doilea acvifer; 6 – al doilea orizont impermeabil.

În analiza componentelor medii multianuale ale scurgerii anuale, modelele de bilanț se vor descrie prin următoarele ecuații:

1 – pentru cursurile intermitente, fără alimentare freatică:

$$Y_{tot} = X_0 - E_{US} - U_0; \quad (4.1)$$

2 – pentru cursurile de apă care nu interceptează tot volumul filtrat al apelor subterane sau râurile mici și medii:

$$Y_{tot} = X_0 - E_{US} - U_{m+1}; \quad (4.2)$$

3 – pentru bazinele de recepție ale râurilor care interceptează tot volumul apelor subterane, adică pentru râurile medii și mari:

$$Y_{tot} = X_0 - E_{US}. \quad (4.3)$$

Aici X_0 – stratul mediu multianual al precipitațiilor, mm; E_{US} – valoarea medie multianuală a evaporării sumare de pe suprafața bazinelor de recepție, mm. Valoarea U_{m+1} se determină din:

$$U_{m+1} = U_0 - \sum_1^m Y_{sb}. \quad (4.4)$$

Aici U_0 - norma zonală a infiltrării în apele subterane, mm; $\sum_1^m Y_{sb}$ - scurgerea sumară subterană din toate acviferele drenate de râul dat, mm.

În acord cu (4.4) valoarea U_{m+1} tinde spre limita sa, către U_0 , adică spre norma zonală a infiltrației, în cazul când valoarea $\sum_1^m Y_{sb}$ tinde spre zero și la scurgerea anuală se consumă toată diferența dintre precipitații și evaporare. În esența sa norma scurgerii anuale, determinată din formula (4.4) pentru râurile medii și mari, se egalează cu norma climatică $\bar{Y}_{cl}$. Această poziție este principală la elaborarea metodelor de recalculare a scurgerii climatice în scurgerea naturală pentru râurile din prima și a doua categorie.

Din punctul nostru de vedere, ecuația generală a bilanțului de apă a unui bazin de recepție poate fi considerată (4.4). Într-adevăr, este știut că un orizont mai mult sau mai puțin impermeabil, reprezentat prin roci masive cristaline ale Platformei Est-Europene, cu unele excepții. Din aceste considerente, infiltrarea de adâncime în bazinele de recepție din Republica Moldova este posibilă, doar dacă cota piezometrică a suprafeței orizontului acvifer (doar orizontul 3 în fig. 4.1. este freatic) este peste adâncimea platformei sau nivelul mării.

Dacă acceptăm modelul structurii rețelei hidrografice în interpretarea lui R. Horton [125], R. Nejuhivskii [97], N. Rjanițin [111], atunci toate aceste cercetări sunt bazate pe clasificarea cursurilor de apă după gradul lor de ramificare (bifurcare). Un rol deosebit îl prezintă concluziile despre interacțiunea cantității N_k , lungimii medii $\bar{L}_k$ și dimensiunii suprafeței de recepție $\bar{F}_k$ a afluenților de ordine arbitrară k , descrise prin formulele:

$$N_k = R^{n-k}, \quad (4.5)$$

$$\bar{L}_k = \bar{L}_1 \bar{E}_L^{k-1} \quad (4.6)$$

și

$$\bar{F}_k = \bar{F}_1 \bar{E}_F^{k-1}, \quad (4.7)$$

unde $\bar{L}_1$ și $\bar{F}_1$ – respectiv, lungimea medie și, suprafața bazinului de recepție de ordinul unu; R , $\bar{E}_L$, $\bar{E}_F$ – numitorii progresiei geometrice în creștere pentru număr, lungime și suprafață a bazinelor de recepție a afluenților, n și k – ordinul râului principal și a afluenților. Concomitent menționăm, că cercetările regionale pentru râurile din Republica Moldova și Ucraina (V. Zagarovski [54], O. Melniciuc [82], I. Codreanu [12], B. Chindiuc [60]), au permis obținerea coeficienților $\bar{L}_1 = 0,58 - 1,16$ km și $\bar{F}_1 = 0,42 - 1,06$ km², iar coeficienții $R_N=3,50-4,58$; $\bar{E}_L = 2,68 - 2,97$ și $\bar{E}_F = 4,40 - 4,47$. În funcție de scopurile analizei $\bar{F}_1$ se acceptă ca suprafață a bazinului elementar, care are doar aport de suprafață. Pentru analiza scurgerii subterane $\bar{F}_1$ trebuie considerat ca suprafață a primelor cursuri de apă cu scurgere permanentă, care deschid apele subterane, de regulă, din primele orizonturi acvifere. Expresiile (4.6) și (4.7) pot fi transformate pentru aprecierea lungimii sumare a perimetrelor bazinelor de recepție ale întregului sistem hidrografic astfel:

$$\sum_1^n L_k = L_1 \frac{\bar{E}_L^k - 1}{\bar{E}_L - 1} \quad (4.8)$$

$$\sum_1^n F_{K_1} = F_1 \frac{\bar{E}_F^k - 1}{\bar{E}_F - 1}. \quad (4.8a)$$

Dacă cursul de apă de ordinul $k-1$ are o adâncime de drenare H_{k-1} , iar cursul de apă de ordin n (râul principal) – H_n , atunci ultimul poate obține alimentare subterană suplimentară pe contul apelor, care se află în intervalul adâncimilor $H_n - H_{k-1}$.

Dacă vom ține cont de efectul bilateral al drenajului, atunci aportul alimentării subterane Δq_k a cursului de ordin k la unitate de lungime a lui sau de suprafață a bazinului de recepție, în acord cu [82] se va determina din expresia:

$$\frac{\Delta q_k}{q_1} = \left(\frac{\alpha_k}{\alpha_1}\right)^2 \frac{1}{E_L - 1} \left(\frac{F_1}{F_k}\right)^{3/2} \left(\sqrt{E_L \sqrt{\frac{F_k}{F_1}} - 1} - \sqrt{\sqrt{\frac{F_k}{F_1}} - 1} \right)^2. \quad (4.9)$$

Unde Δq_2 și Δq_k – aportul modulului scurgerii subterane pe contul drenării suplimentare a râurilor de ordinul 2 și k ; α_1 și α_k – coeficienții conținutului de apă, adică raportul stratului de sol saturat către tot stratul de sol, respectiv pentru afluenții de ordinul 1 și k .

Pentru o analiză ulterioară a ecuației (4.9) putem realiza un experiment numeric, acceptând condiția limită, când cursurile de ordinul 1 au un regim permanent și toate orizonturile inferioare sunt umplute cu apă. Aceasta ar însemna, că în formulele analizate raportul α_k/α_1 și $K_k=K_1$. Atunci, în baza modelelor (4.6) și (4.7), care descriu structura rețelei hidrografice, putem realiza sarcina determinării aportului relativ al modulului scurgerii subterane și parametrilor aferenți din formula (4.9). Rezultatele acestor calcule sunt prezentate în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1

Rezultatele calculului aportului relativ al modulului scurgerii subterane și parametrilor aferenți din formula (4.9), când $\alpha_k = \alpha_1$ și $\bar{E}_L = 2,83$, $\bar{E}_F = 4,43$

Ordinul afluenților, k	Parametrii formulei (4.9)	
	$\left(\sqrt{E_L \sqrt{\frac{F_k}{F_1}} - 1} - \sqrt{\sqrt{\frac{F_k}{F_1}} - 1} \right)^2$	$\frac{\Delta q_k}{q_1}$
1	1,00	0,550
2	1,38	0,059
3	2,39	0,006
4	4,64	0,001
5	9,42	0,000
6	19,51	0,000
7	40,75	0,000

După cum reiese din tab. 4.1, cursurile de apă de ordinul 1, care au o alimentare subterană, deversează peste 90% din toată valoarea alimentării subterane posibile, pe când modelul (4.5) oferă doar 55%. Practic epuizarea totală (sau stabilizarea) începe deja la afluenții de ordinul 5 la suprafețe de recepție de 770 km².

Funcția prezentată în fig. 4.2 ilustrează legătura dintre structura rețelei hidrografice pe teritoriul Republicii Moldova și funcția influenței aportului modulului scurgerii subterane. În esența sa, aceasta demonstrează influența dimensiunilor suprafeței bazinului de recepție asupra alimentării subterane a râului.

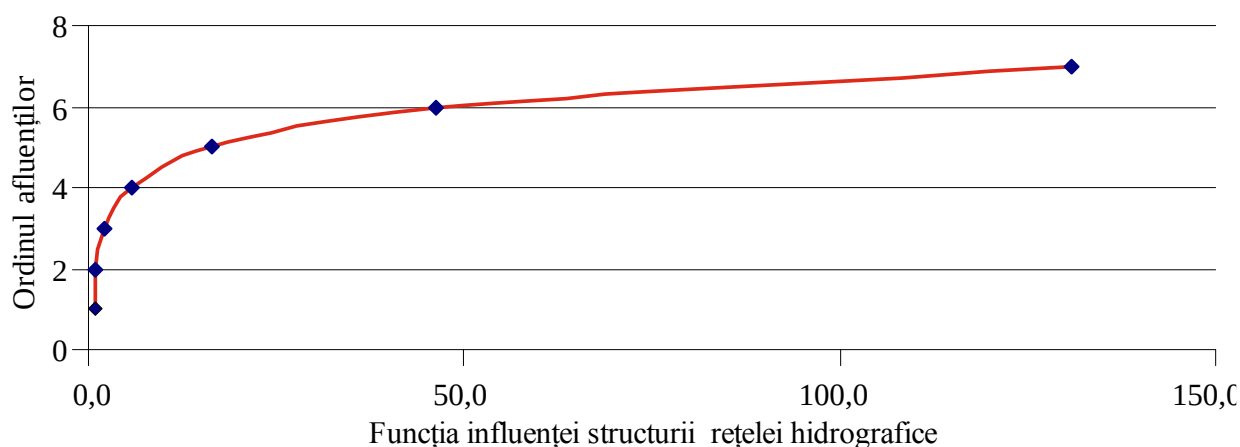


Fig. 4.2. Graficul funcției influenței structurii rețelei hidrografice asupra aportului modulului scurgerii subterane

Aceasta a permis [34] extrapolarea funcției $Y_{sb}=f(F)$ prin ecuația tangentei hiperbolice:

$$\bar{Y}_{sb} = U_0 th \left[a_{sb} \left(\frac{F_k}{F_{1(cr)}} - 1 \right)^\varepsilon \right] \delta_{pd}. \quad (4.10)$$

După cum reiese din graficul prezentat în fig. 4.3, scurgerea subterană se formează la o oarecare „suprafață critică” $F_{1(cr)}$, care poate fi determinată ca suprafața obârșiei râurilor din bazinul dat, la anumite condiții climatice și hidrogeologice. Deoarece valoarea F_{1cr} poate fi determinată din hărțile topografice sau din datele despre densitatea rețelei hidrografice (a se vedea mai jos), atunci ea poate fi privită ca un parametru care trebuie apreciat nemijlocit în fiecare caz aparte.

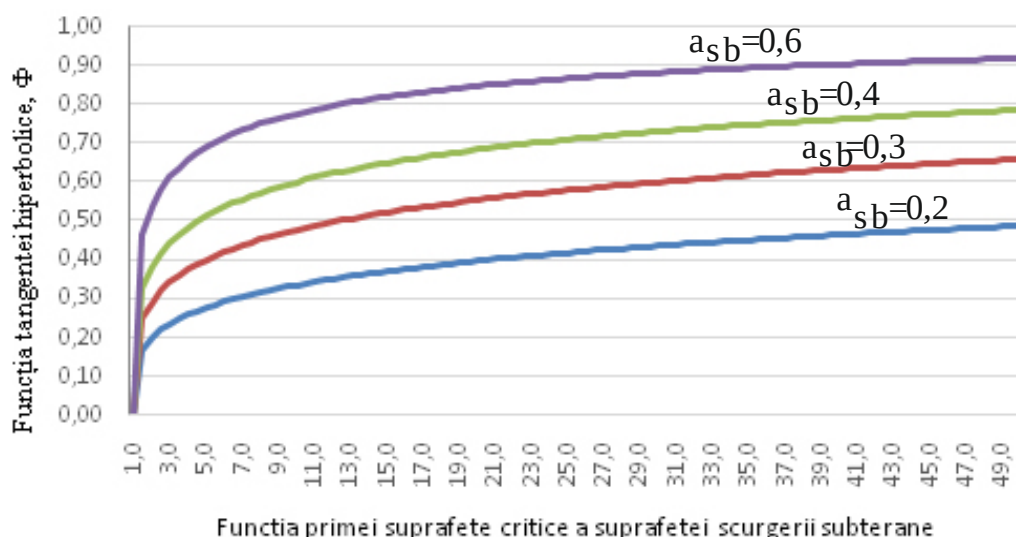


Fig. 4.3. Funcția tangentei hiperbolice $\bar{\phi}_{sb} = th \left[a_{sb} \left(\frac{F_k}{F_{1(cr)}} - 1 \right)^\varepsilon \right]$

În procesul creșterii alimentării subterane suprafața de recepție atinge a „doua valoare critică” F_{2cr} , care răspunde condiției de începere a stabilizării alimentării subterane, apoi stabilizarea completă survine la a „treia suprafață critică” F_{3cr} .

Aici a_{sb} – parametru numeric egal cu raportul grosimii tuturor acviferelor din zona de drenare către adâncimea maximă de drenaj. Această valoare variază în funcție de condițiile hidrogeologice și se diminuează paralel cu diminuarea coeficientului conținutului de apă în straturile superioare. În cazul limită, când $a_1 = a_k$ la o saturare uniformă a rocilor permeabile parametrul $a_{sb} = 1$.

În acele cazuri când straturile superioare ale rocilor sunt saturate cu umiditate și au o deversare liberă până la primul orizont stabil, parametrul a_{sb} respectiv va varia în limitele 0,45-0,60. Pentru teritoriul Republicii Moldova, conform [71], parametrul a_{sb} variază de la 0,3 în sudul țării la 0,5 în nordul țării. Pentru condițiile tipice din regiunile temperate ale Europei de Est, valoarea a_{sb} poate varia de la 0,45 la 0,60 [34].

Valoarea suprafeței critice $F_{1(cr)}$ poate fi găsită prin determinarea suprafețelor bazinelor de recepție de la izvoare sau alte ieșiri la suprafață a apelor subterane și prin aplicarea modelelor

numerice ale reliefului. Lucrări de așa gen s-au realizat pentru bazinele de recepție din Republica Moldova unde se efectuează monitoringul scurgerii râurilor.

Rezultatele integrate ale determinării valorilor medii ale $F_{1(cr)}$ pentru bazinele de recepție studiate sunt prezentate în tab. 4.2. Aceste rezultate denotă, că valorile $F_{1(cr)}$ pot varia considerabil în limitele anumitor bazine de recepție, fapt ce provoacă erori mari în estimarea lor.

Tabelul 4.2

Rezultatele aprecierii suprafețelor critice ale bazinelor de recepție folosind modelul numeric al teritoriului

Râul – postul hidrometric	Suprafața bazinului, km ²	Suprafața critică $F_{1(cr)}$, km ²	Râul – postul hidrometric	Suprafața bazinului, km ²	Suprafața critică $F_{1(cr)}$, km ²
Bâc – Călărași	296	5,53	Cogâlnic – Cucuruzeni	221	5,84
Bâc – Chișinău	882	4,48	Cubolta – Cubolta	869	8,45
Bâc – Strășeni	781	3,76	Cula – Hulboaca	468	7,47
Botna – Căușeni	1210	14,5	Delia – Pârlița	125	16,1
Căinar – Sevirova	814	8,22	Căldărușa – Cajba	79,5	2,53
Camenca – Gvozdova	172	5,5	Ichel – Pașcani	562	10,3
Camenca – Cobani	284	5,14	Ișnovăț – Sângera	343	10,8
Ciorna – Ciorna	307	3,72	Pohoarna – Domulgeni	30	2,74
Ciuhur – Bârlădeni	144	1,76	Răut – Bălți	1090	9,58
Ciulucul Mic – Telenești	566	9,14	Sărata – Filipeni	647	11,8

În afară de aceasta suprafața critică $F_{1(cr)}$ mai poate fi determinată și prin densitatea rețelei hidrografice γ_k pentru fiecare bazin de recepție concret de ordinul unu sau oricare altul, utilizând specificul structurii rețelei hidrografice a bazinelor de recepție din regiunea cercetată.

$$F_{1(cr)} = \frac{1}{\gamma_k^2}. \quad (4.11)$$

Componentul principal în calcule îl reprezintă norma infiltrației în apele subterane U_0 , valoarea căreia, cu un anumit nivel de precizie, se poate determina printr-o analiză specială a ecuațiilor dinamicii apelor subterane, cu evidența particularităților hidrogeologice și hidrografice, precum și a factorilor intrazonali, ca de exemplu împădurirea bazinelor.

În acord cu teoria genetică de formare a scurgerii subterane [34,35], **norma zonală a apelor de infiltrare** U_0 , care participă în alimentarea subterană a râurilor, poate fi determinată prin aplicarea metodei sarcinilor inverse prin ecuația:

$$U_0 = \frac{1}{th \left[a_{sb} \left(\frac{F}{F_{1(cr)}} - 1 \right)^\varepsilon \right]} \cdot \frac{\bar{Y}}{\delta_{pd}}. \quad (4.12)$$

Cât privește aprecierea reducăiei ε , valoarea este argumentată de masivul de date brute și analize teoretice profunde în multe publicații științifice [34, 35, 40, 60, 71, 82 s.a.]. Pentru regiunea cercetată indicele ε se recomandă a fi 0,25.

Pentru a evidența influenței factorilor intrazonali asupra normei apelor infiltraționale U_0 , particularitățile împăduririi bazinelor de recepție, de regulă se propune de aplicat [40, 55, 82] coeficienții de corecție δ_{pd} :

$$\delta_{pd} = 1 + \gamma \cdot f_{pd}, \quad (4.13)$$

unde f_{pd} – ponderea suprafețelor împădurite; γ – coeficientul care ține cont de caracterul cuverturii foliate a pădurilor și orografia bazinului de recepție. Pentru pădurile de foioase și mixte, în acord cu datele de la stațiile bilanțului de apă (Desna, Boguslav, Cameneț-Podolsk și de la Bălțața), coeficientul γ va fi 0,7 [40].

În conformitate cu aceste principii metodologice, s-a apreciat valoarea normei zonale a infiltrației U_0 în baza ecuației (4.11) pentru toate bazinele de recepție studiate (A 4.1). De rând cu aceasta, componenta respectivă a scurgerii subterane, s-a calculat pentru regiunile peisagistice studiate (tab. 4.3).

Tabelul 4.3

Valoarea componentului U_0 pentru regiunile peisagistice studiate

ID	Regiuni Peisagistice	Suprafața, km ²	U_0
A1	Podișul de Silvostepă al Moldovei de Nord	3329	23,7
A2	Podișul de Silvostepă al Nistrului	3535	23,3
A3	Câmpia de Silvostepă a Prutului de Mijloc	2238	16,4
B1	Câmpia de Stepă a Cuboltei Inferioare	2014	19,4
B2	Dealurile de Stepă ale Ciulucurilor	1713	14,2
C1	Podișul de Silvostepă al Râbniței	1909	27,2
D1	Podișul Silvic al Codrilor de Vest	1860	10,6
D2	Podișul Silvic al Codrilor de Nord	1131	12,1
D3	Podișul Codrilor de Est	1904	10,9
D4	Podișul Codrilor de Sud	1693	9,7
E1	Depresiunea de Silvostepă a Săratei	1053	9,4
E2	Colinele de Silvostepă ale Tigheciului	1631	10,1
E3	Câmpia de Silvostepă a Bâcului	2101	5,4
E4	Câmpia de Silvostepă a Cogâlnicului	749	4,2
F1	Câmpia de Stepă a Hagiderului Superior	913	5,2
F2	Câmpia de Stepă a Cahulului	1322	15,2
F3	Câmpia de Stepă a Ialpugului	2256	6,5
G1	Câmpia de Stepă a Nistrului Inferior	2594	8,0

În final, în baza acestor calcule, prin aplicarea softurilor SIG (fig. 4.4 și fig. 4.5), s-a alcătuit harta repartiției pe teritoriul Republicii Moldova a normei zonale a infiltrației U_0 .

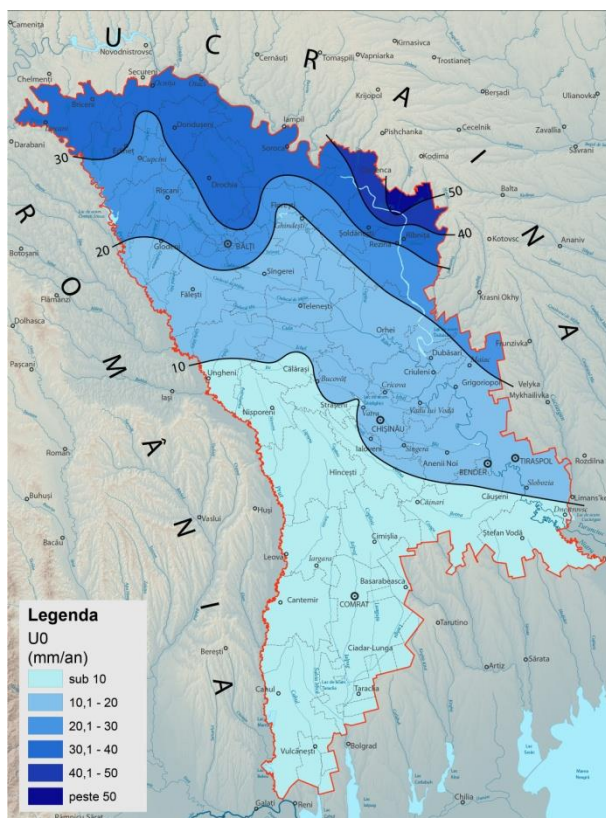


Fig. 4.4. Norma infiltrării în apele subterane

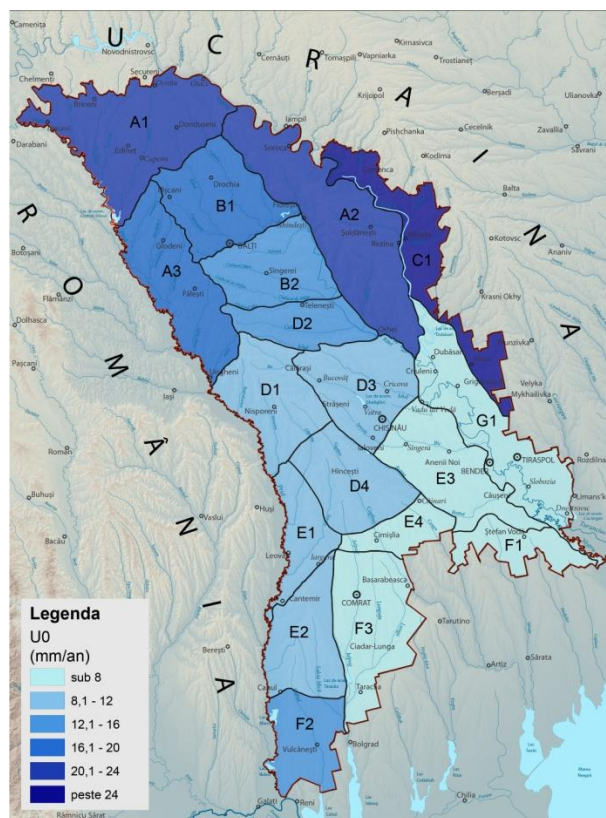


Fig. 4.5. Norma infiltrării în apele subterane în limitele regiunilor peisagistice

După cum reiese din fig. 4.4, 4.5, norma zonală de infiltrație U_0 generalizează particularitățile hidroclimatice și hidrogeologice ale teritoriului și poate fi propusă pentru utilizare la generalizări pentru orice sector terestru, inclusiv pentru regiunile cercetate.

4.2. Estimarea componentei de suprafață a normei scurgerii anuale

În bazinele de recepție slab fragmentate, în lipsa alimentării subterane, norma anuală a scurgerii de suprafață constă din ape pluviale $\bar{Y}_{pl}$ și nivale $\bar{Y}_Z$, inclusiv ponderea alimentării mixte de iarnă-toamnă. Deci, valoarea totală a scurgerii de suprafață se va determina prin ecuația

$$\bar{Y}_{sp} = \bar{Y}_{pl} + \bar{Y}_Z. \quad (4.14)$$

Ținând cont de geneza formării scurgerii râurilor [36, 37,40], valoarea componentei de suprafață a normei scurgerii anuale $Y_{0(sp)}$ poate fi determinată prin expresia

$$\bar{Y}_{(sp)} = \bar{S}_{(sp)} - \sum R_{sp}, \quad (4.15)$$

unde $\bar{S}_{(sp)}$ – stratul sumar de scurgere format (de suprafață sau mixt), prin care se are în vedere scurgerea de pantă pe durata ploii într-un an cu umiditate medie, iar $\sum R_{sp}$ – stratul sumar al pierderilor scurgerii de suprafață după finalizarea ploii, la faza de scădere a hidrografului aportului de versant pentru toate cazurile de formare a scurgerii.

Modelarea prezentată a parametrilor, care determină pierderile la descreșterea hidrografului scurgerii de versant a apelor pluviale și nivale, confirmă particularitatea evidențiată a influenței asupra lor a valorii stratului scurgerii S_{sp} . De aici reiese, că în fiecare din ecuațiile prezentate sunt două necunoscute: parametrii pierderilor A_V și valoarea S_{sp} . În aceste condiții trebuie de studiat legitățile adiționale, care determină norma scurgerii de versant S_{sp} .

Din analiza ecuațiilor bilanțului de apă (4.1) reiese, că norma pierderilor sumare ale scurgerii la infiltrare se apreciază prin parametrii alimentării subterane a râurilor, unde U_0 reprezintă **stratul anual sumar de infiltrare în apele subterane**. Deci, la formarea acestei valori trebuie să participe și apele de infiltrare, care se formează la descreșterea hidrografului scurgerii pluviale și nivale $\sum R_{sp}$. Din punct de vedere a bilanțului de apă, pierderile sumare la descreșterea hidrografului scurgerii de versant vor fi:

$$\sum \bar{R}_{sp} = U_0 - \sum \bar{P}_{pr} - \sum P_{al}, \quad (4.15)$$

unde $\sum \bar{P}_{pr}$ – pierderile totale la infiltrare în perioada ploii sau topirii zăpezilor, ținând cont și de pierderile la retențiile de suprafață; $\sum P_{al}$ – pierderile condiționate de infiltrarea apelor curgătoare în albie și luncă. De regulă pierderile la mișcarea apei prin albie au o pondere mică în formarea infiltrării totale, mai ales în cazul valorilor multianuale. Respectiv, în expresia (4.15) valoarea $\sum P_{al}$ poate fi neglijată.

Analiza teoretică a procesului de infiltrare, realizată în lucrările [36, 38] arată că infiltrarea de suprafață în timpul ploii până la survenirea maximului scurgerii, constituie ponderea predominantă (aproximativ 80-90%) din bilanțul total al stratului sumar al infiltrației U_0 în apele freatice. Ținând cont de această condiție, considerăm că valoarea pierderilor sumare $\sum \bar{R}'_{sp}$ în medie poate constitui 15% din norma infiltrației U_0 :

$$\sum \bar{R}'_{sp} = 0,15U_0. \quad (4.16)$$

Din valoarea cunoscută U_0 , precum și pentru ponderile pierderilor sumare din (4.15), prin formula (4.14) putem calcula scurgerea sumară (de suprafață și mixtă) de la toate ploile dintr-un an mediu ca umiditate:

$$\bar{S}_{(sp)} = \bar{Y}_{sp} + 0,51U_0. \quad (4.17)$$

Pentru determinarea paramerului generalizat al pierderilor scurgerii de versant A_V trebuie de calculat prin (4.17), adică:

$$\begin{cases} \bar{S}_{sp} = \frac{\bar{Y}'}{1-A_V\phi^{2/3}} \\ \bar{S}_{sp} = \bar{Y}' + 0,5 \cdot U_0 \end{cases}. \quad (4.18)$$

După corespunzătoarele transformări, la soluționarea (4.18) pentru A_V vom obține:

$$A_V = \frac{(\bar{Y}' + 0,15U_0) - \bar{Y}'_{sp}}{(\bar{Y}'_{sp} + 0,15U_0\phi^{2/3})}, \quad (4.19)$$

unde $\bar{Y}'_{sp}$ – valoarea normei scurgerii de suprafață racordată la condițiile zonale prin aprecierea influenței pădurilor din bazinele de recepție.

Din aceste considerente, putem recomanda [40] evidența împăduririi asupra scurgerii de suprafață pentru râurile de câmpie prin ecuația de putere de următoarea formă:

$$\delta_{pd} = 1 - 0,78f_{pd} + 0,36f_{pd}^2, \quad (4.20)$$

unde f_{pd} – ponderea pădurilor din bazinul de recepție.

Conform acestei formule, la 100% împădurire sau la $f_{pd} = 1,0$, scurgerea de suprafață va scădea cu 42%. Putem afirma, că modelarea influenței împăduririi asupra stratului anual al scurgerii de suprafață din formula (4.20) mai corect asigură evidența rolului acestui factor intrazonal. Prin urmare, aprecierea zonală a normei anuale a stratului scurgerii de suprafață se propune de determinat din coraportul:

$$\bar{Y}'_{sp} \frac{\bar{Y}_{sp}}{1 - 0,78f_{pd} + 0,36f_{pd}^2}. \quad (4.21)$$

În final, apreciind valoarea dorită a parametrilor pierderilor A_V prin (4.19) și dispunând de datele normei zonale a scurgerii de suprafață, obținute prin formula (4.21), apare posibilitatea determinării valorii numerice a normei zonale a scurgerii de versant prin metoda calculelor inverse, aplicând funcția:

$$\bar{S}'_{(sp)} = \frac{\bar{Y}'_{sp}}{1 - A_V\phi^{2/3}}. \quad (4.22)$$

Disponând de datele inițiale necesare pentru argumentele principale din expresiile (4.21) și (4.22), indicate în A 4.2, se prezintă aprecierea normei scurgerii de versant pentru 40 bazine de recepție din Republica Moldova.

În baza datelor hidrografice și morfometrice sistematizate pentru bazinele de recepție cu monitoring hidrologic din Republica Moldova și a valorilor finale ale normelor zonale ale scurgerii anuale de suprafață și superficiale corespunzătoare (A 4.2), au fost alcătuite modele cartografice pentru teritoriul dat, prezentate în fig. 4.6 și 4.7.

Modelele cartografice respective pot fi aplicate la aprecierea caracteristicilor oricărui teritoriu (bazine de recepție nestudiate, regiuni peisagistice și raioane administrative).

Referitor la regionarea peisagistică a Republicii Moldova [10], generalizările realizate în aprecierea normelor anuale ale scurgerii de suprafață și ale scurgerii superficiale, sunt prezentate în A 4.3, precum și în fig. 4.8 și 4.9.

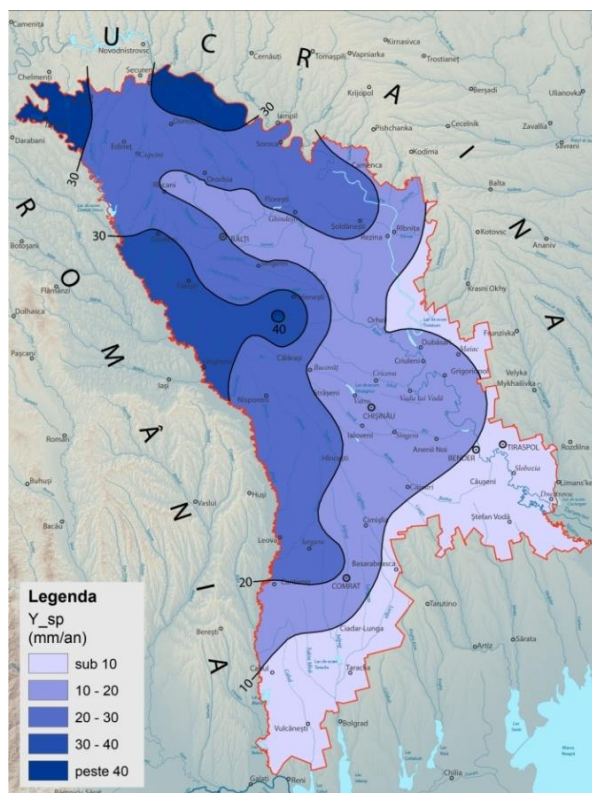


Fig. 4.6. Repartiția normelor zonale ale scurgerii de suprafață

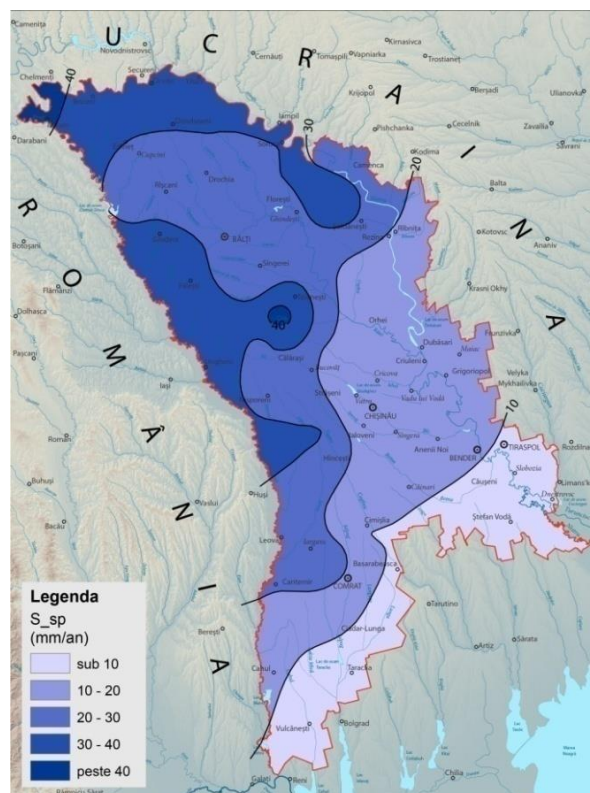


Fig. 4.7. Repartiția normelor zonale ale scurgerii superficiale

Urmând principiile genetice de analiză a scurgerii anuale, valoarea totală a normei resurselor naturale (zonale) ale oricărui bazin de recepție se va determina ca suma componentei subterane (norma infiltrării U_0 , mm/an) și a normei zonale a scurgerii de suprafață anuale totale ($\bar{Y}'_{sp}$, mm/an). Valorile numerice ale componentilor naturali s-au determinat prin ecuațiile 4.11, 4.18 și 4.19. Astfel, valoarea totală a scurgerii anuale naturale (zonale) se va determina prin egalitatea:

$$\hat{Y}_a = U_0 + \bar{Y}'_{sp}. \quad (4.23)$$

În concluzie, scurgerea anuală zonală $\hat{Y}_a$, în esența sa, este comparabilă cu modelul scurgerii climatice $\bar{Y}_{cl}$ (3.8). De aceea, deosebirea lor numerică, în viziunea noastră, depinde nu de dimensiunile bazinului de recepție, dar de alți factori și, în primul rând, de intervențiile antropice din bazinul de recepție. Rezultate integrate la calculele $\hat{Y}_a$ pentru 40 bazine de recepție sunt prezentate în A 4.4.

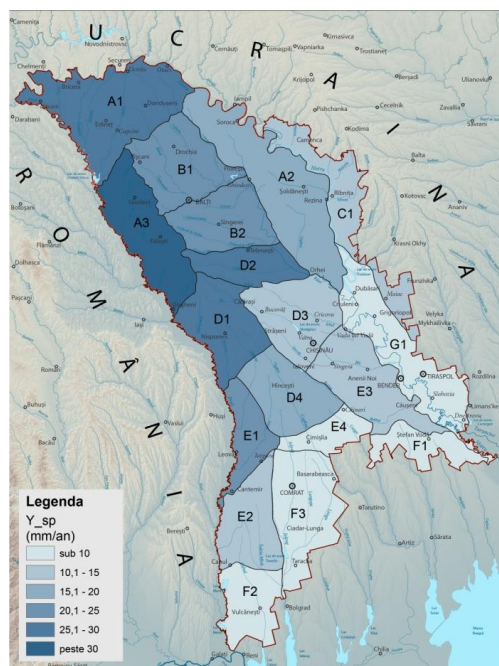


Fig. 4.8. Norma anuală a scurgerii de suprafață, $\bar{Y}_{sp}$, în limitele regiunilor peisagistice

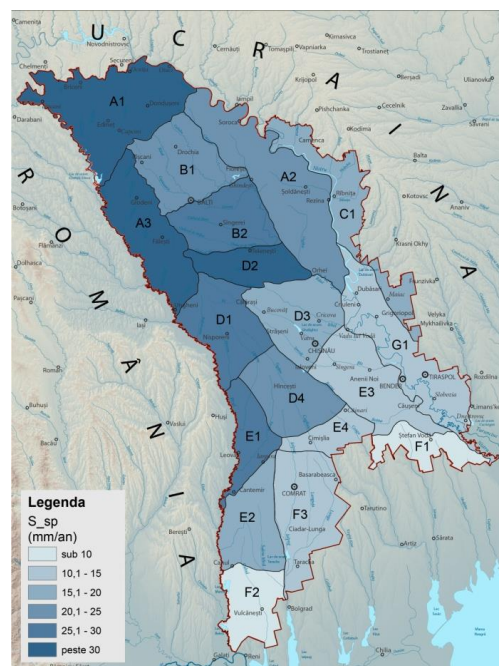


Fig. 4.9. Norma anuală a scurgerii superficiale, $\bar{S}_{(sp)}$, în limitele regiunilor peisagistice

Generalizarea spațială a scurgerii totale anuale prezentată în fig. 4.10 și 4.11 s-a realizat prin modelarea cartografică a fenomenului pentru teritoriul țării și al regiunilor peisagistice.

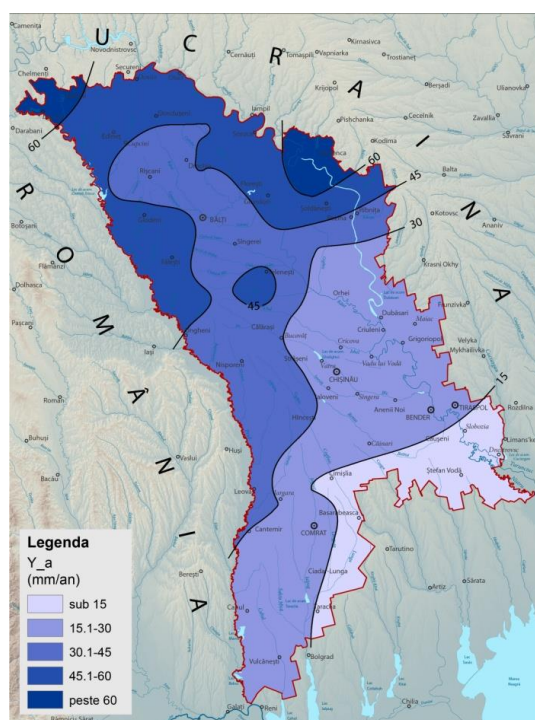


Fig. 4.11. Scurgerea naturală zonală în Republica Moldova (A 4.4)

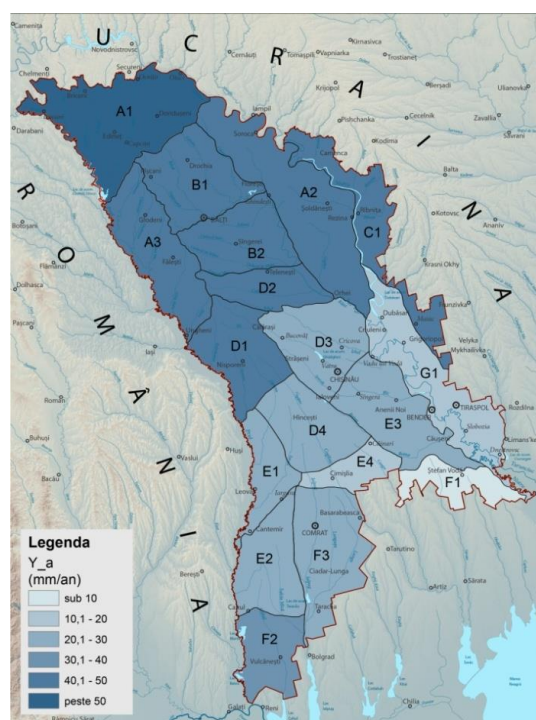


Fig. 4.12. Scurgerea naturală zonală în regiunile peisagistice din Republica Moldova

4.3. Principiile contemporane de evidență a influenței antropice de gospodărire a apelor asupra resurselor naturale de apă

Regimul hidrologic și bilanțul de apă al bazinelor de recepție sunt modificate de diferiți factori antropici sau măsuri de gospodărire a apelor. Dintre ele cele mai importante pentru peisajele din Republica Moldova sunt: crearea lacurilor de acumulare, irigarea terenurilor, măsurile agrotehnice, urbanizarea bazinelor de recepție, asigurarea comunală și industrială cu apă, redirecționarea scurgerii ș.a.

Din punct de vedere al sensului fizico-analitic al schimbărilor antropice, scurgerea anuală poate fi prezentată prin ecuația de bilanț:

$$\bar{Y}_{ant} = \hat{Y}_a - \sum \Delta Y_{ant}, \quad (4.24)$$

unde $\hat{Y}_a$ – scurgerea anuală naturală determinată din expresia (4.30); $\sum \Delta Y_{ant}$ – variația sumară anuală a scurgerii medii multianuale (în mm), condiționată de impactul complexului de factori antropici.

Bilanțul termic, hidrologic și de gospodărire a apelor, dezvăluie esența fizică a proceselor modificării resurselor de apă sub influența activității umane în bazinul de recepție. Aprecierea gradului de influență este posibilă prin modelarea activităților de gospodărire a apelor, care conțin în sine aplicarea procedeelelor deterministe de bilanț al apei și a procedeelelor stohastice în calculele modificării antropice a scurgerii anuale [47, 76, 77].

În cazul aprecierii doar a unui singur factor – activitatea de gospodărire, calculul modificării antropice se realizează prin formula:

$$\bar{Y}_{ant} = k_{ant} \hat{Y}_a, \quad (4.25)$$

În cazul a doi factori de activitate de gospodărire a apelor, aprecierea scurgerii modificate antropic se va realiza prin formula:

$$\bar{Y}_{ant} = \hat{Y}_a (k_1 + k_2 - 1). \quad (4.26)$$

În cazul a trei și mai mulți m factori de activitate de gospodărire formula (4.33) va obține o formă generală:

$$\bar{Y}_{ant} = [\sum_{j=1}^m k_j - (m - 1)] \hat{Y}_a, \quad (4.27)$$

unde $k_1, k_2, \dots, k_j$ – coeficienți de influență antropică, iar m – numărul de factori antropici. În esența sa, realizarea ecuațiilor (4.25 – 4.27) se reduce la determinarea coeficienților impactului antropic, aplicativ pentru factorul concret al activității gospodărești.

Argumentarea științifică și generalizarea procedeelelor în elaborarea modelelor stohastice deterministe pentru aprecierea impactului factorilor antropici asupra parametrilor statistici ai scurgerii anuale sunt expuse pe larg în [77, 47]. Ținând cont de noutatea științifică și semnificația

cercetărilor acestor autori, rezultatele au fost incluse în documentul normativ CP D.0105-2012 [13].

Aprecierea influenței construcției lacurilor de acumulare. Crearea lacurilor artificiale se realizează în scopul utilizării resurselor de apă în diverse activități de gospodărire, regularizare a viiturilor și apelor mari, precum și pentru satisfacerea altor necesități. Rezultatul acestor activități este o inundare a unei părți din suprafața văii râului. Apariția noilor suprafețe inundate modifică bilanțul de apă al uscatului pe contul evaporării suplimentare. În final, valoarea scurgerii anuale proporțional scade.

Metoda stohastico-deterministă a N. Loboda [76], a fost elaborată pentru râurile Ucrainei. Conform acestor cercetări pentru determinarea coeficientului presiunii antropice prin lacurile de acumulare asupra normei scurgerii anuale naturale a râurilor nestudiate, inclusiv și a regiunilor peisajere, se propune modelul exponențial:

$$k_{ant} = \exp(-0,767 \cdot \bar{Y}_C^{-0,49} \cdot f_{NRN}), \quad (4.28)$$

unde $\bar{Y}_C$ – norma scurgerii climatice, care se propune de apreciat după harta scurgerii medii anuale (fig. 2.2); unde: f_{NRN} – suprafața totală a oglinzii apei lacurilor de acumulare, în % din suprafața bazinului de recepție.

Analiza comparativă a rezultatelor calculelor prin ambele metode, prezentate în A 4.5, denotă că modelul (4.28) la aceleași argumente, supraestimează (aproape de 2 ori) rezultatele pierderilor scurgerii la evaporarea suplimentară din lacurile Republicii Moldova.

Apare întrebarea: ce anume provoacă așa discordanță în rezultate? În primul rând, trebuie de ținut cont de faptul, că modelul (4.28) generalizează în special materialele pentru râurile Ucrainei, unde pierderile la scurgerea suplimentară pot fi diferite de condițiile Republicii Moldova. În al doilea rând, însuși modelul (4.28) este alcătuit în baza unor condiții prealabile, bazate pe modelarea stohastică a șirurilor scurgerii anuale și corelarea valorilor asigurate ale acestei scurgeri cu diferența $(\bar{E}_a - \bar{X})$ prin modelarea numerică a valorii ponderii lacurilor în suprafața bazinului de recepție, ca factor antropic nealeatoriu [76]. Probabil, aceste circumstanțe au și condiționat rezultatele finale diferite în aprecierea normei scurgerii anuale naturale a bazinelor de recepție din Republica Moldova.

Din aceste considerente, s-a încercat corectarea modelului (4.28) prin selecția și substituția parametrului negativ (-0,767) în (-0,350). În acest caz, expresia corectată pentru aprecierea coeficientului impactului antropic al lacurilor de acumulare la pierderile scurgerii naturale anuale prin evaporarea suplimentară de pe suprafața oglinzii apei lacurilor din Republica Moldova, se va înscrie astfel:

$$k_{ant} = \exp(-0,350 \cdot \bar{Y}_C^{-0,49} \cdot f_{NRN}). \quad (4.29)$$

În continuare, prin formula (4.29), s-a determinat coeficientul impactului antropic pentru bazinele de recepție cercetate.

Conform rezultatelor finale, în aprecierea normei scurgerii naturale pentru regiunile peisagistice, ele depășesc normele admisibile (peste 5-10%, A 4.6). Aceasta creează o anumită presiune asupra bilanțului gospodăresc al apelor și, în final, asupra sistemului hidroecologic al peisajelor Republicii Moldova. Din aceste considerente, în regiunile unde diminuarea normei depășește valorile admisibile (mai ales în Câmpia Prutului de Mijloc, Câmpia de Stepă a Ialpușului) trebuie de limitat construcția lacurilor de acumulare, iar iazurile colmatate nu trebuie reconstruite, ci de utilizat în agricultură.

Aprecierea influenței măsurilor agrotehnice. Cercetările multiple generalizate în monografia lui V. Vodogrețkii [44], confirmă faptul, că sub influența măsurilor agrotehnice și forestiere, scurgerea anuală se modifică în diferite moduri. Subiectul aprecierii cantitative a acestei influențe, în mare măsură, este discutabil.

În complexul măsurilor agrotehnice se includ aratul versanților, crearea fâșiilor forestiere, reținerea zăpezii, ș.a., care sunt orientate spre păstrarea și sporirea umidității din sol, crearea regimului hidric și de aerăție necesar, sporirea rezistenței erozionale a versanților [10, 35].

Rezervele adiționale de umiditate din sol, create prin aplicarea măsurilor agrotehnice, se consumă în special la evaporarea productivă, în cazul aflării apelor freatice la suprafață, și la alimentarea orizonturilor acvifere. În unele cazuri, scurgerea anuală se micșorează cu valoarea creșterii pierderilor de apă predominant la evaporare.

Generalizarea materialelor observațiilor multianuale, realizate la stațiile de scurgere și staționare agricole din zona de silvostepă și cea de stepă în Europa de Est și cea de Vest, sunt prezentate în lucrările [23, 35, 79, 99, 119].

În continuare a fost apreciat efectul influenței măsurilor agrotehnice asupra scurgerii anuale în condițiile zonelor de silvostepă și de stepă din Republica Moldova. Norma scurgerii anuale se diminuează sub influența măsurilor agrotehnice, după realizarea lor, cu o valoare egală cu creșterea evaporării de pe suprafața bazinului de recepție [58, 94]. În acord cu datele disponibile, gradul de diminuare a normei scurgerii anuale a râurilor mici $\Delta \hat{Y}_{at}$ variază de la 3,9% la 6,1% și în mare măsură depinde de valorificarea versanților bazinului de recepție prin arătură, ce se descrie prin ecuația:

$$\Delta \hat{Y}_{at} = 2,25 f_{Ar}^{0,24}. \quad (4.30)$$

Valoarea coeficientului influenței măsurilor agrotehnice poate fi apreciată prin expresia [76]:

$$k_{at} = \frac{\bar{Y}_{at}}{\bar{Y}_{nat}} = 1 - 10^{-2} \Delta \hat{Y}_{at}. \quad (4.31)$$

Datele despre ponderea terenurilor arabile, de regulă, se publicau atât în edițiile de serie „Resursele de apă de suprafață din URSS” [110], cât și în îndrumare statistice [1] sau în diferite publicații speciale și monografii [23, 99, 113].

Cele mai complete și mai prețioase date despre terenurile arabile de pe versanți sunt sistematizate în „Materialele observațiilor stației bilanțului de apă din Republica Moldova” în perioada anilor 1954-1994. Ele reprezintă un fond special de date, care conțin informația anuală atât despre valorificarea terenurilor agricole, cât și despre un complex larg de observații hidroclimatice, agrotehnice și hidrogeologice [79].

Datele generalizate despre ponderea arabilului din bazinele de recepție pentru o perioadă multianuală sunt prezentate în tab. 4.6. Din aceste date reiese, că terenurile arabile în limitele a patru bazine de recepție în medie ocupă 49-75% din teritoriu. Valorile medii multianuale, calculate pe anumite vâlcele și pâraie sunt determinate în limita erorilor admisibile (3 - 6,1%).

Tabelul 4.6

Parametrii statistici ai terenurilor arabile de la Stația bilanțului de apă a Republicii Moldova

Bazinul de recepție	Suprafața, km ²	Anii	Procentajul mediu al terenurilor arate	Coeficientul de variație	Eroarea medie, %	Arătură maximă, %	Anii
vâlc. Vinogradnîi	2,84	1962-77	49	0,12	3,1	65	1968
vâlc. Sagaidacnîi	3,92	1962-94	57	0,15	3,0	82	1978
vâlc. Stanționîi	5,5	1962-94	67	0,35	6,1	89	1969
vâlc. Vișnevîi	4,22	1962-94	75	0,18	3,1	97,95	1970, 1971

Trebuie de ținut cont de faptul, că datele despre terenurile arabile din bazinele de recepție pe teritoriul Republicii Moldova după anul 1975 nu s-au mai publicat în materialele hidrologice multianuale [110]. Anume din aceste considerente, au fost prelucrate datele utilizării terenurilor agricole (CORINE, <https://www.gismediu.gov.md>).

Analiza comparativă a datelor medii pentru aceste două perioade analizate, prin construcția funcției dintre ele (fig. 4.12), permite racordarea datelor la o perioadă unică (anii 1965-2007). Aceasta asigură compararea caracteristicilor normei scurgerii naturale și a valorilor medii ale ponderii terenurilor arabile din bazinele de recepție.

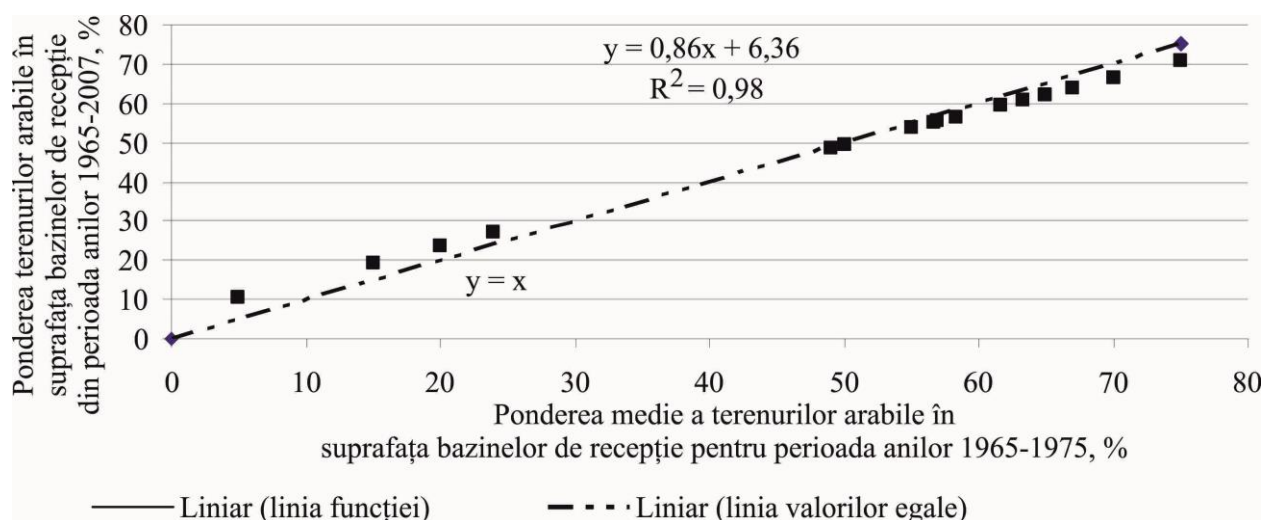


Fig. 4.12. Graficul funcției terenurilor arabile din bazinele de recepție pentru două perioade

Conform graficului din fig. 4.12, linia funcției ponderii terenurilor arabile dintre două perioade se generalizează cu o precizie suficientă ($R^2=0,98$) și se aproximează prin ecuația:

$$f_{Ar} = 0,86 \cdot f'_{Ar} + 6,36. \quad (4.32)$$

Din graficul funcției prezentat în fig. 4.13 reiese, că dacă în prima perioadă ponderea terenurilor arabile a fost peste 50%, atunci în a doua perioadă ea s-a micșorat.

În final, în baza graficului (fig. 4.12) și a ecuației (4.32), în A 4.7 sunt prezentate rezultatele aprecierii ponderii terenurilor arabile în regiunile peisagistice pentru anii 1965-2007, precum și aprecierea diminuării normei scurgerii anuale sub influența acestui factor. După cum reiese din aceste date, terenurile arabile existente influențează slab variația normei scurgerii naturale a râurilor Republicii Moldova. Practic pentru toate regiunile diminuarea scurgerii nu depășește valoarea erorilor admisibile și evidența suplimentară a acestui factor antropic nu este obligatorie.

Pentru reprezentativitate, în fig. 4.13 se prezintă schema repartiției ponderea diminuării scurgerii anuale pentru regiunile peisagistice ale Republicii Moldova. Este evident, că atunci când vorbim despre influența asupra normei scurgerii a întregului complex de factori antropici, chiar și cea mai mică acțiune a unor factori în sumă tuturor acestora poate avea o pondere apreciabilă.

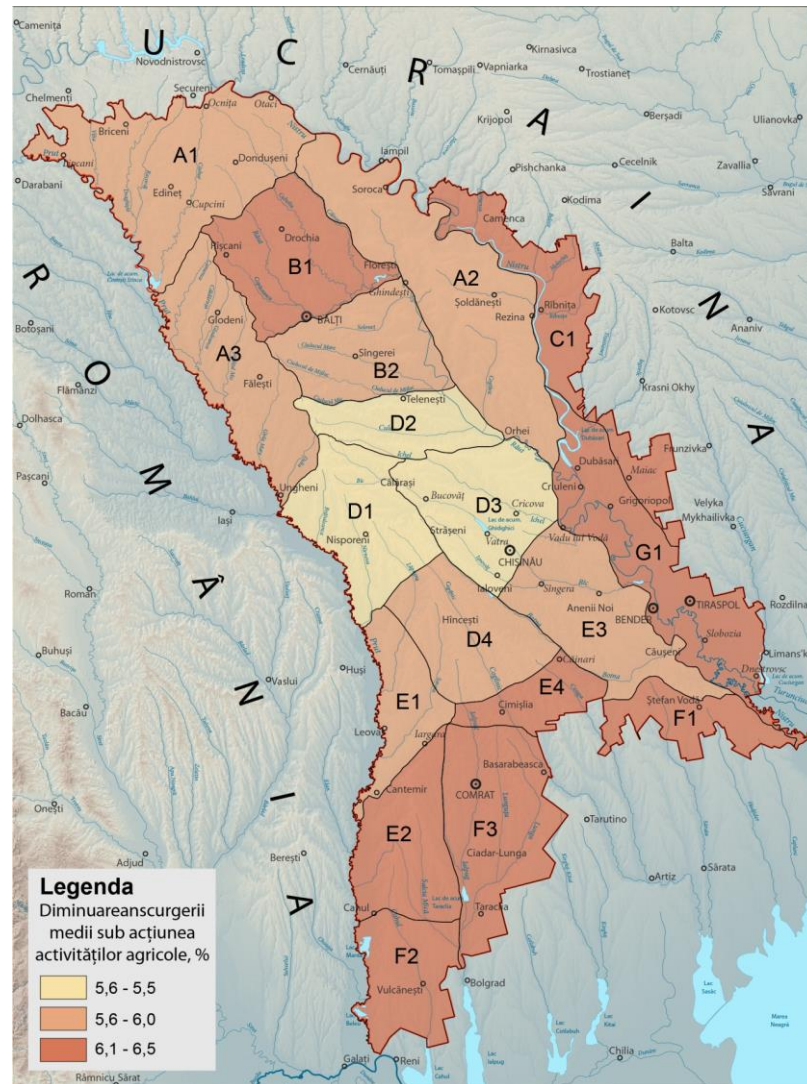


Figura 4. 13. Diminuarea scurgerii sub impactul activităților agricole pe regiuni peisagistice

Aprecieri urbanizării teritoriilor. Aprecieri modificării resurselor de apă ale râurilor Republicii Moldova sub impactul factorilor urbanizării este studiată încă insuficient, atât din punct de vedere al principiilor metodologice, cât și a realizării practice. Spre regret, în literatura hidrologică regională este dificil de a găsi date ale observațiilor de teren a influenței urbanizării teritoriului asupra scurgerii râurilor.

Ținând cont de lipsa observațiilor privind influenței urbanizării asupra scurgerii anuale, propunem aplicarea în calcule a metodei bilanțului, bazat pe aprecierea pierderilor scurgerii apelor nivale și pluviale în condițiile suprafeței versanților urbanizați și cu o permeabilitate mică.

Valoarea normei scurgerii naturale modificată ΔY_{Ur} din ariile urbanizate poate fi exprimată prin ecuația:

$$\Delta Y_{Ur} = \bar{X}_{Ur}(\bar{\eta}'_{Ur} - \bar{\eta}_{Nat})f_{ur}, \quad (4.33)$$

unde $\bar{X}_{Ur}$ reprezintă norma precipitațiilor anuale din teritoriile urbanizate, mm; $\bar{\eta}'_{Ur}$ și $\bar{\eta}_{Nat}$ – valorile medii ale coeficientului scurgerii de pe suprafețe impermeabile și permeabile.

În cazul lipsei precipitațiilor atmosferice adiționale în teritoriile urbanizate, a alimentării subterane nesemnificative și a lipsei redistribuirii scurgerii din alte bazine, variația normei scurgerii anuale poate fi determinată prin formula simplificată:

$$\Delta Y_{Ur} = (\eta_1/\eta) \hat{Y}_{Natf_{ur}} = \psi_\eta \hat{Y}_{Natf_{ur}}, \quad (4.34)$$

unde η_1 și η – coeficienți medii ai scurgerii de suprafață până și după urbanizare; ψ_η – coeficient, care se află în dependență directă de ponderea suprafețelor impermeabile și este indicat în lucrarea [94], și se generalizează prin formula:

$$\psi_\eta = 1 + 2,58 \cdot f_{Ur}. \quad (4.35)$$

Ecuatiile (4.33) și (4.35) permit aprecierea impactului urbanizării oricărui teritoriu asupra scurgerii anuale, în condițiile dispunem de datelor despre suprafețele terenurilor impermeabile (urbanizate) din teritoriul studiat. Calculele realizate permit determinarea gradului de creștere a resurselor de apă de suprafață (norma scurgerii), atât în limitele regiunilor peisagistice din Republica Moldova (tab. 4.7, fig. 4.14), cât și din bazinele de recepție din sistemul de monitoring al SHS (A 4.8).

Tabelul 4.7

Rezultatele aprecierii impactului urbanizării asupra resurselor de apă naturale din regiunile
peisagistice ale Republicii Moldova

Nr.	Regiunea peisagistică	Suprafața, km ²		Ponderea suprafeței	Sporirea normei scurgerii anuale, %
		regiunii	urbană		
A1	Podișul de Silvostepă al Moldovei de Nord	3325	398	0,12	16
A2	Podișul de Silvostepă al Nistrului	3558	334	0,09	12
A3	Câmpia de Silvostepă a Prutului de Mijloc	2235	229	0,10	13
B1	Câmpia de Stepă a Cuboltei Inferioare	2013	242	0,12	16
B2	Dealurile de Stepă ale Ciulucurilor	1708	142	0,08	10
C1	Podișul de Silvostepă al Râbniței	1898	170	0,09	11
D1	Podișul Silvic al Codrilor de Vest	1847	205	0,11	14
D2	Podișul Silvic al Codrilor de Nord	1131	123	0,11	14
D3	Podișul Codrilor de Est	1901	307	0,16	23
D4	Podișul Codrilor de Sud	1696	135	0,08	10
E1	Depresiunea de Silvostepă a Săratei	1048	96,2	0,09	11
E2	Colinele de Silvostepă ale Tigheciului	1646	129	0,08	9
E3	Câmpia de Silvostepă a Bâcului	2091	222	0,11	13
E4	Câmpia de Silvostepă a Cogâlnicului	747	58,5	0,08	9
F1	Câmpia de Stepă a Hagiderului Superior	913	68,7	0,08	9
F2	Câmpia de Stepă a Cahulului	1306	89,5	0,07	8
F3	Câmpia de Stepă a Ialpușului	2258	165	0,07	9
G1	Câmpia de Stepă a Nistrului Inferior	2596	300	0,12	15

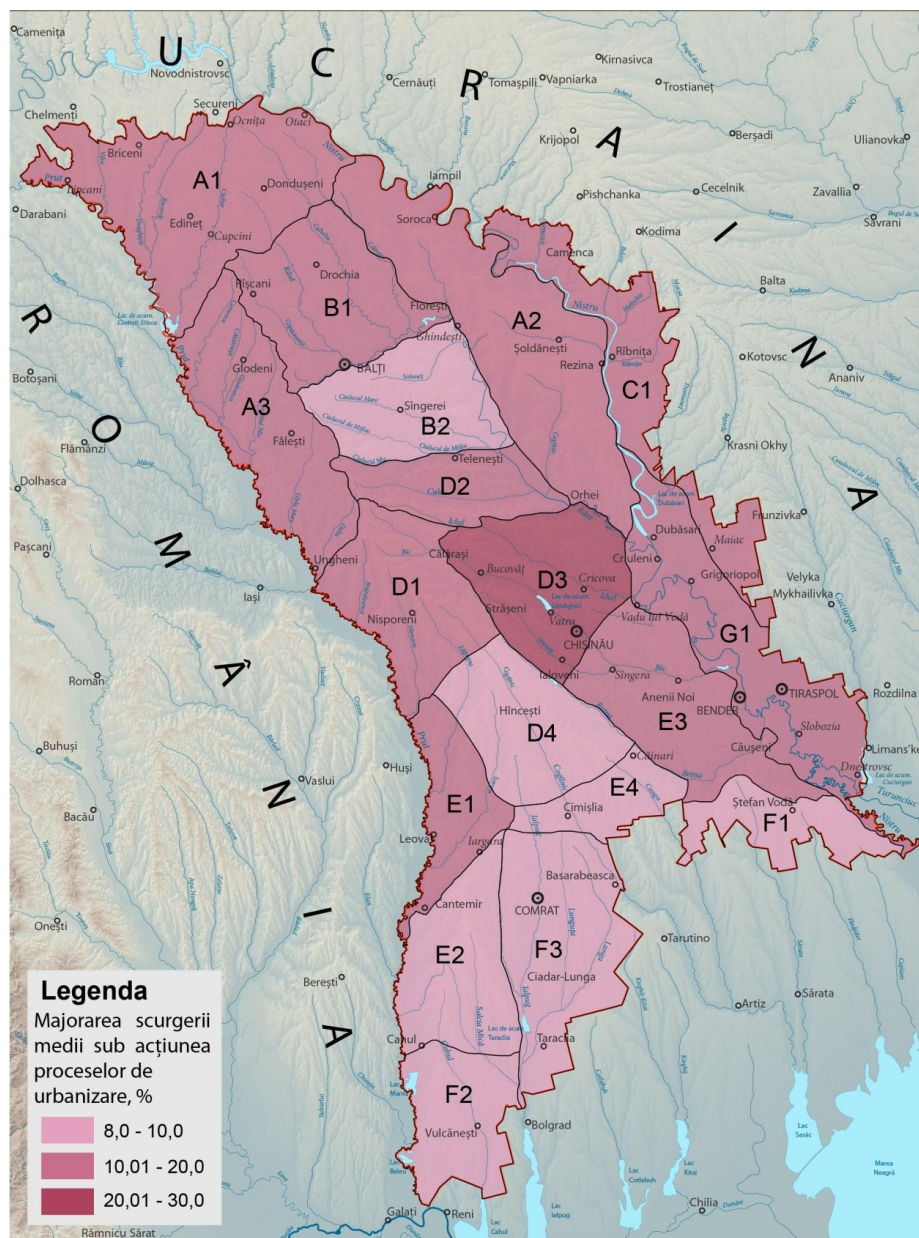


Fig. 4.14. Majorarea valorii scurgerii sub impactul urbanizării

Creșterea impactului ariilor urbane se manifestă considerabil în regiunea peisagistică a Podișului Codrilor de Est, în limitele căruia sunt amplasate orașele Chișinău, Strășeni și Călărași. Desigur că creșterea artificială a scurgerii anuale datorită urbanizării bazinelor de recepție nu poate fi periculoasă. Însă, când analizăm scurgerea maximă (mai ales scurgerea pluvială) și procesul curgerii apei decurge pe suprafețe impermeabile cu un coeficient al scurgerii foarte mare, atunci în aceste bazine pot avea loc inundații rapide fulger cu consecințe serioase. De menționat, că sistemul de evacuare a apelor pluviale din Chișinău este demult uzat și nu are capacitatea de a transporta scurgerea pluvială de pe versanți de o mare intensitate. Chișinăul foarte des suferă din cauza inundațiilor urbane pluviale în sectoarele joase ale luncii râului Bâc.

Teritoriile urbane mai au un impact negativ și asupra calității râurilor care primesc ape din aceste arii. Conform multiplelor cercetări, cantitatea poluanților transportați în râu de pe aceste suprafețe, mai ales de pe cele industriale deseori depășesc CMA de zeci de ori [14].

Modificarea resurselor de apă sub impactul comun al complexului de măsuri de gospodărire a apei. În acord cu ecuația (4.27) valoarea coeficientului impactului antropic, care sumar evidențiază toate transformările scurgerii naturale anuale, poate fi determinată în baza calculelor individuale pentru factorul analizat. Aprecierea cantitativă a influenței complexului de factori prin ecuația (4.27) se realizează pentru două grupe de obiecte naturale: separat pentru regiunile peisagistice ale Republicii Moldova și pentru bazinele de recepție ale rețelei de monitoring a Serviciului Hidrometeorologic de Stat. Din lipsa de informație inițială nu a fost posibilă realizarea calculelor pentru toate bazinele de recepție, precum și pentru toți factorii antropici existenți. Calculele generalizate sunt prezentate pentru trei activități de gospodărire a apelor (construcția lacurilor de acumulare, măsurile agrotehnice și urbanizarea terenurilor). Pentru regiunile peisagistice datele despre influența factorilor individuali sunt luate din datele prezentate în A 4.9, iar apoi generalizate prin impactul comun și indicate în A 4.9, coloana 7.

Datorită diversificării considerabile a factorilor naturali, avem un tablou contrastant al variabilității coeficientului comun al impactului antropic asupra scurgerii anuale naturale. În 12 din 18 regiuni peisagistice (datele marcate), coeficientul comun al impactului antropic este sub 0,90. Aceasta înseamnă, că în aceste cazuri diminuarea scurgerii anuale naturale depășește limita admisibilă a erorii de 10%. Acest factor, în unele regiuni peisajere, în prezent, diminuează resursele de apă cu mai mult de 30%.

Din aceste considerente, trebuie de limitat construcția lacurilor de acumulare în așa regiuni ca Podișul Codrilor de Est, Podișul Codrilor de Sud, Câmpia de Silvostepă a Bâcului, Câmpia de Silvostepă a Cogâlnicului, Câmpia de Stepă a Nistrului Inferior.

Un tablou amplu despre modificarea resurselor naturale de apă prin impactul complexului de măsuri de gospodărire, pentru regiunile peisagistice, ne oferă harta din fig. 4.15.

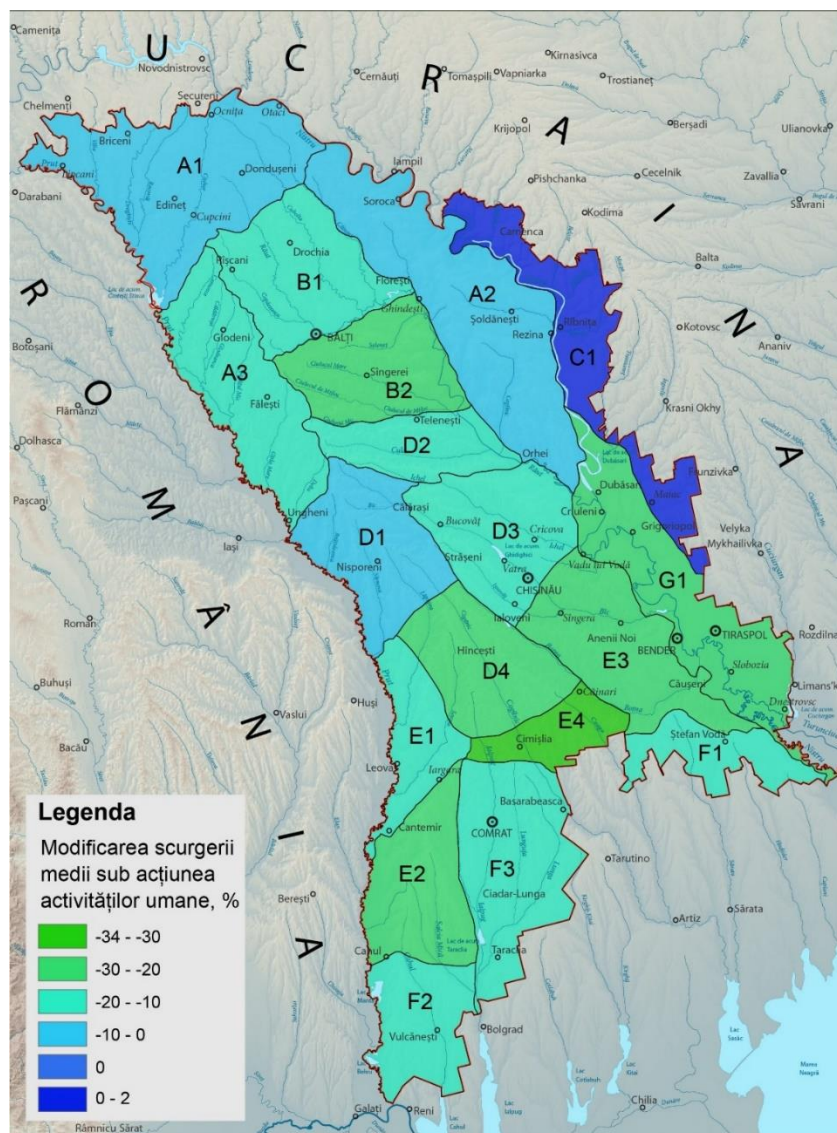


Figura 4.15. Modificarea scurgerii medii sub impactul factorului antropic

4.4. Concluzii la capitolul 4

1. Interacțiunea scurgerii de suprafață cu cea subterană se manifestă prin comunitatea legilor naturale ale fizicii, care formează resursele de apă ale râurilor. În același timp, conform particularităților de formare, scurgerea subterană și cea de suprafață diferă apreciabil după dinamica și modul de formare.
2. La analiza funcției componentelor medii multianuale ale scurgerii de suprafață și subterane este rațional de aplicat modelul scurgerii etajate pe impermeabile relative cu o anumită pantă și adâncime de drenaj a cursului râului [34, 35]. Acest model permite crearea și realizarea sistemelor ecuațiilor de bilanț al apei, care dezvăluie specificul procesului de interdependență dintre scurgerea de suprafață și cea subterană.

3. În baza structurii rețelei hidrografice a Republicii Moldova, precum și legităților variației adâncimii de eroziune, a fost apreciat aportul alimentării subterane Δq_k a cursului de apă de ordin k la o unitate de lungime sau suprafață a bazinului de recepție. La coeficienții predefiniți de umiditate, adică raportul stratului de sol saturat către toată grosimea de drenaj; variația aportului modulului scurgerii subterane se descrie prin funcția tangentei hiperbolice. În final se propune modelul de calcul pentru aprecierea normei alimentării subterane și a normei zonale de infiltrare în acvifere (4.10) și (4.12).
4. În conformitate cu aceste principii metodologice a fost apreciată valoarea normei zonale de infiltrare U_0 în bazinele de recepție ale Republicii Moldova și teritoriilor aferente din România și Ucraina (A 4.1). În baza acestor materiale, aplicând tehnologiile SIG, s-a cartat repartiția normei zonale de infiltrare pe teritoriul Republicii Moldova (fig. 4.4), care a permis determinarea repartiției valorii normei de infiltrare în regiunile peisagistice (fig. 4.5).
5. În acord cu geneza formării scurgerii râurilor [37,40, 85], valoarea componentei de suprafață a normei scurgerii anuale reprezintă în sine diferența stratului total al scurgerii, prin care se are în vedere scurgerea de pantă pe durata căderii precipitațiilor într-un an mediu ca umiditate, inclusiv stratul total al pierderilor scurgerii de versant după încetarea ploii în faza de descreștere a graficului aportului de versant pentru toate cazurile de apariție a scurgerii.
6. Aprecierea pierderilor scurgerii după finalizarea căderii precipitațiilor s-a realizat prin ecuația bilanțului, prin extragerea ponderii pierderilor din stratul sumar al infiltrației, formate deja după ploaie. Analiza denotă că această pondere constituie $0,15U_0$. În final, prin soluționarea sistemului de ecuații (4.18, 4.19) și a excluderii influenței împăduririi asupra normei scurgerii de suprafață, s-a apreciat stratul de formare a scurgerii pentru bazinele de recepție cercetate (A 4.2). În baza lor s-au alcătuit hărțile pentru teritoriul Republicii Moldova, inclusiv și a scurgerii totale naturale zonale (fig. 4.8-4.12).
7. Bilanțul termic, hidric și al gospodăririi apelor dezvăluie esența fizică a proceselor modificării resurselor de apă, sub influența activității antropice, în bazinul de recepție. Prin specificul său fizico-analitic, scurgerea anuală antropică modificată poate fi prezentată prin raportul dintre valoarea scurgerii modificată de factorii antropici și valoarea scurgerii naturale, adică prin coeficienții impactului antropic [13, 47, 117]. La factorii antropici semnificativi (activitatea de gospodărire) pentru teritoriul Republicii Moldova atribuim: crearea iazurilor și a lacurilor de acumulare, irigarea terenurilor agricole, măsurile agrotehnice, urbanizarea bazinelor de recepție, asigurarea comunală și industrială cu apă, redirectionarea scurgerii.
8. Aprecierea reală a modificării scurgerii anuale sub influența factorilor antropici nominalizați, s-a realizat în baza recomandărilor propuse în noul document normativ CP D.01.05-2012 [13].

9. Aprecierea numerică a influenței anumitor factori s-a realizat pentru două grupe de obiecte naturale: a) pentru unele regiuni peisagistice ale Republicii Moldova și b) pentru bazinele de recepție de la posturile de monitoring hidrologic al SHS. Rezultatele acestor calcule indică că, la captarea resurselor de apă pentru irigare (după starea anilor 1985-1991) diminuarea lor poate ajunge la 70% și mai mult (bazinul r. Ialpug). Crearea lacurilor de acumulare, ca rezultat al evaporării suplimentare de pe suprafața apei, micșorează scurgerea naturală cu până la 15% (bazinele râurilor Ciulucul Mic, Căldărușa). Măsurile agrotehnice (aratul) diminuează scurgerea anuală cu 5-6%, iar urbanizarea terenurilor condiționează creșterea scurgerii anuale în medie cu 12%.
10. Dacă ținem cont de nivelul actual de dezvoltare a irigației în țară, atunci influența ei asupra resurselor de apă naturale în general poate fi ignorată. În acest caz, influența comună a celor trei factori antropici (lacurile de acumulare, agrotehnica și urbanizarea) duce la diminuarea scurgerea anuale cu 15%. Această valoare este peste limita admisibilă. Starea gravă se acutizează, dacă ținem cont și de micșorarea adițională a resurselor de apă sub impactul schimbărilor climatice, construcția complexelor hidrotehnice.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Concluzii. Nivelul contemporan de studii hidrologice și de gospodărire a apelor în Republica Moldova se consideră insuficient pentru obținerea rezultatelor sigure în aprecierea influenței modificărilor antropice și în luarea deciziilor de management al apelor. O cale de soluționare a acestei probleme este aplicarea la scară largă a materialelor bilanțului de radiație, caracteristicilor climatice ale regimului termic și precipitațiilor atmosferice.

Din aceste considerente, în teza dată și în publicațiile respective, s-a realizat un sistem de procedee științifice care includ următoarele concluzii:

1. A fost argumentată posibilitatea aplicării simultane a bilanțului hidrotermic pentru aprecierea normelor evaporației maxime posibile ($\bar{E}_m$) și globale (E_{sum}) de pe suprafața uscatului, ca resurse termice și a normei precipitațiilor anuale – ca și caracteristică a resurselor de umiditate și, în final, a normei scurgerii climatice ($\bar{Y}_{cl}$), ca caracteristică generală a resurselor naturale de apă ale Republicii Moldova.
2. În limitele regiunilor peisagistice și bazinale, precum și a altor arii, și pentru tot teritoriul Republicii Moldova sunt elaborate modele cartografice ale repartiției spațiale a componentelor nominalizate ale bilanțului hidrotermic (fig. 2.8, 2.9, 2.14, 2.15, 2.15a) cu o veridicitate în limitele marjei de eroare admisibile de 10-15%;
3. Pentru prima dată pentru teritoriul Republicii Moldova s-au elaborat principii noi de apreciere a funcției normei componentelor scurgerii de suprafață și subterane în baza concepției genetice Befani A. N. și Melniciuc O. N. În final, s-au elaborat modelele cartografice (fig. 4.6, 4.7, 4.8 și 4.10), care permit aprecierea componentelor nominalizate ale scurgerii anuale, pentru orice regiuni nestudiate ale Republicii Moldova;
4. Au fost aprobate principiile metodice de calcul a schimbărilor caracteristicilor scurgerii anuale în funcție de gradul de utilizare antropică a sistemelor peisagistice și bazinale. Drept caracteristici cantitative ale activității antropice sunt acceptate suprafețele sumare ale lacurilor de acumulare, ale arabilului și terenurilor urbanizate, precum și terenurilor irigate (la nivelul anilor 1990-1992);
5. S-a demonstrat, că, în rezultatul evaporației suplimentare de pe suprafața oglinzii apei lacurilor de acumulare, scurgerea naturală se poate diminua peste limitele admisibile. Aceasta este specific pentru regiunea de sud a Republicii Moldova (râurile Ialpuș, Mussa), unde, în rezultatul scurgerii naturale mici (sub 20 mm anual) și a pierderilor nerambursabile la evaporația adițională (350-400 mm anual), degradarea resurselor de apă ajunge la 20-40% anual.

6. Multiplele cercetări, generalizate în monografia lui Vodogrețkii V.E și în indicațiile metodice speciale, confirmă că sub influența măsurilor agrotehnice și forestiere, scurgerea anuală a râurilor se transformă într-un mod anumit. Subiectul aprecierii cantitative a acestei influențe în mare măsură este încă discutabil.
7. Materialele generalizate ale observațiilor multianuale la stațiile de scurgere și staționare agricole din zonele de silvostepă și stepă din Europa de Est și de Vest denotă, că gradul de diminuarea normei scurgerii anuale a râurilor mici sub influența măsurilor agrotehnice în medie constituie 4-6% în funcție de ponderea arabilului de pe versanți de la 10 la 70% (fig. 4.17). Diminuarea maximă a scurgerii anuale (6,2%) se înregistrează în regiunea Câmpiei de Stepă a Cuboltei Inferioare și un pic mai puțin în Podișul Codrilor – 5,4%.
8. Subiectele aprecierii modificărilor resurselor de apă ale râurilor Republicii Moldova, sub influența factorilor urbanizării, sunt studiate insuficient. Spre regret, în literatura hidrologică este dificil de întâlnit materiale despre observațiile în natură a influenței terenurilor urbanizate asupra scurgerii râurilor. Ținând cont de lipsa observațiilor în natură, noi propunem aplicarea procedurii de calcul a bilanțului bazat pe aprecierea pierderilor scurgerii în cazul scurgerii apelor pluviale și nivale, în condițiile terenurilor slab permeabile de pe suprafețele versanților urbani. Spre deosebire de influența factorilor care micșorează resursele de apă, urbanizarea terenurilor provoacă o creștere a acestora.
9. În cazul lipsei precipitațiilor atmosferice adiționale deasupra terenurilor urbanizate, alimentării subterane nesemnificative și a lipsei transferării scurgerii din alte bazine – schimbarea normei scurgerii anuale poate fi determinată prin aprecierea coeficientului generalizat al scurgerii din terenurile ocupate cu cuvertură naturală, cu suprafețe slab permeabile.
10. Ponderea ariilor urbanizate din sistemele peisagistice și bazinale s-a determinat printr-o prelucrare specială a categoriei de utilizare a terenurilor. Rezultatele arată, că ea variază de la 7% în limitele Câmpiei de Stepă a Cahulului până la 16% în Podișul Codrilor de Est. Respectiv, la un așa grad de urbanizare, norma scurgerii anuale naturale va crește de la 8 la 23%. În medie pe republică, sub impactul urbanizării terenurilor, scurgerea naturală crește cu 12%.
11. Aprecierea impactului comun al complexului de factori ai activității de gospodărire denotă, că în condițiile când ținem cont de măsurile de irigare, coeficientul sumar al impactului antropic scade brusc, fapt ce în final provoacă o degradare considerabilă a

resurselor de apă. Dacă ținem cont doar de trei factori comuni (fără irigare), situația se îmbunătățește. Analiza arată că valoarea maximă a diminuării scurgerii poate ajunge la 39% (r. Musa), iar a majorării scurgerii – la 39% (r. Ciuhur). Pentru regiunile peisagistice, datorită diversificării considerabile a factorilor naturali, este specific un tablou mai contrast al impactului antropic asupra scurgerii anuale. Cea mai mare presiune antropică este provocată de construirea lacurilor de acumulare. Acest factor, în unele sisteme peisagistice, diminuează în prezent resursele de apă cu peste 30%. Deci, este necesar de limitat construcția lacurilor de acumulare în unele regiuni peisagistice, cum sunt Podișul Codrilor de Est, Podișul Codrilor de Sud, Câmpia de Silvostepă a Bâcului, Câmpia de Silvostepă a Cogâlnicului, Câmpia de Stepă a Nistrului Inferior.

12. În general în spațiul Republicii Moldova, în condițiile impactului contemporan al factorilor de regularizare a scurgerii, urbanizării terenurilor și măsurilor agrotehnice – diminuarea scurgerii anuale poate constitui 15%. Această valoare este peste limita admisibilă. Situația se agravează, dacă vom ține cont și de posibila diminuare a resurselor de apă sub influența încălzirii globale a climei.
13. Rezultatele generalizate pentru aprecierea posibilelor modificări ale bilanțului hidrotermic sub influența încălzirii globale a climei reflectă faptul, că realizarea lucrărilor de calcul pentru dereglarea normelor scurgerii climatice, în baza proiecției RCP 4.5, se recomandă pentru utilizare drept model de bază, care satisface optimal cerințele în condițiile încălzirii globale pentru Republica Moldova. În final, diminuarea normei scurgerii climatice de bază pe teritoriul țării, condiționată de încălzirea climatului pentru intervalele de timp acceptate, constituie 37-38%. Ținând cont de diminuarea resurselor de apă în rezultatul activității de gospodărire la nivelul a 15%, aceasta poate afecta situația ecologică în regiunile peisajere și accelera degradarea ecosistemelor vulnerabile la deficitul de apă.

Recomandări

1. Pentru regiunile peisagistice, bazinale sau alte arii spațiale ale Republicii Moldova, slab studiate în aspect hidroclimatic, se recomandă aplicarea modelelor cartografice de repartiție spațială a componentelor bilanțului hidrotermic (fig. 2.8, 2.9, 2.14, 2.15, 2.15a) cu marja de eroare în limitele 10-15%;
2. Pentru prima dată în Republica Moldova au fost aplicate principiile noi de apreciere ale normelor componentelor de suprafață și subterană ale scurgerii anuale în baza

concepției genetice de formare [58, 71] ce ne permite să recomandăm aplicarea în completarea cu aceste principii a documentului normativ CP D.01.05-2012 (fig. 4.6, 4.7, 4.8 și 4.10) pentru orișice arii nestudiate din Republica Moldova;

3. Pentru argumentarea strategiei de dezvoltare a managementului apelor în Republica Moldova (construirea lacurilor de acumulare, valorificarea agricolă a terenurilor, lărgirea suprafețelor irigate și celor desecare, dirijarea urbanizării) și în combinație cu influența încălzirii globale a climei se recomandă limitele admisibile a activității de gospodărire, care nu vor permite diminuarea resurselor de apă și vor favoriza protecția și un management durabil al resurselor de apă și sistemelor peisagistice;
4. Se recomandă spre implementare lista nominală a râurilor și posturilor rețelei optimizate de monitoring hidrologic a Republicii Moldova, care constă din 85 posturi de nivel și debite, inclusiv 47 posturi existente și 38 adiționale [89].

BIBLIOGRAFIE

1. Anuarul statistic al Republicii Moldova. Biroul Naț. de Statistică al Rep. Moldova. – Chișinău: Tipografia Centrală, 2012. 356 p.
2. Anuarul statistic al Republicii Moldova. 2015.
(<http://www.statistica.md/pageview.php?l=ro&id=2193&idc=263>)
3. Bejenaru Gh. Calculul precipitațiilor generatoare de viitură la determinarea debitelor maxime de apă pe râurile mici în Republica Moldova, În: Analalele lucrărilor UST, Chișinău, 2004. 10 p.
4. Bejenaru Gh. Hidrologie generală. Curs de lecții. Vol. II. Chișinău: UST, 2011, 217 p.
5. Bejenaru Gh. Scurgerea medie anuală contemporană și variațiile ei în condițiile schimbării climei. 2012, 21 p. http://meteo.md/metodf_karti.htm
6. Bejenaru Gh. Unele probleme ale hidrologiei agricole în condițiile Moldovei. În: Tezele primei conferințe științifice APELE MOLDOVEI, Chișinău, 1994, p. 21-23;
7. Bejenaru Gh., ș. a. Resursele acvatice ale Republicii Moldova. Apele de suprafață. Chișinău: Știința, 2007. 248 p.
8. Bejenaru Gh., Cazac V. Afluenții Prutului pe teritoriul Republicii Moldova. Regimul hidrologic și parametrii morfometrici principali. În: Mediul Ambient Nr. 5 (29) 2006, p. 26-31.
9. Bejenaru Gh., Slastihin V., Gavrilă A. Ploile torențiale abundente și măsurile de prevenire a daunelor provocate de ele. Ministerul economiei al Republicii Moldova, Institutul de cercetări științifice în domeniul informației tehnico-științifice, Chișinău, 1994, 28 p.
10. Boboc N. Probleme de regionare fizico-geografică a teritoriului Republicii Moldova. În: Bulet. AȘM, Științele Vieții, Nr. 1 (307), 2009, p. 161-169.
11. Cadastrul de stat al apelor al Republicii Moldova Chișinău. SHS. Edițiile anilor 1998-2010.
12. Codreanu I. Modificările rețelei hidrografice ale bazinului Răut în secolul XX. Teza de doctor. Chișinău: Manuscris, 2005. 185 p.
13. Determinarea caracteristicilor hidrologice pentru condițiile Republicii Moldova. Normativ în construcții CP D.01.05-2012, ediție oficială. Agenția Construcții și Dezvoltarea teritoriului Republicii Moldova. Chișinău, 2013. 155 p.
14. Determinarea limitelor admisibile de substanțe nocive în debitele (scurgerile) superficiale pentru condițiile Republicii Moldova. Ediție oficială. Agenția construcții și dezvoltarea teritoriului Republicii Moldova. Chișinău, 155 p.
15. Diaconu C., Șerban P. Sinteze și regionalizări hidrologice. București: Editura tehnică, 1994. 388 p.
16. Moldova în cifre. Breviar statistic. Biroul Național de Statistică. 2016. 95 p.

17. Materialele fondului hidrometeorologic. SHS: Manuscris, 2013.
18. Nedelcov M. ș. a. Atlasul „Resursele climatice ale Republicii Moldova” Chișinău: Știința, 2013. 76 p.
19. Nedelcov M. Schimbarea climei în Republica Moldova în perioada observațiilor instrumentale. Chișinău: Akademos Nr. 4(74), 2012. p. 88-94.
20. Pantazica M. Hidrografia Câmpiei Moldovei. Iași: Junimea, 1974. 317 p.
21. Stănescu V.A. Hidrologie urbană. București: Editura didactică și pedagogică, R.A., 1995, 100 p.
22. QGIS. Sistem de Informații Geografice gratuit și cu sursă deschisă. <http://www.qgis.org/en/site/>
23. Ursu A. Solurile Moldovei. Chișinău: Stiinta, 2011. 323 p.
24. Алексеев Г. А. Методы оценки случайных погрешностей гидрометеорологической информации. Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. 96 с.
25. Алексеев Г. А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. Ленинград, Гидрометеиздат, 1971. 63 с.
26. Антропогенное изменение климата. Под ред. М. И. Будыко, Ю. И. Израэля. Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. 406 с.
27. Арнаут Н., Мельничук О., Влияние каскада водохранилищ на водные ресурсы Днестра. В сб.: Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья, Издательство Приднестровского Университета, Тирасполь: 2009, с. 11-14.
28. Ачасов А. Б. Почвенно-геоинформационные основы противозрозионной оптимизации агроландшафтов теория и практика. Автореф. Дисс. на соискание степени доктора с/х наук. Харьков, 2009. 40 с.
29. Багров Н. А. О среднем многолетнем испарении с поверхности суши. Метеорология и гидрология. №10. Ленинград: Гидрометеиздат, 1953. с. 20-25.
30. Балабух В.А. Проекții ale schimbării climatului în bazinul r. Dnestr și în regiunile sale la mijlocul secolului XXI (2021-2051 an.) relativ la perioada climatică modernă (1981-2010 an.). Raport final. «Schimbarea climatului și siguranța în bazinul râului Dnestr», 2015. 38 p.
31. Балабух В. А. Региональное проявление глобального изменения климата в бассейне р. Днестр. Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. Київ: 2012. Т.2(27). с. 117-129.
32. Беженару Г. Расчет дождевых паводков применительно к задачам определения паводочного стока. В сб. Rezumatul comunicărilor celei de-a treia conferințe internaționale științifico-practice “Apele Moldovei”, Chișinău, 1998, p 62-63;

33. Беженару Г., Мельничук О. Оценка изменения водных ресурсов рек республики Молдова под влиянием агротехнических мероприятий. În: Simpozionul Internațional Științifico - Practic „Utilizarea eficientă a resurselor hidro-funciare în condițiile actuale – realizări și perspective”, UASM. 28-29 sep. 2016. p. 52-57.
34. Бефани А. Н. Основные положения теории стока подземных вод. Сборник работ по гидрологии. № 1. Ленинград, Гидрометеиздат, 1959. с. 18-26.
35. Бефани А. Н. Вопросы теории стока подземных вод и питание рек. Рукопись. Библиотека ОГМИ, 1960. 119 с.
36. Бефани А. Н. Вопросы региональной гидрологии. Паводочный сток. Киев: Укрвузполиграф, 1989, 132 с.
37. Бефани А. Н. Основы теории ливневого стока. Труды ОГМИ, ч.2, вып. XIV. Ленинград, Гидрометеиздат, 1958. 309 с.
38. Бефани Н. Ф. Прогнозирование дождевых паводков на основе территориально общих зависимостей. Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. 182 с.
39. Бефани А. Н., Мельничук О. Н. Вопросы мелиоративной гидрологии. Методические указания к научно-исследовательской работы для студентов п специальности «Гидромелиорация» Кишинев: Типография КСХИ, 1987. 51 с.
40. Бефани А. Н., Мельничук О. Н. Расчет нормы стока временных водотоков и горных рек Украинских Карпат. Тр. УкрНИГМИ. Ленинград: Гидрометеиздат, 1967. Вып. 69, с. 105-137.
41. Будыко М. И. Климат в прошлом и будущем. Ленинград: Гидрометеиздат, 1980. 351 с.
42. Булавко А. Г. Влияние осушения болот на элементы водного баланса рек Белорусского Полесья. Ленинград: Гидрометеиздат, 1961. 151 с.
43. Великанов М. Д. Гидрология суши. Учебник. Ленинград: Гидрометеиздат, 1964. 403 с.
44. Водогрецкий В. Е. Влияние агролесомелиораций на годовой сток. Методика исследований и расчеты. Ленинград: Гидрометеиздат, 1979. 184 с.
45. Волькенштейн М. В. Энтропия и информация. Москва: Наука, 1986. 192 с.
46. Воскресенский К. П. Сток рек и временных водотоков на территории лесостепной и степной зон Европейской части СССР. Тр. ГГИ, вып. 29. Ленинград, Гидрометеиздат, 1951. с. 55-215
47. Гопченко Е. Д., Лобода Н. С. Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных антропогенной деятельностью условиях). Киев: КНТ, 2005. 188 с.
48. Гопченко Е. Д., Лобода Н. С. Оценка возможных изменений водных ресурсов Украины

- в условиях глобального потепления. Гидробиологический журнал. Киев: Институт гидробиологии НАН Украины, Т. 36, № 3. 2000. с. 67-78.
49. Гопченко Е. Д., Лобода Н. С. Применение методов статистического моделирования при оценке изменений годового стока под влиянием орошения. В сб.: Метеорология и гидрология. Киев, Изд КДУ, 1986. № 9, с. 79-84.
50. Дарадур М. И. Изменчивость и оценки риска экстремальных условий увлажнения. Кишинэу. Elena V.I, 2001. 160 с.
51. Добровольский С. Г. Глобальные изменения речного стока. Москва: ГЕОС, 2011. 660 с.
52. Доброумов Б. М., Устюжанин Б. С. Преобразование водных ресурсов и режима рек центра ЕТС. Ленинград: Гидрометеиздат, 1980. 221 с.
53. Дроздов О. А., Григорьева А. С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. 157 с.
54. Загаровский В. В. Автореферат на соискание степени кандидата географических наук: Интенсивность современных линейных размывов на Днестровско-Прутском Междуречье. Киев, 1992. 21 с.
55. Зеленин И. В. и др. Взаимосвязь подземных и поверхностных вод Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1984. 154 с.
56. Иванов К. Е. О методах расчета стока с мелиорируемых болот и влиянии мелиораций на сток. Вестник ЛГУ, сер. Геогр. 1976, № 18. с. 82-89.
57. Изменение климата: Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата: Вклад рабочих групп I, II, III. Под ред. Пачаури, Р. К., Райзингер, А., и др. Швейцария: МГЭИК, 2007. 104 с.
58. Казак В. Я., Лалыкин Н. В. Гидрологические характеристики малых рек Молдовы и их антропогенные изменения. Кишинев: DINAMO, 2005. 208 с.
59. Казакевич Д. И. Основы теории случайных функций и ее применение в гидрометеорологии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. 319 с.
60. Киндюк Б. В. Гидрографическая сеть и ливневой сток рек Украинских Карпат. Одесса: ТЭС, 2003. 220 с.
61. Коробов Р. и др. Интегрированный анализ уязвимости бассейна Днестра. Финальный отчет для ЕЕК ООН. Киев, 2013. 211 с.
62. Коробов Р. И др. Уязвимость к изменению климата: Молдавская часть бассейна Днестра. Междунар. ассоц. хранителей реки Есо-TIRAS. Кишинев: Elan Poligraf, 2014. 336 с.

63. Коробов Р., Кольвенко В. Климат Приднестровья и его ожидаемые изменения. В сб.: Концепция региональной стратегии адаптации к изменению климата Приднестровья, 2012. с. 7-34.
64. Коробов Р., Мицеля М. Некоторые показатели современного климата в Молдавской части бассейна Днестра. В сб.: «Управление бассейном трансграничного Днестра в условиях нового бассейнового договора». Материалы Международной Конференции, Кишинев, 20-21 сентября 2013 г. Кишинев, Эко-ТИРАС, с. 167-173.
65. Коробов Р. М., Николенко А. В. Новые проекции антропогенного изменения климата Молдовы в XXI веке. В сб: Климат Молдовы XXI веке. Кишинев: Elan Poligraf, 2004, с.5 4-97.
66. Коробов Р., Тромбицкий И. и др. Уязвимость к изменению климата: Молдавская часть бассейна Днестра. Кишинэу: “Elan Poligraf, 2014. 336 с.
67. Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. Москва: Наука, 1981. 235 с.
68. Куделин Б. И. Подземный сток СССР. Москва: МГУ, 1966. 272 с.
69. Кузник И. А. Агролесомелиоративные мероприятия, весенний сток и эрозия почв. Ленинград: Гидрометеиздат, 1962. 220 с.
70. Лалыкин Н. В. Методические основы оценки и учета влияния орошения земель и других хозяйственных мероприятий на сток малых рек (на примере территории Республики Молдова). Автореферат диссертации на соискание ученой степени докт. техн. наук. Минск, 1992. 49 с.
71. Лалыкин Н. В. Расчет нормы годового стока малых рек Молдавии. Тр.УкрНИИ Госкомгидромета. Вып. 1998. стр. 74-82.
72. Лалыкин Н. В. и др. Климатообусловленные изменения речных водных ресурсов Молдовы в XXI столетии и адаптация к ним. În: Schimbarea climii cercetării, studii, soluții. Chișinău, BONS OFFICES S.R.L, 2000. с. 34-37.
73. Лалыкин Н. В., Посошин Л. Н. Влияние водохранилищ на годовой сток рек Молдавии. Комплексное использование водных ресурсов. Вып. II. Изд «Штиитца», 1978. с. 65-73.
74. Лалыкин Н. В., Самотьев С. П. Влияние изменений климата в XXI столетии на годовой сток рек Молдовы. В сб: Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально-экономические последствия. Москва: ГЕОС, 2000. с. 181-190.
75. Лалыкин Н. В., Сыродоев И. Г. Некоторые подходы к оценке воздействия изменения и изменчивости климата на водные ресурсы. В сб.: Климат Молдовы в XXI веке:

- проекции изменений, воздействий, откликов. Под ред. Р. М. Коробова. Кишинев: Изд. «Молдова», 2004. с. 176-212.
76. Лобода Н. С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния. Одесса: Экология, 2005. 208 с.
 77. Лобода Н. С., Гопченко Е. Д. Модели оценки и прогноза состояния водных ресурсов рек бассейна Придунайских озер в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях. Метеорология, климатология и гидрология: Межвед. науч. сб. Украины. Одесса: Изд. КДУ, 2001. Вып. 42., с. 50-62.
 78. Львович М. И. Водный баланс СССР и его преобразование. Москва: Наука, 1979. 337 с.
 79. Материалы наблюдений молдавской воднобалансовой станции. Киев. Специальные выпуски за 1954-1994 годы.
 80. Мезенцев В. С. Расчеты водного баланса. Омск: СХИ, 1976. 75 с.
 81. Мезенцев В. С. Формы аналитической зависимости суммарного испарения от влажности почвы и теплоэнергетических ресурсов. Омск: Труды Омского сельхозинститута т. 41, 1960, с. 46-52.
 82. Мельничук О.Н. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук. «Приток вод и наносов в искусственные водоемы Молдовы (вопросы теории и практические расчеты). Одесса, 1997, 40 с.
 83. Мельничук О. Н. Оценка уровня антропогенной нагрузки на химизацию малых рек Молдовы (на примере бассейна р. Бык), *Lucrări confer. Intern. "50 ani facultății Cadastru și Ingineria Mediului*. Chișinău: 2001, p. 105-110.
 84. Мельничук О. и др. Оценка поверхностной составляющей нормы годового стока ландшафтных регионов Молдовы. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Științele vieții*. Chișinău: Tipografia AȘM, 2016. p. 172-183.
 85. Мельничук О. Паводки и наводнения на реках Молдовы (теория и практические расчеты). Кишинев: FCP „Primex-Com” SRL, 2012. 233 с.
 86. Мельничук О., Арнаут Н. Об оценке влияния на водные ресурсы бассейна Днестра потерь стока на испарение и безвозвратное водопотребление с каскада водохранилищ. *Materialele Conferinței internaționale „Managementul bazinului transfrontalier Nistru în cadru noului acord bazinal”*. Chișinău: Изд «Эко-Тирас», 2013. p. 249-253.
 87. Мельничук О., Беженару Г. Методические основы определения водных ресурсов рек Республики Молдова в условиях антропогенных преобразований и глобального потепления. În: *Lucrări științifice, vol. 3. Cadastru și drept*. Chișinău, 2013. p. 91-94.

88. Мельничук О., Беженару Г. Роль урбанизации речных склонов при формировании водных ресурсов на реках Республики Молдовы. În: Conferința „Mediul și dezvoltarea durabilă”. Ediția a III-a, 06-08 octombrie 2016. p. 134-137.
89. Мельничук О. Н., Беженару Г.А. Современное состояние и перспективы развития мониторинга водных ресурсов Молдовы. Материалы IV Международной научно-практической конференции. 9-10 ноября 2012. – с. 191-193.
90. Мельничук О., Бобок Н., Кастравец Т. Исследование влияния искусственных водоемов на водные ресурсы рек Молдовы. În: Buletinul AȘM, Științele vieții. N 1 (310) Chișinău, 2010. p. 149-158.
91. Мельничук О., Желяпов А., Беженару Г., Моделирование водных ресурсов под влиянием хозяйственных преобразований речных систем Молдовы. В сб.: Академику Л. С. Бергу – 140 лет: Сборник научных статей. Бендеры: Eco-TIRAS, Elan Poligraf: 2016, с. 433-438.
92. Мельничук, О., Константинова Т. Система водоотведения сточных вод в Республики Молдова и качество вод в бассейне Днестра. В сб.: Метеорологія, кліматологія та гідрологія, вип. 50, Київ: Екологія, 2008. с. 120-128.
93. Мельничук О.Н., Лалыкин Н.В., Филиппенков А.И. Искусственные водоемы Молдовы (состояние, использование, гидрологические расчеты). Кишинев, Штиинца 1992. 209 с.
94. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. 187 с.
95. Назаров Г. В. Изменение стока рек Украины под влиянием земледелия. Изв. АН СССР. Сер. Геогр. № 1, 1966. с. 82-88.
96. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные, Части 1-6, выпуск 11. Молдавская ССР. Ленинград: Гидрометеиздат, 1990. 191 с.
97. Нежиховский Р. А. Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды. Ленинград: Гидрометеиздат, 1971, 476 с.
98. Новиков С. М., Гончарова Ж. С. Прогноз изменений водных ресурсов крупных рек СССР под влиянием осушительных мелиораций. Труды ГГИ 1978. Вып. 255, с. 54-68.
99. Ноур Д. Д., Волощук М. Д. Земельные ресурсы Молдавии и их охрана. Кишинев. «Карта Молдовеняскэ», 1981. 136 с.
100. Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы. Под ред. Б. Болина, Б. Р. Десса, Дж. Ягера, Р. Уоррика. Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. 557 с.
101. Пивоварова З. П. Радиационные характеристики климата СССР, Ленинград:

- Гидрометеиздат, 1977. 335 с.
102. Предстоящее изменение климата. Под ред. М.И. Будыко, Ю. И. Израэля, М. С. Маккракена, А. Д. Хекта. Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. 272 с.
 103. Прока В. Е. Колебания годовых и месячных сумм осадков на территории Молдавии. Проблемы географии Молдавии. Вып. 3, Кишинев. 1969. с. 18-40.
 104. Прока В. Е. Роль климатического фактора в развитии ландшафтов. Проблемы географии Молдавии. Вып. 2, Кишинев: Штиинца 1967. с. 18-23.
 105. Поляков Б. В. Гидрологический анализ и расчеты. Ленинград: Гидрометеиздат, 1946. 246 с.
 106. Поляков Б. В. Количественная оценка подземных вод с помощью уравнений водного баланса. Изв. АН СССР, № 2. 1946. с. 27-56.
 107. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 447 с.
 108. Раткович Д. Я, Болгов М. В., Иванова Л. В. О моделях колебания гидрометеорологических процессов. Сб. Водные проблемы на рубеже веков. Москва: Наука, 1999. 11-28.
 109. Режимы влагообеспеченности и условия гидромелиораций степного края. Под редакцией В. С. Мезенцева. Москва: Колос, 1974. 240 с.
 110. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Том 6, вып. 1. Западная Украина и Молдавия. Ленинград: Гидрометеиздат, 1965-1975. 268 с.
 111. Ржаницын Н. А. Морфологические и гидрологические закономерности строения речной сети. Ленинград: Гидрометеиздат, 1960. 237 с.
 112. Рождественский А. В., Чеботарев А. И. Статистические методы в гидрологии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. 424 с.
 113. Справочник по климату СССР, вып. 10, ч. 1. Ленинград: Гидрометеиздат, 1966. 124 с.
 114. Справочник по климату СССР, вып. 11. часть IV. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Ленинград: Гидрометеиздат, 1968. 127 с.
 115. Справочник по климату СССР, вып. 11, ч. 1. Ленинград: Гидрометеиздат, 1966. 44 с.
 116. Тюрк Л. Баланс почвенной влаги. Под ред. Струзера Л. Р., перевод с франц. Ленинград: Гидрометеиздат, 1958. 240 с.
 117. Шакломанов И. А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. 334 с.

118. Экологическое законодательство Республики Молдова. Том 2. Chişinău: Eco-TIRAS, 2008. 410 p.
119. Эрозия почв. Сущность процесса, последствия, минимализация и стабилизация (пособие). Ред. Ноур Д. Д. Chişinău: Tipografia Ctntrală, 2001. 438 с.
120. Anthony Arguez, Russell S. Vose The Definition of the Standard WMO Climate Normal. The Key to Deriving Alternative Climate normals. American Meteorological Society. Insights and Innovations, June 2011, p. 699-704.
(<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/2010BAMS2955.1>)
121. Bartlett M. On the theoretical specification of sampling properties of autocorrelated time series. J. Roy. Stat. Soc., 1946, V. B8. № 27, 27-41.
122. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC Working Group I Contribution to AR: Approved Summary for Policymakers. <http://www.climate2013.org/spm>
123. Climatologically normals (CLINO) for the period 1961-1990. Geneva: WMO, 1996. 709 p.
124. Environmental Systems Research Institute. <http://www.esri.com/>
125. Horton R.E. The sole of Infiltration in the hydrologic cycle. Transaction. American Geophysical Union, vol. 14, 1933. p. 446-460.
126. Jeleapov A., ş. a. Geographical informational Systems and Climate projections in the Republica Moldova. Materialele simpozionului international Sisteme informationale geografice. Editia a XXII-A. Chisinau: 2015. p. 71-75.
127. Konstantinova T., Melnichuk O., Bobok N. New methods of information treatment for management of water quality in river basins. INTAS Ref. No.: 04-77-7112. Information Technology Research Project. 2005-2006.
128. Melniciuc O. Methodical principles of the anthrop and natural factors assessment for determining the surface water resources of the rivers less studied from hydrological point of view. În: Prima sesiune anuală de comunicări ştiinţifice INHGA. Bucureşti: Asociaţia Română de ştiinţe hidrologice, 2003. p.13-14.
129. Oliver M. A. Kriging: A Method of Interpolation for Geographical Information Systems. / M.A. Oliver. // International Journal of Geographic Information Systems. 1990. Vol.4. p. 313-332.
130. Rogelj J., Meinshausen M., Knutti R. Global warming under old and new scenarios using IPCC climate sensitivity range estimates. Nat. Clim. Change 2, 2012: p. 248–253.
<http://www.nature.com/nclimate/journal/v2/n4/abs/nclimate1385.html>
131. System for Automated Geoscientific Analyses. <http://www.saga-gis.org/en/index.html>
132. Turk L. Le bilan d'eau des sols. Relations entre les precipitations l'avaporation et

l'écoulement. "Ann.Argon", 1955, N 1.

133. Țăranu L. ș. a. Regional climate change scenarios for the Republic Moldova: temperature and precipitation projections from ensembles of 10 global climate models. *Mediul Ambient*. No 3(63), 2012. p. 33-42.
134. Viessman W. Jr., Harbaugh T.E., Khapp J.W. Introduction to Hidrology. Перевод с англ. Под редакцией Бефани А. Н. Ленинград: Гидрометеиздат, 1979. 470 с.
135. Водний режим та гідроекологічні характеристики Куяльницького лиману. Ред. Лобода, Н. С., Гопченко Е. Д. Одеса: ТЕС, 2016. 331 с.

ANEXE

Baza de date integrată pentru principalele componente ale radiației solare la stația meteorologică Chișinău

Radiația sumară, Q, MJ/m ²										
Anii	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1960	5412	4591	4604	4736	4333	4404	4251	4448	4368	4442
1970	4153	4206	4120	4535	4293	4390	4191	4263	4155	4226
1980	4093	4150	4405	4775	3879	4393	3467	4129	4463	4253
1990	4631	4115	4158	4365	4574	4291	4486	4609	3898	4447
2000	4543	4301	4632	4567	4241	4371	4190	4755	4324	4497
2010	4279	5107								

Bilanțul de radiație al suprafeței uscatului, Rc, MJ/m ²										
Anii	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1960	1984	2064	2156	2134	1935	2074	2092	1966	1919	1962
1970	2171	2164	2091	2133	2139	2274	2070	2053	1937	2090
1980	1981	1889	2048	2281	1718	2041	2206	1926	1968	1830
1990	2143	1990	1893	1964	1946	1838	1882	1670	1568	1855
2000	2121	1953	2189	2081	1999	2115	1807	1947	1770	1621
2010	1846									

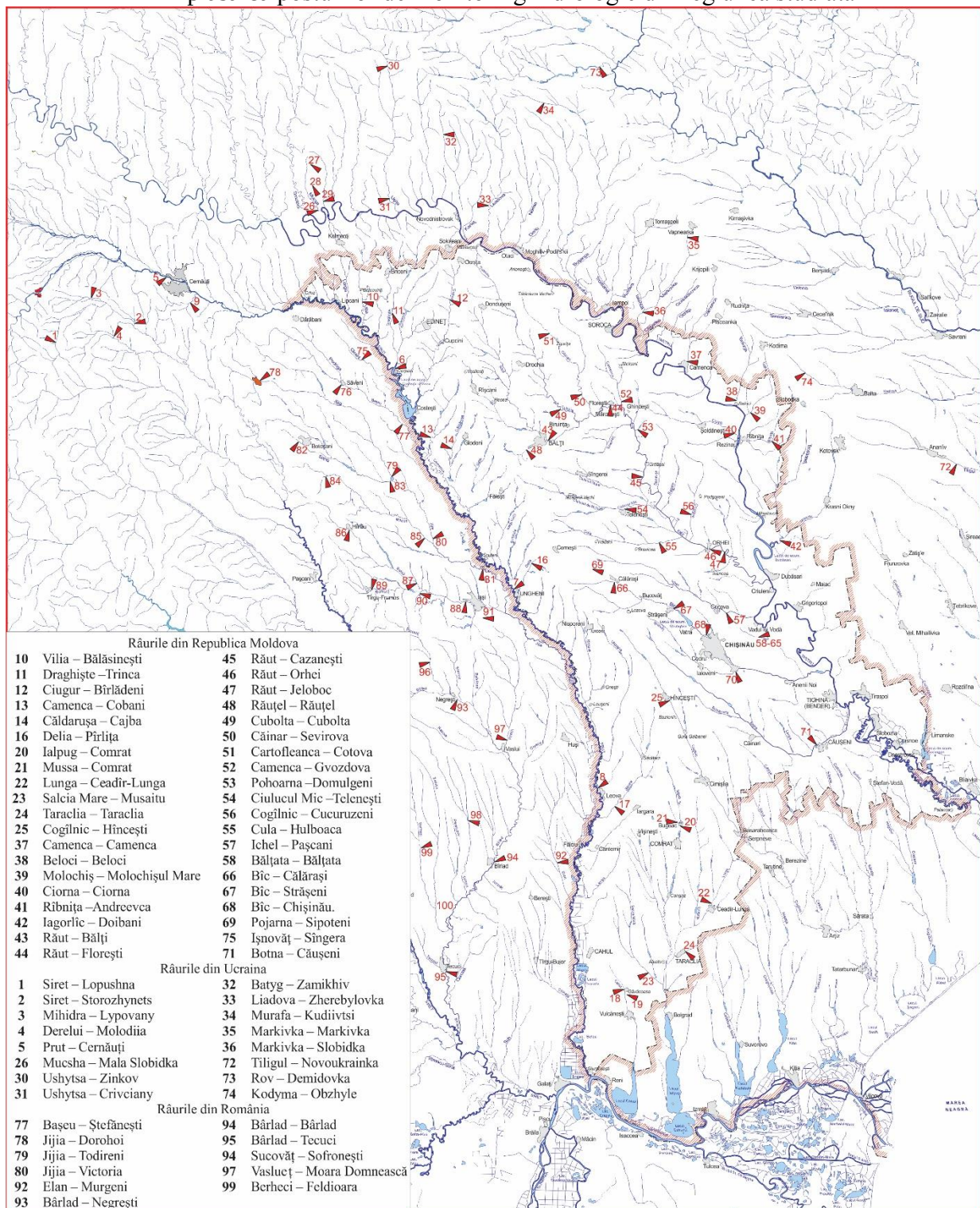
Durata strălucirii soarelui, S, ore										
Anii	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1960	2175	2218	2263	2499	2257	2136	2017	2119	2065	2138
1970	1974	2055	2003	2238	2049	2124	2052	2159	2107	2165
1980	1890	2005	2128	2307	1874	2122	2249	2034	2066	1987
1990	2340	1831	2015	2294	2359	2224	2077	2211	2314	2295
2000	2431	2329	2360	2358	2117	2205	2173	2391	2188	2327
2010	2226	2467								

Notă: (Prin cursiv sunt indicate datele restabilite conform graficelor nominalizate)

Lista posturilor de monitoring hidrologic din regiunea studiată

Nr.	Râul – postul	Suprafața bazinului, km ²	Nr. de ani cu observații	Nr.	Râul – postul	Suprafața bazinului, km ²	Nr. de ani cu observații
Râurile din Republica Moldova							
10	Vilia – Bălăsinești	261	58	45	Răut – Căzănești	4440	29
11	Draghiște – Trinca	225	54	46	Răut – Orhei	7050	10
12	Ciuhur – Bârlădeni	144	60	47	Răut – Jeloboc	7100	53
13	Camenca – Cobani	284	36	48	Răuțel – Răuțel	95,5	15
14	Căldărușa – Cajba	79,5	58	49	Cubolta – Cubolta	869	45
16	Delia – Pârlița	125	44	50	Căinar – Sevirova	814	57
20	Ialpug – Comrat	241	16	51	Cartofleanca – Cotova	38,8	21
21	Mussa – Comrat	83,5	14	52	Camenca – Gvozdova	172	18
22	Lunga – Ceadâr-Lunga	370	35	53	Pohoarna – Domulgeni	30	14
23	Salcia Mare – Musaitu	414	25	54	Ciulucul Mic – Telenești	566	51
24	Taraclia – Taraclia	103	50	56	Cogâlnic – Cucuruzeni	468	8
25	Cogâlnic – Hâncești	179	52	55	Cula – Hulboaca	221	12
37	Camenca – Camenca	387	71	57	Ichel – Pașcani	562	
38	Beloci – Beloci	225	51	58	Bălțata – Bălțata	62,4	48
39	Molochiș – Molochișul Mare	184	59	66	Bâc – Călărași	296	17
40	Ciorna – Ciorna	307	15	67	Bâc – Strășeni	781	6
41	Râbnița – Andreevca	152	60	68	Bâc – Chișinău.	882	43
42	Iagorlâc – Doibani	1220	62	69	Pojarna – Sipoteni	122	25
43	Răut – Bălți	1080	63	75	Ișnovăț – Sângera	343	32
44	Răut – Florești	3400	13	71	Botna – Căușeni	1210	59
Râurile din Ucraina							
1	Siret – Lopushna	152	23	32	Batyg – Zamikhiv	94,1	34
2	Siret – Storozhynets	672	28	33	Liadova – Zherebylovka	652	27
3	Mihidra – Lypovany	144	24	34	Murafa – Kudiivtsi	70	18
4	Derelui – Molodiia	289	21	35	Markivka – Markivka	59,7	25
5	Pрут – Cernăuți	6890	70	36	Markivka – Slobidka	615	30
26	Mucsha – Mala Slobidka	302	27	72	Tiligul – Novoukrainka	810	26
30	Ushytsa – Zinkov	525	40	73	Rov – Demidovka	1130	57
31	Ushytsa – Crivciany	1370	47	74	Kodyma – Obzhyle	145	35
Râurile din România							
77	Bașeu – Ștefănești	909	18	94	Bârlad – Bârlad	3952	18
78	Jijia – Dorohoi	255	18	95	Bârlad – Tecuci	6778	18
79	Jijia – Todireni	1080	18	94	Sucovăț – Sofronești	299	6
80	Jijia – Victoria	3350	18	97	Văsuleț – Moara Domnească	497	15
92	Elan – Murgeni	410	10	99	Berheci – Feldioara	519	15
93	Bârlad – Negrești	817	14				

Amplasarea posturilor de monitoring hidrologic din regiunea studiată



Datele medii multianuale ale duratei strălucirii soarelui, ore

Stația	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	An
Stațiile din Republica Moldova (1960-2011)													
Briceni	62	80	126	175	240	264	279	265	202	146	63	49	1951
Râbnița	63	75	119	171	256	279	288	272	205	145	64	47	1984
Bălți	64	80	129	178	239	253	271	265	205	149	69	52	1954
Dubăsari	69	75	123	180	245	271	287	282	218	162	67	52	2031
Bălțata	69	106	130	181	258	288	322	286	212	159	82	61	2154
Chișinău	70	84	133	188	255	285	309	294	225	165	74	58	2140
Tiraspol	67	79	127	181	248	282	307	287	222	161	71	52	2084
Cahul	78	97	144	189	253	284	308	290	232	181	87	68	2211
Stațiile din România (1960-1990)													
Iași	71	76	134	173	232	261	286	274	207	152	68	59	1990
Galați	74	88	146	190	248	274	313	299	233	179	76	64	2182
Constanța	82	95	135	185	247	288	333	317	240	172	90	77	2261
Stațiile din Ucraina (1960-1990)													
Cernăuți	63	73	124	165	225	237	254	247	190	145	68	53	1847
Nyzhchy Olchedaiv	63	76	124	163	221	235	249	248	189	142	68	53	1833
Vinnytsia	56	68	112	171	249	257	273	259	195	131	56	39	1865
Uman	59	72	117	175	254	261	274	268	199	135	59	42	1916
Bolhrad	75	80	129	190	265	292	319	304	240	168	75	58	2184
Odessa	75	80	130	192	268	295	323	307	243	169	75	58	2214
Vilkove	76	81	131	194	272	298	327	311	246	172	76	59	2243

A 2.2

Valorile medii lunare și multianuale ale radiației solare sumare la stațiile reprezentative MJ/m²

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	An
Chișinău												
104	164	300	439	597	646	662	575	409	259	112	79	4355
Nova Ushytsia												
100	154	276	401	543	588	602	523	374	239	107	77	3926
Iași												
102	160	289	421	570	617	632	549	392	249	110	78	4141
Odesa												
110	173	314	458	622	674	690	599	427	271	119	84	4531
Constanța												
119	184	333	484	656	710	727	632	451	288	128	91	4757
Bolhrad												
103	162	293	427	579	627	642	558	398	253	112	79	4211

A 2.3

Sumele medii lunare multianuale și sumele anuale ale bilanțului de radiație la stațiile reprezentative, MJ/m²

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	An
Chișinău												
-10	23	107	225	335	363	369	309	187	78	10	-12	1990
Nova Ushytsia												
-10	18	93	197	293	318	323	270	163	67	7	-12	1747
Iași												
-10	21	101	213	317	344	349	292	177	73	8	-13	1887
Odesa												
-10	25	115	241	359	388	395	331	200	83	10	-13	2126
Constanța												
-17	21	119	256	384	416	423	353	212	85	6	-19	2300
Bolhrad												
-9,2	23,6	109	228	338	366	373	312	189	79,1	10,2	-11,5	2004

Rezultatele determinării componentului climatic hidrotermic și a echivalentului evaporării
maxime

ID	Unitatea peisagistică	Suprafața, km ²	$\overline{R'} + \overline{P'}$, MJ/m ² , fig. 2.1	$\bar{E}_m$, mm, fig. 2.8
A1	Podișul de Silvostepă al Moldovei de Nord	3329	2128	851
A2	Podișul de Silvostepă al Nistrului	3535	2150	860
A3	Câmpia de Silvostepă a Prutului de Mijloc	2238	2192	877
B1	Câmpia de Stepă a Cuboltei Inferioare	2014	2122	849
B2	Dealurile de Stepă ale Ciulucurilor	1713	2165	866
C1	Podișul de Silvostepă al Râbniței	1909	2186	875
D1	Podișul Silvic al Codrilor de Vest	1860	2280	912
D2	Podișul Silvic al Codrilor de Nord	1131	2217	887
D3	Podișul Codrilor de Est	1904	2282	913
D4	Podișul Codrilor de Sud	1693	2364	946
E1	Depresiunea de Silvostepă a Săratei	1053	2390	956
E2	Colinele de Silvostepă ale Tigheciului	1631	2408	963
E3	Câmpia de Silvostepă a Bâcului	2101	2350	940
E4	Câmpia de Silvostepă a Cogâlnicului	749	2385	954
F1	Câmpia de Stepă a Hagiderului Superior	913	2405	962
F2	Câmpia de Stepă a Cahulului	1322	2419	968
F3	Câmpia de Stepă a Ialpușului	2256	2395	958
G1	Câmpia de Stepă a Nistrului Inferior	2594	2322	929

Rezultatele determinării echivalentului mediu multianual al evaporării maxime de pe bazinele de recepție din Republica Moldova

№ din anexa 1.3	Râul – postul hidrometric	$\bar{R}' + \bar{P}'$ MJ/m ² , fig. 2.1	$\bar{E}_m$ mm, fig. 2.8	$\bar{E}_m = 0.4(\bar{R}' + \bar{P}')$
10	Vilia – Bălăsinești	2122	849	848
11	Draghiște – Trinca	2132	853	853
12	Ciuhur – Bârlădeni	2104	841	841
13	Camenca – Cobani	2158	863	863
14	Căldărușa – Cajba	2163	865	865
16	Delia – Pârlița	2226	891	890
20	Ialpug – Comrat	2361	944	944
21	Mussa – Comrat	2377	951	951
22	Lunga – Ceadâr-Lunga	2383	953	953
23	Salcia Mare – Musaitu	2401	960	960
24	Taraclia – Taraclia	2386	954	954
25	Cogâlnic – Hâncești	2299	920	920
37	Camenca – Camenca	2139	856	856
38	Beloci – Beloci	2160	864	864
39	Molochiș – Molochișul Mare	2165	866	866
40	Ciorna – Ciorna	2158	863	864
41	Râbnița – Andreevca	2184	874	874
42	Iagorlâc – Doibani	2217	887	887
43	Răut – Bălți	2136	854	854
44	Răut – Florești	2123	849	849
45	Răut – Căzănești	2130	852	852
46	Răut – Orhei	2154	862	862
47	Răut – Jeloboc	2157	863	863
48	Răuțel – Răuțel	2168	867	867
49	Cubolta – Cubolta	2108	843	843
50	Căinari – Sevirova	2105	842	842
51	Cartofleanca – Cartofleanca	2098	839	839
52	Camenca – Gvozdova	2128	851	851
53	Pohoarna – Domulgeni	2142	857	861
54	Ciulucul Mic – Telenești	2189	875	876
56	Cula – Hulboaca	2219	888	888
55	Cogâlnic – Cucuruzeni	2190	876	876
57	Ichel – Pașcani	2250	900	900
58	Bălțata – Bălțata	2296	918	919
66	Bâc – Călărași	2241	896	896
67	Bâc – Strășeni	2257	903	903
68	Bâc – Chișinău	2261	905	905
69	Pojarna – Sîpoteni	2233	893	893
75	Ișnovăț – Sângera	2305	922	922
71	Botna – Căușeni	2337	935	935

Rezultatele calculelor coeficienților corelării duble a precipitațiilor anuale (exemplu)

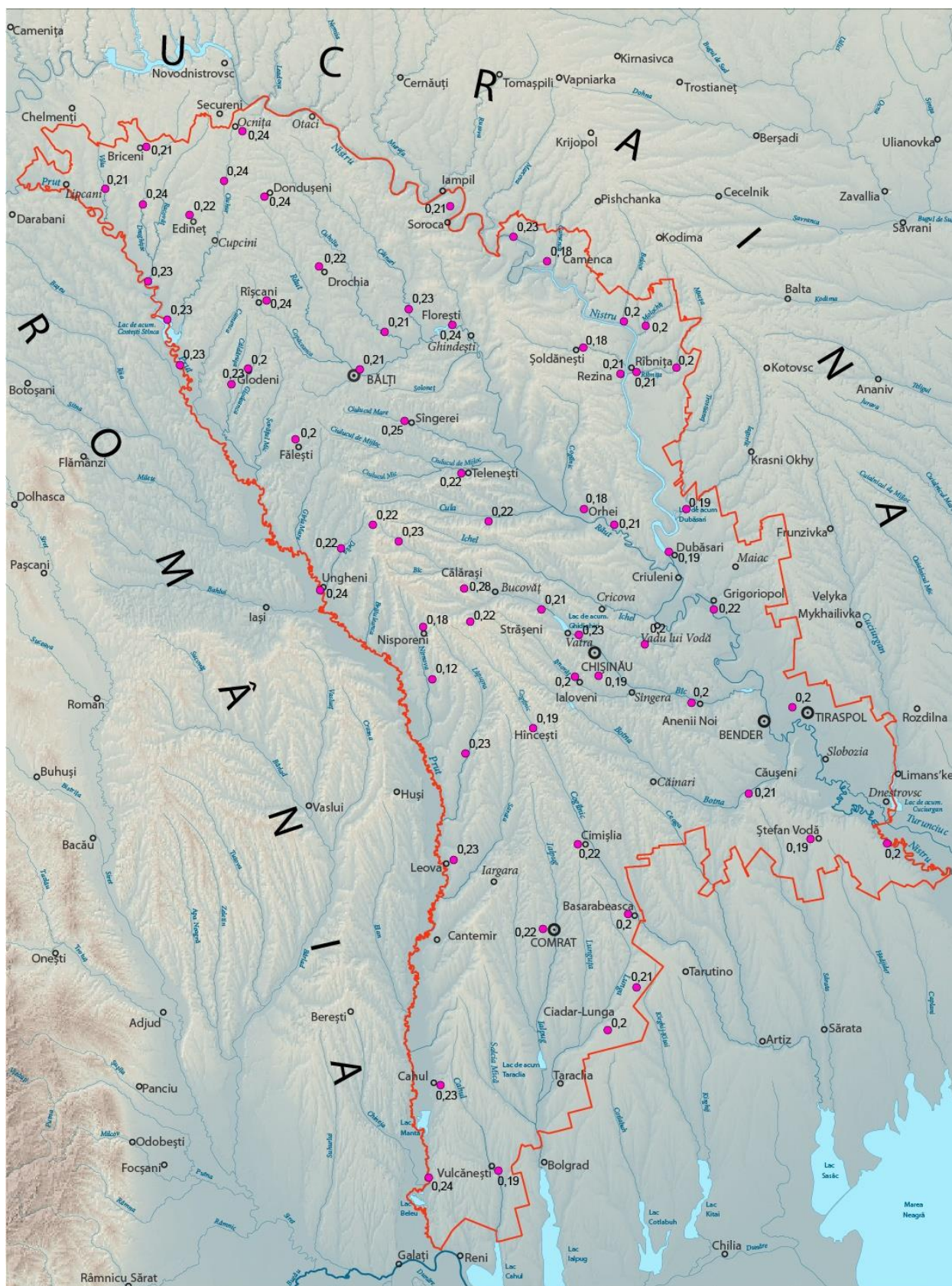
No	Postul	28	29	30	31	32	33
		Glodeni	Grigoriopol PAM	Hâncești	Hrușca	Jeloboc	Leova
1	Andreevca	0,62	0,65	0,59	0,20	0,87	0,54
2	Anenii Noi	0,58	0,77	0,84	0,33	0,79	0,76
3	Bălăsinești	0,74	0,54	0,48	0,03	0,64	0,49
4	Bălțata	0,67	0,79	0,74	0,15	0,84	0,65
5	Bălți	0,83	0,53	0,64	0,08	0,74	0,56
6	Bârlădeni	0,81	0,61	0,64	0,20	0,70	0,66
7	Beloci	0,75	0,70	0,61	0,22	0,81	0,60
8	Brânza	0,65	0,68	0,68	0,27	0,59	0,71
9	Bravicea	0,80	0,75	0,73	0,06	0,86	0,69
10	Briceni	0,77	0,64	0,62	0,04	0,72	0,52
11	Cahul	0,61	0,56	0,66	0,17	0,54	0,67
12	Cajba	0,88	0,51	0,48	0,01	0,60	0,54
13	Camenca	0,75	0,66	0,63	0,14	0,81	0,59
14	Căușeni	0,47	0,65	0,63	0,04	0,66	0,63
15	Ceadâr-Lunga	0,42	0,70	0,61	0,34	0,64	0,64
16	Chișinău	0,70	0,65	0,80	0,24	0,73	0,75
17	Chișinău, Bâc	0,72	0,72	0,77	0,21	0,73	0,73
18	Cimișlia	0,61	0,67	0,71	0,18	0,69	0,69
19	Comrat	0,57	0,64	0,74	0,34	0,68	0,76
20	Cornești	0,82	0,62	0,76	0,15	0,81	0,71
21	Corpaci	0,68	0,39	0,46	-0,01	0,52	0,53
22	Cubolta	0,80	0,67	0,67	0,13	0,80	0,68
23	Doibani	0,55	0,65	0,63	0,14	0,85	0,61
24	Dondușeni	0,78	0,53	0,58	0,26	0,65	0,53
25	Dubăsari	0,61	0,84	0,82	0,39	0,89	0,75
26	Fălești	0,88	0,56	0,66	0,10	0,71	0,65
27	Florești	0,72	0,50	0,59	0,23	0,77	0,61
28	Glodeni		0,64	0,55	-0,07	0,70	0,58
29	Grigoriopol PAM			0,67	0,27	0,77	0,55
30	Hâncești				0,38	0,71	0,82
31	Hrușca					0,12	0,36
32	Jeloboc						0,67

Rezultatele repartiției parametrilor statistici ai precipitațiilor anuale și erorilor lor de calcul
pentru perioada racordată la anii 1890-2010

№	Stația	Precipitații medii multianuale, X_0 , mm	Coeficientul de variație, C_v	Categoria de eroare a precipitațiilor, %		
				standard	din cadrul șirului	total
1	2	3	4	5	6	7
1	Briceni	574	0,21	1,9	1,4	3,3
2	Bravicea	530	0,22	2,0	1,9	3,9
3	Bălțata	465	0,2	1,8	2,0	3,8
4	Bălți	478	0,21	1,9	1,4	3,3
5	Cornești	575	0,22	2,0	1,7	3,7
6	Cahul	510	0,23	2,1	2,0	4,1
7	Comrat	479	0,22	2,0	2,2	4,1
8	Ceadâr-Lunga	475	0,20	1,8	2,1	3,9
9	Camenca	605	0,18	1,6	1,3	2,9
10	Chișinău	498	0,19	1,7	1,7	3,4
11	Dubăsari	501	0,19	1,7	1,9	3,7
12	Fălești	521	0,2	1,8	1,4	3,2
13	Leova	509	0,23	2,1	1,7	3,8
14	Râbnita	486	0,21	1,9	1,6	3,5
15	Soroca	517	0,21	1,9	1,7	3,6
16	Ștefan-Vodă	519	0,19	1,7	2,1	3,8
17	Tiraspol	462	0,20	1,8	2,0	3,9
18	Ocnita	557	0,24	2,2	1,6	3,7
19	Bârlădeni	530	0,24	2,2	1,6	3,8
20	Bălăsinești	568	0,21	1,9	1,5	3,4
21	Dondușeni	547	0,24	2,2	1,5	3,6
22	Trinca	507	0,24	2,2	2,0	4,1
23	Edineț	568	0,22	2,0	1,4	3,3
24	Hrușca	480	0,23	2,1	2,6	4,7
25	Drochia	511	0,22	2,0	1,6	3,5
26	Corpaci	511	0,23	2,1	1,7	3,8
27	Râșcani	556	0,24	2,2	1,8	3,9
28	Dumeni	447	0,23	2,1	1,5	3,6
29	Sevirova	494	0,23	2,1	1,8	3,9
30	Beloci	499	0,2	1,8	1,9	3,7
31	Florești	466	0,24	2,2	1,8	3,9
32	Cubolta	507	0,21	1,9	1,5	3,4
33	Braniște	544	0,23	2,1	1,9	4,0
34	Molochișul Mare	488	0,20	1,8	1,8	3,6
35	Glodeni	531	0,20	1,8	1,5	3,3
36	Andreevca	500	0,20	1,8	1,8	3,6
37	Rezina	499	0,21	1,9	1,6	3,5
38	Cajba	578	0,23	2,1	1,9	4,0

A 2.7 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7
39	Sângerei	520	0,25	2,3	2,1	4,4
40	Telenești	489	0,22	2,0	2,1	4,1
41	Doibani	457	0,19	1,7	1,9	3,6
42	Orhei	495	0,18	1,6	1,6	3,2
43	Jeloboc	472	0,21	1,9	1,9	3,9
44	Ungheni	472	0,24	2,2	1,9	4,1
45	Pârlița	484	0,22	2,0	1,7	3,7
46	Grigoriopol	435	0,22	2,0	2,7	4,7
47	Strășeni	491	0,21	1,9	1,6	3,6
48	Nisporeni	479	0,18	1,6	1,3	3,0
49	Anenii Noi	457	0,2	1,8	2,0	3,8
50	Hâncești	500	0,19	1,7	1,8	3,6
51	Cărpineni	509	0,23	2,1	1,7	3,8
52	Cimișlia	441	0,22	2,0	1,6	3,6
53	Olănești	451	0,2	1,8	1,9	3,7
54	Vulcănești	468	0,19	1,7	1,8	3,5
55	Brâza	477	0,24	2,2	2,4	4,6
56	Șișcani	487	0,12	1,1	0,9	2,0
57	Codrii	429	0,22	2,0	3,4	5,4
58	Șoldănești	449	0,18	1,6	1,4	3,0
59	Căușeni	487	0,21	1,9	2,1	4,0
60	Basarabeasca	479	0,2	1,8	2,0	3,8
61	Plaiul Fagului	573	0,23	2,1	1,8	3,9
62	Tvardița	461	0,21	1,9	2,1	4,0
63	Ialoveni	489	0,2	1,8	1,7	3,5
64	Sadova	502	0,28	2,6	2,1	4,7





Rezultatele determinării parametrilor statistici ai precipitațiilor anuale și a erorilor de calcul
pentru perioada anilor 1971-2010

№	Stația	Precipitații medii multianuale, X_0 , mm	Coeficientul de variație, C_v	Coeficientul de autocorelare, $r(1)$	Categoria de eroare a precipitațiilor, %			
					standard	de fază	din cadrul șirului	totală
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Briceni	625	0,21	-0,290	3,30	7,8	2,4	14
2	Bravicea	588	0,22	-0,044	4,00	7,8	3,8	16
3	Bălțata	516	0,20	0,067	3,00	7,8	3,2	14
4	Bălți	520	0,21	-0,268	3,00	7,8	2,3	13
5	Cornești	639	0,22	-0,192	3,52	7,8	2,9	14
6	Cahul	530	0,23	-0,035	3,61	4,7	3,5	12
7	Comrat	497	0,22	0,085	3,55	4,7	3,9	12
8	Ceadâr-Lunga	493	0,20	0,153	3,18	4,7	3,7	12
9	Camenca	548	0,18	-0,222	2,87	7,8	2,3	13
10	Chișinău	553	0,19	-0,048	2,99	7,8	2,8	14
11	Dubăsari	556	0,19	0,116	2,95	7,8	3,3	14
12	Fălești	579	0,20	-0,271	3,22	7,8	2,4	13
13	Leova	529	0,23	-0,192	3,60	4,7	3,0	11
14	Râbnita	529	0,21	-0,180	3,37	7,8	2,8	14
15	Soroca	563	0,21	-0,095	3,36	7,8	3,1	14
16	Ștefan-Vodă	539	0,19	0,195	3,01	4,7	3,7	11
17	Tiraspol	513	0,20	0,105	3,20	7,8	3,6	15
18	Ocnita	607	0,24	-0,306	3,76	7,8	2,7	14
19	Bârlădeni	577	0,24	-0,283	3,87	7,8	2,9	15
20	Bălăsinești	618	0,21	-0,206	3,35	7,8	2,7	14
21	Dondușeni	596	0,24	-0,374	3,87	7,8	2,6	14
22	Trinca	552	0,24	-0,090	3,80	7,8	3,5	15
23	Edineț	618	0,22	-0,364	3,42	7,8	2,3	14
24	Hrșca	523	0,23	0,236	3,66	7,8	4,7	16
25	Drochia	556	0,22	-0,232	3,49	7,8	2,8	14
26	Corpaci	557	0,23	-0,187	3,70	7,8	3,1	15
27	Râșcani	606	0,24	-0,199	3,79	7,8	3,1	15
28	Dumeni	487	0,23	-0,322	3,67	7,8	2,6	14
29	Sevirova	538	0,23	-0,145	3,61	7,8	3,1	14
30	Beloci	543	0,20	0,044	3,24	7,8	3,4	14
31	Florești	508	0,24	-0,198	3,72	7,8	3,0	15
32	Cubolta	552	0,21	-0,238	3,35	7,8	2,6	14
33	Braniște	592	0,23	-0,068	3,61	7,8	3,4	15
34	Molochișul Mare	531	0,20	-0,023	3,12	7,8	3,0	14
35	Glodeni	578	0,20	-0,174	3,24	7,8	2,7	14
36	Andreevca	544	0,20	-0,028	3,14	7,8	3,1	14

A 2.10 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
37	Rezina	543	0,21	-0,172	3,26	7,8	2,7	14
38	Cajba	629	0,23	-0,077	3,62	7,8	3,4	15
39	Sângerei	577	0,25	-0,086	3,88	7,8	3,6	15
40	Telenești	543	0,22	0,043	3,53	7,8	3,7	15
41	Doibani	507	0,19	0,088	3,02	7,8	3,3	14
42	Orhei	550	0,18	-0,056	2,87	7,8	2,7	13
43	Jeloboc	524	0,21	0,016	3,27	7,8	3,3	14
44	Ungheni	524	0,24	-0,128	3,82	7,8	3,4	15
45	Pârlița	538	0,22	-0,173	3,55	7,8	3,0	14
46	Grigoriopol	483	0,22	0,280	3,52	7,8	4,7	16
47	Strășeni	545	0,21	-0,154	3,28	7,8	2,8	14
48	Nisporeni	532	0,18	-0,213	2,81	7,8	2,3	13
49	Anenii Noi	508	0,20	0,089	3,20	7,8	3,5	14
50	Hâncești	555	0,19	0,049	3,07	7,8	3,2	14
51	Cârpineni	529	0,23	-0,173	3,57	4,7	3,0	11
52	Cimișlia	458	0,22	-0,228	3,53	4,7	2,8	11
53	Olănești	468	0,20	0,068	3,11	4,7	3,3	11
54	Vulcănești	486	0,19	0,047	3,07	4,7	3,2	11
55	Brânză	495	0,24	0,113	3,73	7,8	4,2	16
56	Șișcani	541	0,12	-0,201	1,87	7,8	1,5	11
57	Codrii	476	0,22	0,484	3,51	7,8	6,0	17
58	Șoldănești	489	0,18	-0,151	2,89	7,8	2,5	13
59	Căușeni	506	0,21	0,083	3,32	4,7	3,6	12
60	Basarabeasca	497	0,20	0,124	3,08	4,7	3,5	11
61	Plaiul Fagului	636	0,23	-0,144	3,71	7,8	3,2	15
62	Tvardița	479	0,21	0,095	3,25	4,7	3,6	11
63	Ialoveni	543	0,20	-0,071	3,15	7,8	2,9	14
64	Sadova	557	0,28	-0,175	4,48	7,8	3,8	16

Suma precipitațiilor medii multianuale racordate la perioada anilor 1890-2012, mm

Soroca										
Anul	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1890	298	370	359	374	376	521	345	666	406	385
1900	338	538	358	352	476	533	541	450	432	336
1910	519	522	504	354	669	538	592	407	570	645
1920	441	433	648	487	396	449	587	467	478	437
1930	500	494	539	726	478	405	563	571	388	468
1940	461	538	538	538	538	420	526	441	568	602
1950	457	424	470	293	391	654	392	493	588	506
1960	710	535	611	511	627	555	717	423	624	530
1970	746	706	571	420	581	503	622	466	623	530
1980	737	779	423	400	638	684	345	537	634	584
1990	464	629	462	589	418	703	850	617	645	476
2000	465	528	512	526	693	653	479	435	664	354
2010	734	301	448							

Chișinău										
Anul	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1890	463	489	365	425	440	400	279	589	439	425
1900	538	428	280	272	439	516	488	456	380	406
1910	557	428	725	341	492	523	408	346	567	668
1920	391	381	671	453	331	402	590	427	441	387
1930	472	463	524	777	442	343	557	568	320	429
1940	419	523	523	523	523	363	464	551	510	344
1950	384	314	572	342	540	680	442	396	562	484
1960	498	417	524	516	479	479	798	480	527	526
1970	696	590	622	398	472	483	600	465	459	686
1980	713	538	382	549	658	592	399	561	652	460
1990	361	653	417	532	415	702	711	607	668	485
2000	437	618	605	459	591	638	564	480	466	446
2010	734									

Cimișlia										
Anul	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1890	417	435	349	391	303	424	324	577	382	390
1900	469	392	290	284	308	418	334	398	379	437
1910	419	437	555	323	593	577	379	336	489	559
1920	367	360	806	405	377	326	503	393	334	386
1930	411	417	459	635	403	334	482	490	318	394
1940	387	459	459	459	459	348	418	478	450	335
1950	363	314	493	333	470	567	402	370	486	410
1960	424	430	502	457	524	421	650	429	589	460
1970	517	505	555	443	423	445	512	418	543	592
1980	527	483	297	477	529	480	440	437	486	491
1990	260	619	281	456	263	541	481	519	544	422
2000	215	482	503	384	496	482	404	522	463	405
2010	733	352	503							

Rezultatele determinării veridicității calculelor precipitațiilor medii multianuale prin formula (2.44)

Nr.	Stația	Precipitații medii multianuale, mm	Precipitații medii multianuale, mm	Erorile formulei (2.31), %	
				cu evidența semnelui	absolute
1	2	3	4	5	6
1	Briceni	625	695	11	11
2	Bravicea	588	527	-10	10
3	Bălțata	516	506	-2	2
4	Bălți	520	559	8	8
5	Cornești	639	596	-7	7
6	Cahul	530	496	-6	6
7	Comrat	497	502	1	1
8	Ceadâr-Lunga	493	486	-1	1
9	Camenca	548	579	6	6
10	Chișinău	553	529	-4	4
11	Dubăsari	556	498	-11	11
12	Fălești	579	581	0	0
13	Leova	529	519	-2	2
14	Râbnita	529	533	1	1
15	Soroca	563	606	8	8
16	Ștefan-Vodă	539	494	-8	8
17	Tiraspol	513	482	-6	6
18	Ocnița	607	702	16	16
19	Bârlădeni	577	627	9	9
20	Bălăsinești	618	613	-1	1
21	Dondușeni	596	667	12	12
22	Trinca	552	636	15	15
23	Edineț	618	662	7	7
24	Hrușca	523	520	-1	1
25	Drochia	556	631	13	13
26	Corpaci	557	576	3	3
27	Râșcani	606	601	-1	1
28	Dumeni	487	571	17	17
29	Sevirova	538	554	3	3
30	Beloci	543	503	-7	7
31	Florești	508	551	8	8
32	Cubolta	552	554	0	0
33	Braniște	592	554	-6	6
34	Molochișul Mare	531	510	-4	4
35	Glodeni	578	580	0	0
36	Andreevca	544	524	-4	4
37	Rezina	543	559	3	3

A 2. 12 (continuare)

1	2	3	4	5	6
38	Cajba	629	564	-10	10
39	Sângerei	577	546	-5	5
40	Telenești	543	543	0	0
41	Doibani	507	493	-3	3
42	Orhei	550	530	-4	4
43	Jeloboc	524	503	-4	4
44	Ungheni	524	524	0	0
45	Pârlița	538	528	-2	2
46	Grigoriopol	483	484	0	0
47	Strășeni	545	518	-5	5
48	Nisporeni	532	534	0	0
49	Chișinău, Bâc	532	503	-5	5
50	Anenii Noi	508	488	-4	4
51	Hâncești	555	521	-6	6
52	Cârpineni	529	517	-2	2
53	Cimișlia	458	503	10	10
54	Olănești	468	467	0	0
55	Vulcănești	486	496	2	2
56	Brâzna	495	501	1	1
57	Șișcani	541	528	-2	2
58	Codrii	476	543	14	14
59	Șoldănești	489	596	22	22
60	Căușeni	506	480	-5	5
61	Basarabeasca	497	491	-1	1
62	Plaiul Fagului	636	558	-12	12
63	Tvardița	479	488	2	2
64	Ialoveni	543	511	-6	6
65	Sadova	557	571	2	2
	Media	542	545		32,7

Rezultatele determinării componentelor bilanțului hidrotermic pentru regiunile peisajere din
Republica Moldova

ID	Unitatea peisagistică	Suprafața, km ²	Precipitațiile anuale din faza umedă, $\bar{X}$, mm	Echivalentul evaporării, $\bar{E}_{\max}$, mm	Stratul evaporării anuale, E_{US} , mm
A1	Podișul de Silvostepă al Moldovei de Nord	3329	662	851	581
A2	Podișul de Silvostepă al Nistrului	3535	607	861	549
A3	Câmpia de Silvostepă a Prutului de Mijloc	2238	578	877	531
B1	Câmpia de Stepă a Cuboltei Inferioare	2014	605	849	547
B2	Dealurile de Stepă ale Ciulucurilor	1713	577	866	531
C1	Podișul de Silvostepă al Râbnitei	1909	573	875	527
D1	Podișul Silvic al Codrilor de Vest	1860	580	912	539
D2	Podișul Silvic al Codrilor de Nord	1131	564	887	523
D3	Podișul Codrilor de Est	1904	554	913	517
D4	Podișul Codrilor de Sud	1693	548	946	515
E1	Depresiunea de Silvostepă a Săratei	1053	522	956	496
E2	Colinele de Silvostepă ale Tigheciului	1631	496	963	475
E3	Câmpia de Silvostepă a Bâcului	2101	490	940	470
E4	Câmpia de Silvostepă a Cogâlnicului	749	511	954	487
F1	Câmpia de Stepă a Hagiderului Superior	913	450	962	439
F2	Câmpia de Stepă a Cahulului	1322	546	968	516
F3	Câmpia de Stepă a Ialpușului	2256	495	958	475
G1	Câmpia de Stepă a Nistrului Inferior	2594	485	929	465

Rezultatele determinării componentelor bilanțului hidrotermic pentru unele bazine de recepție
din Republica Moldova

№ din anexa 1.3	Bazinul de recepție și postul hidrometric	Precipitațiile anuale din faza umedă, $\bar{X}$, mm	Echivalentul evaporării, $\bar{E}_{\max}$, mm	Stratul scurgerii anuale, E_{US} , mm
10	Vilia – Bălăsinești	692	849	599
11	Draghiște – Trinca	689	853	598
12	Ciuhur – Bîrlădeni	675	841	588
13	Camenca – Cobani	612	863	553
14	Căldărușa – Cajba	605	865	549
16	Delia – Pârlița	560	891	520
20	Ialpug – Comrat	511	944	487
21	Mussa – Comrat	500	951	478
22	Lunga – Ceadâr-Lunga	495	953	475
23	Salcia Mare – Musaitu	498	960	477
24	Taraclia – Taraclia	495	954	474
25	Cogâlnic – Hâncești	567	920	529
37	Camenca – Camenca	633	856	565
38	Beloci – Beloci	611	864	552
39	Molochiș – Molochișul Mare	589	866	538
40	Ciorna – Ciorna	612	863	553
41	Râbnița – Andreevca	579	874	532
42	Iagorlic – Doibani	558	887	518
43	Răut – Bălți	614	854	553
44	Răut – Florești	615	849	553
45	Răut – Căzănești	610	852	550
46	Răut – Orhei	592	862	539
47	Răut – Jeloboc	590	863	538
48	Răuțel – Răuțel	591	867	540
49	Cubolta – Cubolta	629	843	561
50	Căinari – Sevirova	627	842	559
51	Cartofleanca – Cartofleanca	645	839	570
52	Camenca – Gvozdova	617	851	554
53	Pohoarna – Domulgeni	623	857	559
54	Ciulucul Mic – Telenești	566	875	523
55	Cula – Hulboaca	563	888	522
56	Cogâlnic – Cucuruzeni	578	876	532
57	Ichel – Pașcani	562	900	523
58	Bălțata – Bălțata	527	918	498
66	Bâc – Călărași	587	896	541
67	Bâc – Strășeni	573	903	532
68	Bâc – Chișinău	567	905	527
69	Pojarna – Sîpoteni	595	893	546

Rezultatele determinării parametrilor statistici ai scurgerii anuale totale a râurilor din regiunea studiată

№ din anexa 1.3	Râu – post	F, km ²	Numărul de ani cu observații	Scurgerea anuală observată Y_{tot} , mm	Coeficientul de variație observat $C_{v,tot}$	Coeficientul de asimetrie observat $C_{s,tot}$	Coeficientul de autocorelare $\tau(l)$	Eroarea aleatorie fără evidența $\tau(1)$, %	Eroare aleatorie cu evidența $\tau(1)$, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	Vilia – Bălăsinești	261	58	73	0,54	1,06	0,450	7	12
11	Draghiște – Trinca	225	54	64	0,59	0,69	0,490	8	14
12	Ciuhur – Bârlădeni	144	60	61	0,47	0,96	0,513	6	11
13	Camenca – Cobani	284	36	54	0,62	0,76	0,513	10	18
14	Căldărușa – Cajba	79,5	58	59	0,61	0,91	0,440	8	13
16	Delia – Pârlița	125	23	52	0,63	1,00	0,345	13	19
20	Ialpug – Comrat	360	16	18	1,04	2,65	-0,166	26	22
21	Mussa – Comrat	83,5	14	31	0,90	1,99	-0,034	24	23
22	Lunga – Ceadâr-Lunga	370	35	12	0,61	0,83	0,803	10	31
23	Salcia Mare – Musaitu	414	25	26	0,58	0,54	0,418	12	18
24	Taraclia – Taraclia	103	50	53	0,76	1,66	0,315	11	15
25	Cogâlnic – Hâncești	179	52	46	0,55	2,10	0,528	8	14
37	Camenca – Camenca	387	36	76	0,23	1,46	0,683	4	9
38	Beloci – Beloci	225	51	77	0,13	1,61	0,051	2	2
39	Molochiș – Molochișul Mare	184	59	33	0,46	0,98	0,599	6	12
40	Ciorna – Ciorna	307	15	63	0,40	0,76	0,586	10	20
41	Râbnița – Andreevca	152	60	32	0,54	1,75	0,333	7	10
42	Iagorlâc – Doibani	1220	62	25	0,40	1,75	0,178	5	6
43	Răut – Bălți	1080	63	42	0,60	0,96	0,590	8	15
44	Răut – Florești	3400	13	26	0,35	0,18	0,513	10	17

A 3.1 (continuare)

1	2	3	5	6	7	8	9	10	11
45	Răut – Căzănești	4440	29	51	0,50	0,77	0,513	9	16
46	Răut – Orhei	7050	10	27	0,53	0,35	0,513	17	29
47	Răut – Jeloboc	7100	53	46	0,52	1,07	0,580	7	14
48	Răuțel – Răuțel	95,5	15	58	0,33	0,16	0,513	9	15
49	Cubolta – Cubolta	869	45	64	0,39	0,98	0,513	6	10
50	Căinar – Sevirova	814	57	53	0,46	1,12	0,530	6	11
51	Cartofleanca – Cotova	38,8	21	56	0,76	1,27	0,513	17	29
52	Camenca – Gvozdova	172	18	64	0,43	0,78	0,513	10	18
53	Pohoarna – Domulugeni	30,0	14	63	0,55	0,86	0,513	15	26
54	Ciulucul Mic – Telenești	566	51	39	0,66	0,55	0,345	9	13
56	Cogâlnic – Cucuruzeni	221	8	22	0,54	2,72	0,513	19	34
55	Cula – Hulboaca	468	12	86	0,45	0,75	0,345	13	19
57	Ichel – Pașcani	562	7	25	0,56	0,72	0,210	21	26
58	Bălțata – Bălțata	62,4	48	26	0,35	0,92	0,190	5	6
66	Bâc – Călărași	296	17	37	0,54	0,77	0,345	13	19
67	Bâc – Strășeni	781	6	45	0,22	1,13	0,345	9	13
68	Bâc – Chișinău	882	43	39	0,64	0,54	0,481	10	16
69	Pojarna – Sipoteni	122	25	61	0,66	0,96	0,582	13	26
75	Ișnovăț – Sîngera	343	32	20	0,68	1,25	0,182	12	14
71	Botna – Căușeni	1210	59	22	0,65	1,12	0,193	9	10
	Râurile din Ucraina								
1	Siret – Lopushna	152	23	457	0,27	-0,08	0,513	6	10
2	Siret – Storozhynets	672	28	280	0,36	1,11	0,513	7	12
3	Mihidra – Lypovany	144	24	231	0,41	0,94	0,513	8	15

A 3.1 (continuare)

1	2	3	5	6	7	8	9	10	11
4	Derelui – Molodiia	289	21	135	0,68	0,82	0,513	15	26
5	Prut – Cernăuți	6890	70	322	0,45	1,09	0,513	5	9
26	Mucsha – Mala Slobidka	302	27	74	0,47	0,09	0,513	9	16
30	Ushytsa – Zinkov	525	21	137	0,55	1,89	0,405	12	18
31	Ushytsa – Crivciany	1370	47	92	0,37	1,38	0,513	5	9
32	Batyg – Zamikhiv	94,1	34	135	0,46	1,53	0,405	8	12
33	Liadova – Zherybylovka	652	27	87	0,33	0,21	0,513	6	11
34	Murafa – Kudiiivtsi	70,0	18	127	0,50	1,39	0,513	12	21
35	Markivka – Markivka	59,7	30	119	0,25	1,88	0,405	5	7
36	Markivka – Slobidka	615	25	71	0,29	0,64	0,513	6	10
72	Tiligul – Novoukrainka	810	26	27	0,53	1,29	0,405	10	16
73	Rov – Demidovka	1130	57	97	0,45	0,76	0,513	6	10
74	Kodyma – Obzhyle	145	35	33	0,43	2,02	0,405	7	11
	Râurile din România								
77	Bașeu – Ștefănești	909	18	92	0,66	0,51	0,221	16	19
78	Jijia – Dorohoi	255	18	77	0,65	0,76	-0,102	15	14
79	Jijia – Todoreni	1080	18	41	0,53	0,98	0,218	12	16
80	Jijia – Victoria	3350	18	33	0,58	0,35	-0,069	14	13
92	Elan – Murgeni	410	10	50	0,41	0,22	0,379	13	19
93	Bârlad – Negrești	817	14	65	0,66	0,49	0,149	18	20
94	Bârlad – Bârlad	3952	18	50	0,55	1,83	0,002	13	13
95	Bârlad – Tecuci	6778	18	47	0,51	1,22	0,101	12	13
97	Văsuleț – Moara Domneasă	497	15	62	0,54	0,53	-0,350	14	10
99	Berheci – Feldioara	519	15	275	0,32	0,96	0,224	8	10

Rezultatele determinării parametrilor statistici ai componentei scurgerii subterane a râurilor din regiunea studiată

№ din anexa 1.3	Rau -post	F, km ²	Numărul de ani cu observații	Scurgerea anuală observată, Y_{tot} , mm	Scurgerea subterană observată, Y_{sub} , mm	Coeficientul de variație observat, $C_{v.sb}$	Coeficientul de autocorelare τ (1)	Eroarea aleatorie fără evidența τ (1), %	Eroarea aleatorie cu evidența τ (1), %
1	2	3	4	5	6	7	8	19	10
10	Vilia – Bălăsinești	261	58	73	34	0,65	0,68	9	19
11	Draghiște – Trinca	225	54	64	21	0,97	0,58	13	26
12	Ciuhur – Bârlădeni	144	60	61	39	0,47	0,64	6	13
13	Camenca – Cobani	284	36	54	22	0,82	0,64	14	29
14	Căldărușa – Cajba	79,5	58	59	20	0,74	0,41	10	15
16	Delia – Pîrlița	125	23	52	9	0,96	0,48	20	33
20	Ialpug – Comrat	360	16	18	2	1,94	0,33	49	68
21	Mussa – Comrat	83,5	14	31	1	1,15	0,14	31	35
22	Lunga – Ceadâr-Lunga	370	35	12	2	0,79	0,24	13	17
23	Salcia Mare – Musaitu	414	25	26	6	0,66	0,66	13	29
24	Taraclia – Taraclia	103	50	53	13	0,98	0,03	14	14
25	Cogâlnic – Hâncești	179	52	46	14	0,56	0,56	8	15
37	Camenca – Camenca	387	36	76	64	0,27	0,70	4	11
38	Beloci – Beloci	225	51	77	63	0,13	0,28	2	2
39	Molochiș – Molochișul Mare	184	59	33	19	0,36	0,75	5	12
40	Ciorna – Ciorna	307	15	63	33	0,42	0,55	11	20
41	Râbnița – Andreevca	152	60	32	17	0,52	0,82	7	21
42	Iagorlâc – Doibani	122	62	25	12	0,40	0,61	5	10
43	Răut – Bălți	108	63	42	14	0,79	0,68	10	23

A 3.2 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	19	10
44	Răut – Florești	340	13	26	9	0,52	0,64	14	31
45	Răut – Căzănești	444	29	51	22	0,67	0,64	12	27
46	Răut – Orhei	705	10	27	13	0,86	0,64	27	58
47	Raut – Jeloboc	710	53	46	21	0,55	0,70	8	18
48	Răuțel – Răuțel	95,5	15	58	19	0,63	0,64	16	35
49	Cubolta – Cubolta	869	45	64	36	0,45	0,64	7	15
50	Căinar – Sevirova	814	57	53	30	0,45	0,81	6	19
51	Cartofleanca – Cotova	38,8	21	56	6	1,28	0,64	28	60
52	Camenca – Gvozdova	172	18	64	20	0,58	0,64	14	29
53	Pohoarna – Domulgeni	30,0	14	63	15	0,64	0,64	17	37
54	Ciulucul Mic – Telenеști	566	51	39	9	0,98	0,48	14	23
56	Cogâlnic – Cucuruzeni	221	8	22	7	0,85	0,64	30	65
55	Cula – Hulboaca	468	12	86	13	0,57	0,48	16	28
57	Ichel –Pașcani	562	7	25	4	1,71	0,37	65	95
58	Bălțata – Bălțata	62,4	48	26	7	0,52	0,80	7	23
66	Bâc – Călărași	296	17	37	8	0,99	0,48	24	40
67	Bâc – Strășeni	781	6	45	15	0,35	0,48	14	24
68	Bâc – Chișinău	882	43	39	13	0,89	0,34	14	19
69	Pojarna – Sipoteni	122	25	61	12	1,33	0,54	27	49
75	Ișnovăț – Sângera	343	32	20	5	0,88	0,26	16	20
71	Botna – Căușeni	121	59	22	8	0,86	0,66	11	25
	Râurile din Ucraina								
1	Siret – Lopushna	152	23	457	156	0,46	0,64	10	21
2	Siret – Storozhynets	672	28	280	91	0,45	0,64	8	18

A 3.2 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	19	10
3	Mihidra – Lypovany	144	24	231	41	0,49	0,64	10	21
4	Derelui – Molodiia	289	21	135	48	0,85	0,64	19	40
5	Prut – Cernăuți	689	70	322	114	0,59	0,64	7	15
26	Mucsha – Mala Slobidka	302	27	74	39	0,67	0,64	13	28
30	Ushytsa – Zinkov	525	21	137	71	0,34	0,62	7	15
31	Ushytsa – Crivciany	137	47	92	51	0,25	0,64	5	12
32	Batyg – Zamikhiv	94,1	34	135	60	0,35	0,62	6	12
33	Liadova – Zherybylovka	652	27	87	35	0,37	0,64	7	15
34	Murafa – Kudiivtsi	70,0	18	127	26	0,56	0,64	13	29
35	Markivka – Markivka	59,7	30	119	59	0,35	0,62	6	13
36	Markivka – Slobidka	615	25	71	47	0,24	0,62	5	10
72	Tiligul – Novoukrainka	810	26	27	6	0,83	0,62	16	33
73	Rov – Demidovka	113	57	97	47	0,57	0,64	8	16
74	Kodyma – Obzhyle	145	35	33	11	0,52	0,62	9	18
	Râurile din România								
77	Bașeu – Ștefănești	909	18	92	9	0,74	0,062	17	19
78	Jijia – Dorohoi	255	18	77	10	0,91	-0,211	21	17
79	Jijia – Todireni	108	18	41	6	0,84	-0,128	20	17
80	Jijia – Victoria	335	18	33	6	1,50	0,006	35	36
92	Elan – Murgeni	410	10	50	15	0,63	0,280	20	27
93	Bârlad – Negrești	817	14	65	8	0,58	0,310	16	21
94	Bârlad – Bârlad	395	18	50	9	0,71	-0,049	17	16
95	Bârlad – Tecuci	677	18	47	11	0,53	0,225	12	16
97	Văsuleț – Moara Domnească	497	15	62	12	0,64	-0,155	17	14
99	Berheci – Feldioara	519	15	275	83	0,66	-0,005	17	17

Rezultatele determinării parametrilor statistici ai componentei scurgerii de suprafață a râurilor din regiunea studiată

№ din anexa 1.3	Rau -post	F, km ²	Numărul de ani cu observații	Scurgerea anuală observată, Y_{tot} , mm	Scurgerea de suprafață observată, Y_{supr} , mm	Coeficientul de variație observat, $C_{v, supr}$	Coeficientul de autocorelare $\tau(1)$	Eroarea aleatorie fără evidența $\tau(1)$, %	Eroarea aleatorie cu evidența $\tau(1)$, %
1	2	3	5	6	7	8	9	10	11
10	Vilia – Bălăsinești	261	58	73	40	0,66	0,45	9	14,1
11	Draghiște – Trinca	225	54	64	43	0,63	0,49	9	14,7
12	Ciuhur – Bârlădeni	144	60	61	22	0,70	0,51	9	15,9
13	Camenca – Cobani	284	36	54	32	0,63	0,51	11	18,4
14	Căldărușa – Cajba	79,5	58	59	39	0,74	0,44	10	15,6
16	Delia – Pârlița	125	23	52	42	0,64	0,34	13	19,0
20	Ialpug – Comrat	360	16	18	16	1,43	-0,17	36	30,1
21	Mussa – Comrat	83,5	14	31	30	0,99	-0,03	26	25,7
22	Lunga – Ceadâr-Lunga	370	35	12	9	1,66	0,80	28	84,2
23	Salcia Mare – Musaitu	414	25	26	20	0,73	0,42	15	22,8
24	Taraclia – Taraclia	103	50	53	40	1,13	0,31	16	22,0
25	Cogâlnic – Hânțești	179	52	46	32	0,67	0,53	9	16,8
37	Camenca – Camenca	387	36	76	12	0,73	0,68	12	27,9
38	Beloci – Beloci	225	51	77	14	0,89	0,05	12	13,1
39	Molochiș – Molochișul Mare	184	59	33	14	0,83	0,60	11	21,6
40	Ciorna – Ciorna	307	15	63	30	0,75	0,59	19	38,1
41	Râbnița – Andreevca	152	60	32	16	0,97	0,33	13	17,6
42	Iagorlâc – Doibani	1220	62	25	13	0,85	0,18	11	12,9
43	Răut – Bălți	1080	63	42	28	0,69	0,59	9	17,1

A 3.3 (continuare)

1	2	3	5	6	7	8	9	10	11
44	Răut – Florești	340	13	26	18	0,53	0,51	15	25,8
45	Răut – Căzănești	444	29	51	28	0,50	0,51	9	16,3
46	Răut – Orhei	705	10	27	13	0,66	0,51	21	36,6
47	Raut – Jeloboc	710	53	46	25	0,70	0,58	10	18,6
48	Răuțel – Răuțel	95,	15	58	39	0,50	0,51	13	22,7
49	Cubolta – Cubolta	869	45	64	29	0,54	0,51	8	14,1
50	Căinar – Sevirova	814	57	53	23	0,71	0,53	9	17,0
51	Cartofleanca – Cotova	38,	21	56	50	0,81	0,51	18	31,0
52	Camenca – Gvozdova	172	18	64	44	0,53	0,51	12	21,9
53	Pohoarna – Domulgeni	30,	14	63	49	0,80	0,51	21	37,5
54	Ciulucul Mic – Telenеști	566	51	39	30	0,74	0,34	10	14,8
56	Cogâlnic – Cucuruzeni	221	8	22	14	0,75	0,51	27	46,5
55	Cula – Hulboaca	468	12	86	73	0,53	0,51	15	26,9
57	Ichel – Pașcani	562	7	25	21	0,57	0,21	22	26,7
58	Bălțata – Bălțata	62,	48	26	20	1,01	0,08	15	15,8
66	Bâc – Călărași	296	17	37	29	0,52	0,34	13	18,0
67	Bâc – Strășeni	781	6	45	29	0,34	0,34	14	19,8
68	Bâc – Chișinău	882	43	39	27	0,75	0,48	11	19,3
69	Pojarna – Sipoteni	122	25	61	49	0,34	0,34	7	9,7
75	Ișnovăț – Sângera	343	32	20	15	0,83	0,18	15	17,6
71	Botna – Căușeni	121	59	22	14	0,87	0,19	11	13,7
	Râurile din Ucraina								
1	Siret – Lopushna	152	23	457	301	0,33	0,51	7	12,1
2	Siret – Storozhynets	672	28	280	189	0,47	0,51	9	15,6

A 3.3 (continuare)

1	2	3	5	6	7	8	9	10	11
3	Mihidra – Lypovany	144	24	231	190	0,48	0,51	10	17,2
4	Derelui – Molodiia	289	21	135	87	0,75	0,51	16	28,7
5	Prut – Cernăuți	689	70	322	208	0,53	0,51	6	11,1
26	Mucsha – Mala Slobidka	302	27	74	34	0,59	0,51	11	19,9
30	Ushytsa – Zinkov	525	21	137	67	1,01	0,41	22	34,1
31	Ushytsa – Crivciany	137	47	92	41	0,70	0,51	10	17,9
32	Batyg – Zamikhiv	94,	34	135	74	0,77	0,41	13	20,4
33	Liadova – Zherybylovka	652	27	87	51	0,57	0,51	11	19,3
34	Murafa – Kudiivtsi	70,	18	127	101	0,68	0,51	16	28,1
35	Markivka – Markivka	59,	30	119	59	0,97	0,41	18	27,4
36	Markivka – Slobidka	615	25	71	24	0,76	0,51	15	26,7
72	Tiligul – Novoukrainka	810	26	27	21	0,66	0,41	13	20,0
73	Rov – Demidovka	113	57	97	50	0,53	0,51	7	12,3
74	Kodyma – Obzhyle	145	35	33	23	0,66	0,41	11	17,2
	Râurile din România								
77	Bașeu – Ștefănești	909	18	92	82	-	-	-	-
78	Jijia – Dorohoi	255	18	77	67	-	-	-	-
79	Jijia – Todireni	108	18	41	35	-	-	-	-
80	Jijia – Victoria	335	18	33	27	-	-	-	-
92	Elan – Murgeni	410	10	50	36	-	-	-	-
93	Bîrlad – Negrești	817	14	65	57	-	-	-	-
94	Bîrlad – Bîrlad	395	18	50	41	-	-	-	-
95	Bîrlad – Tecuci	677	18	47	36	-	-	-	-
97	Văsuleț – Moara Domnească	497	15	62	50	-	-	-	-
99	Berheci – Feldioara	519	15	275	193	-	-	-	-

A 3.4 (exemplu)

Matricea ordonatelor funcției de corelare spațială (FECS) a caracteristicilor scurgerii anuale a râurilor din Republica Moldova și matricea distanțelor dintre centrele de greutate a bazinelor de recepție monitorizate la rețeaua națională a Serviciului Hidrometeorologic de Stat al Republicii Moldova

Nr.	FCS/centroizi	1	2	3	4	5	6	7	8
		Vilia – Bălăsinești	Draghiste – Trinca	Ciuhur – Bârlădeni	Căldărușa – Cajba	Delia – Pârlița	Lunga – Ceadâr-Lunga	Taraclia – Taraclia	Cogâlnic – Hâncești
1	Vilia – Bălăsinești		0,79	0,42	0,53	0,50	0,02	0,05	0,40
2	Draghiste – Trinca	17,44		0,43	0,57	0,32	0,21	-0,08	0,36
3	Ciuhur – Bîrlădeni	35,20	18,24		0,46	0,40	0,63	0,03	0,63
4	Căldărușa – Cajba	72,32	65,66	57,39		0,37	0,59	-0,18	0,50
5	Delia – Pârlița	135,78	128,18	116,99	63,46		0,12	-0,03	0,48
6	Lunga – Ceadâr-Lunga	280,18	272,38	260,11	207,87	144,44		-0,23	0,57
7	Taraclia – Taraclia	282,56	275,29	263,49	210,35	147,12	9,65		-0,01
8	Cogâlnic – Hâncești	190,96	182,12	169,26	118,89	56,07	91,11	95,29	
9	Camenca – Camenca	139,06	121,96	103,86	108,43	116,70	221,53	228,19	139,18
10	Beloci – Beloci	156,59	139,89	121,65	117,47	113,58	205,25	212,38	127,20
11	Molochiș – Molochișul Mare	166,82	150,45	132,23	122,92	111,61	194,15	201,54	119,22
12	Râbnița – Andreevca	178,65	162,53	144,36	131,35	113,55	185,14	192,85	114,53
13	Iagorlâc – Doibani	194,59	179,36	161,54	139,73	109,29	160,98	169,05	97,81
14	Răut – Bălți	68,82	57,37	44,05	22,11	73,20	216,08	219,44	125,32
15	Răut – Jeloboc	107,36	94,53	78,78	48,14	53,07	185,51	189,96	94,67
16	Cubolta – Cubolta	65,90	50,91	33,85	41,30	89,29	229,50	233,42	138,39
17	Căinar – Sevrova	79,93	63,96	45,95	52,57	90,28	225,83	230,34	135,05
18	Ciulucul Mic – Telenești	124,35	114,27	100,85	54,42	24,26	159,51	163,30	68,47
19	Bălțata – Bălțata	207,32	195,83	180,61	138,28	82,18	95,92	103,20	39,28
20	Bâc – Călărași	149,21	140,58	128,24	77,17	15,90	131,92	135,28	41,75
21	Bâc – Chișinău	166,93	157,48	144,23	95,39	35,10	116,45	120,65	25,37
22	Botna – Căușeni	232,76	222,62	208,44	161,54	100,19	62,51	70,15	45,05

Râuri-analog folosite pentru racordarea scurgerii anuale totale a râurilor slab studiate la un șir lung de ani

№ din anexa 1.3	Râul – postul hidrometric	Suprafața bazinului de recepție, km ²	Perioada de monitoring	Numărul de ani
10	Vilia – Bălăsinești	261	1953-2010	58
11	Draghiște – Trinca	225	1957-2010	54
12	Ciuhur – Bârlădeni	144	1950-73 1975-2010	60
14	Căldărușa – Cajba	79,5	1951-58 1960-86 1988-2010	58
24	Taraclia – Taraclia	103	1961-2010	50
25	Cogâlnic – Hâncești	179	1959-2010	52
38	Beloci – Beloci	225	1959,19 61-2010	51
39	Molochiș – Molochișul Mare	184	1950-2005, 2008-2010	59
41	Râbnîța – Andreevca	152	1951-2010	60
42	Iagorlâc – Doibani	1220	1949-2010	62
43	Răut – Bălți	1080	1948-2010	63
47	Răut – Jeloboc	7100	1958-2010	53
49	Cubolta – Cubolta	869	1966-2010	45
50	Căinar – Sevirova	814	1954-2010	57
54	Ciulucul Mic – Telenești	566	1955-73, 1978-85, 1987-2000	51
58	Bălțata – Bălțata	62,4	1954-57, 1961-2004	48
68	Bâc – Chișinău	882	1968-2010	43
71	Botna – Căușeni	1210	1949-94, 1996-2003,2006-10	59
5	Pрут – Cernăuți	6890	1895-1911, 1920-24, 1926-35, 1945-81.1988	70
31	Ushytسا – Crivciany	1370	1931-40, 1943-70, 1972-80	47
73	Rov – Demidovka	1130	1916-18, 1922-39, 1945-80	57

Rezultatele aprecierii parametrilor statistici ai scurgerii anuale totale pentru datele racordate la o perioada multianuală

№ din anexa 1.3	Râul – postul hidrometric	F, km ²	Ani cu observații	Y_{tot} observat	Y_{tot} racordat	$C_{V_{tot}}$ observat	$C_{V_{tot}}$ racordat	$C_{S_{tot}}$ observat	$C_{S_{tot}}$ racordat $C_v/C_s^{*1,2}$	τ (1)	Eroare aleatorii fără evidența $\tau(1)$, %	Eroare aleatorii cu evidența $\tau(1)$, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	Vilia – Bălăsinești	261	58	73	63	0,54	0,65	1,06	2,34	0,450	7	12
11	Draghiște – Trinca	225	54	64	56	0,59	0,71	0,69	1,42	0,490	8	14
12	Ciuhur – Bârlădeni	144	60	61	57	0,47	0,57	0,96	2,44	0,513	6	11
13	Camenca – Cobani	284	36	54	42	0,62	0,74	0,76	1,47	0,513	10	18
14	Căldărușa – Cajba	79.5	58	59	45	0,61	0,74	0,91	1,78	0,440	8	13
16	Delia – Pârlița	125	23	52	42	0,63	0,75	1,00	1,91	0,345	13	19
20	Ialpug – Comrat	360	16	18	15	1,04	1,25	2,65	3,05	-0,166	26	22
21	Mussa – Comrat	83.5	14	31	25	0,90	1,07	1,99	2,66	-0,034	24	23
22	Lunga – Ceadâr-Lunga	370	35	12	9	0,61	0,73	0,83	1,63	0,803	10	31
23	Salcia Mare – Musaitu	414	25	26	21	0,58	0,70	0,54	1,12	0,418	12	18
24	Taraclia – Taraclia	103	50	53	43	0,76	0,91	1,66	2,63	0,315	11	15
25	Cogâlnic – Hâncești	179	52	46	38	0,55	0,66	2,10	4,61	0,528	8	14
37	Camenca – Camenca	387	36	76	62	0,23	0,28	1,46	7,55	0,683	4	9
38	Beloci – Beloci	225	51	77	62	0,13	0,16	1,61	14,95	0,051	2	2
39	Molochiș – Molochișul Mare	184	59	33	27	0,46	0,55	0,98	2,58	0,599	6	12
40	Ciorna – Ciorna	307	15	63	51	0,40	0,48	0,76	2,26	0,586	10	20
41	Râbnita – Andreevca	152	60	32	26	0,54	0,65	1,75	3,89	0,333	7	10
42	Iagorlâc – Doibani	1220	62	25	20	0,40	0,48	1,75	5,27	0,178	5	6
43	Răut – Bălți	1080	63	42	34	0,60	0,72	0,96	1,91	0,590	8	15
44	Răut – Florești	3400	13	26	21	0,35	0,43	0,18	0,62	0,513	10	17

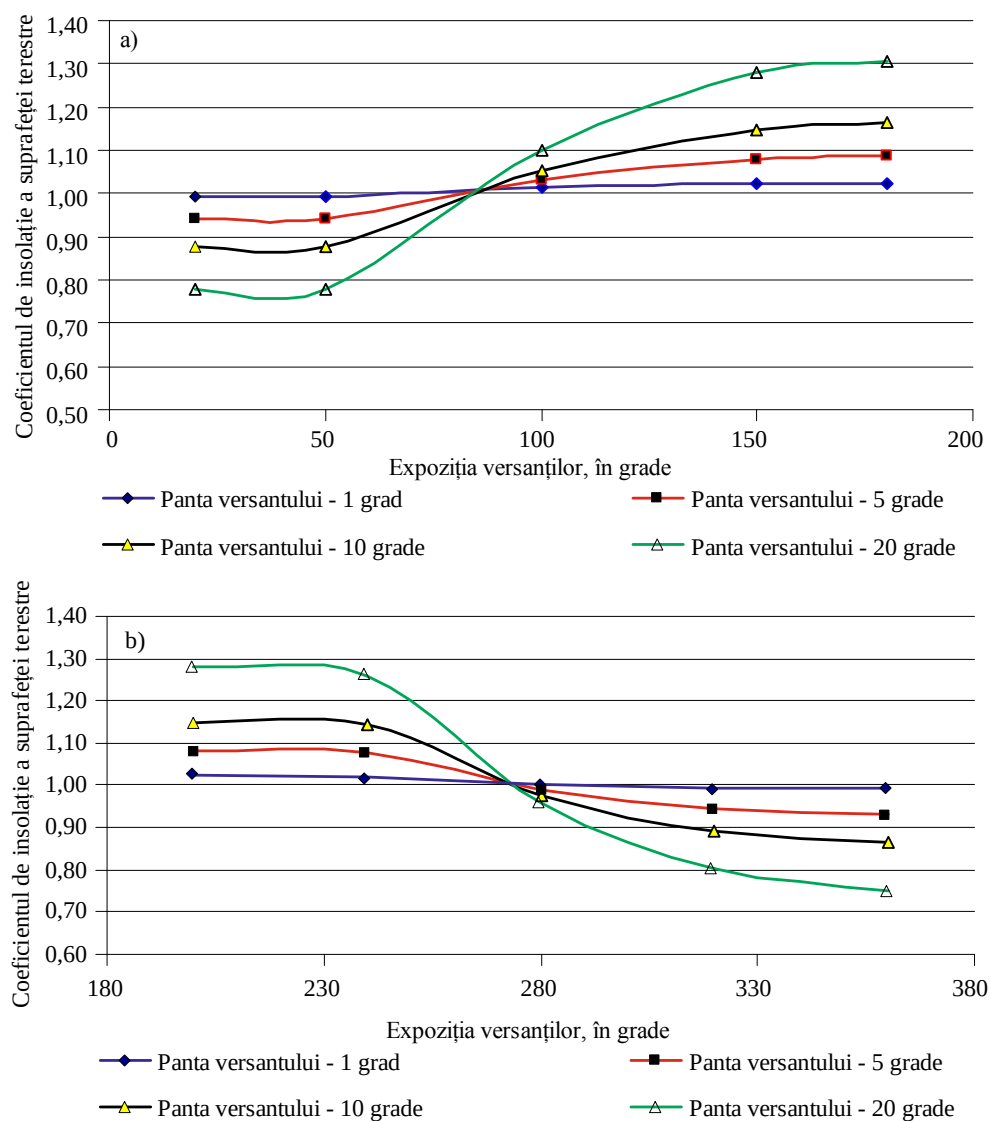
A 3.6 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
45	Răut – Căzănești	4440	29	51	41	0,50	0,60	0,77	1,85	0,513	9	16
46	Răut – Orhei	7050	10	27	22	0,53	0,63	0,35	0,81	0,513	17	29
47	Răut – Jeloboc	7100	53	46	38	0,52	0,63	1,07	2,45	0,580	7	14
48	Răuțel – Răuțel	95.5	15	58	47	0,33	0,40	0,16	0,58	0,513	9	15
49	Cubolta – Cubolta	869	45	64	52	0,39	0,47	0,98	3,03	0,513	6	10
50	Căinar – Sevirova	814	57	53	43	0,46	0,55	1,12	2,93	0,530	6	11
51	Cartofleanca – Cotova	38.8	21	56	45	0,76	0,92	1,27	1,99	0,513	17	29
52	Camenca – Gvozdova	172	18	64	52	0,43	0,52	0,78	2,19	0,513	10	18
53	Pohoarna – Domulgeni	30.0	14	63	51	0,55	0,66	0,86	1,90	0,513	15	26
54	Ciulucul Mic – Telenești	566	51	39	31	0,66	0,80	0,55	0,99	0,345	9	13
56	Cogâlnic – Cucuruzeni	221	8	22	17	0,54	0,64	2,72	6,08	0,513	19	34
55	Cula – Hulboaca	468	12	86	70	0,45	0,54	0,75	2,02	0,345	13	19
57	Ichel – Pașcani	562	7	25	21	0,56	0,67	0,72	1,55	0,210	21	26
58	Bălțata – Bălțata	62.4	48	26	21	0,35	0,42	0,92	3,16	0,190	5	6
66	Bâc – Călărași	296	17	37	30	0,54	0,64	0,77	1,72	0,345	13	19
67	Bâc – Strășeni	781	6	45	36	0,22	0,27	1,13	6,07	0,345	9	13
68	Bâc – Chișinău	882	43	39	32	0,64	0,77	0,54	1,02	0,481	10	16
69	Pojarna – Sipoteni	122	25	61	49	0,66	0,79	0,96	1,74	0,582	13	26
75	Ișnovăț – Sângera	343	32	20	16	0,68	0,82	1,25	2,19	0,182	12	14
71	Botna – Căușeni	1210	59	22	18	0,65	0,78	1,12	2,06	0,193	9	10
Râurile din Ucraina												
1	Siret – Lopushna	152	23	457	370	0,27	0,32	-0,08	-0,34	0,513	6	10
2	Siret – Storozhynets	672	28	280	227	0,36	0,43	1,11	3,74	0,513	7	12
3	Mihidra – Lypovany	144	24	231	187	0,41	0,49	0,94	2,75	0,513	8	15

A 3.6 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	Derelui – Molodiia	289	21	135	109	0,68	0,82	0,82	1,44	0,513	15	26
5	Prut – Cernăuți	6890	70	322	261	0,45	0,54	1,09	2,92	0,513	5	9
26	Mucsha – Mala Slobidka	302	27	74	60	0,47	0,57	0,09	0,23	0,513	9	16
30	Ushytsa – Zinkov	525	21	137	111	0,55	0,66	1,89	4,14	0,405	12	18
31	Ushytsa – Crivciany	1370	47	92	74	0,37	0,44	1,38	4,52	0,513	5	9
32	Batyg – Zamikhiv	94,1	34	135	109	0,46	0,55	1,53	4,01	0,405	8	12
33	Liadova – Zherybylovka	652	27	87	70	0,33	0,40	0,21	0,75	0,513	6	11
34	Murafa – Kudiivtsi	70,0	18	127	103	0,50	0,60	1,39	3,33	0,513	12	21
35	Markivka – Markivka	59,7	30	119	96	0,25	0,31	1,88	8,87	0,405	5	7
36	Markivka – Slobidka	615	25	71	57	0,29	0,34	0,64	2,67	0,513	6	10
72	Tiligul – Novoukrainka	810	26	27	22	0,53	0,64	1,29	2,92	0,405	10	16
73	Rov – Demidovka	1130	57	97	79	0,45	0,54	0,76	2,02	0,513	6	10
74	Kodyma – Obzhyle	145	35	33	27	0,43	0,52	2,02	5,63	0,405	7	11
Râurile din România												
77	Bașeu – Ștefănești	909	18	92	74	0,66	0,79	0,51	0,93	0,221	16	19
78	Jijia – Dorohoi	255	18	77	63	0,65	0,78	0,76	1,41	-	15	14
79	Jijia – Todoreni	1080	18	41	33	0,53	0,64	0,98	2,21	0,218	12	16
80	Jijia – Victoria	3350	18	33	27	0,58	0,70	0,35	0,72	-	14	13
92	Elan – Murgeni	410	10	50	41	0,41	0,49	0,22	0,65	0,379	13	19
93	Bârlad – Negrești	817	14	65	53	0,66	0,79	0,49	0,90	0,149	18	20
94	Bârlad – Bârlad	3952	18	50	41	0,55	0,66	1,83	4,00	0,002	13	13
95	Bârlad – Tecuci	6778	18	47	38	0,51	0,61	1,22	2,86	0,101	12	13
94	Sacovăț – Sofronești	299	6	35	28	0,78	0,94		0,00	-	-	-
97	Văsuleț – Moara Domneasă	497	15	62	50	0,54	0,65	0,53	1,17	-	14	10
99	Berheci – Feldioara	519	15	275	223	0,32	0,38	0,96	3,58	0,224	8	10

Graficele funcției coeficientului de insolație a scoarței terestre de expoziția și pantele versanților
(a – direcția nordică, b – direcția sudică)



Rezumat al aprecierilor schimbării temperaturilor medii anuale ale aerului și
precipitațiilor atmosferice publicate de diferiți autori

Proiecția	Orizontul de timp	Temperatura medie a aerului, °C	Suma anuală a precipitațiilor atmosferice, mm
Conform datelor Lalîkin N. [58], Corobov R. [66]			
SRES A2	2010 - 2039	1,36	-9,59
	2040 – 2069	2,95	-24,93
	2070 - 2099	4,73	42,37
SRES B2	2010 - 2039	1,90	-15,66
	2040 – 2069	2,56	1,82
	2070 - 2099	3,38	-5,99
Conform cercetărilor Corobov R., Trombițkii I., Sîrodov G., Andreev A. [62]			
RCP2.6	2021-2050	0,40	-32
	2071-2100	0,50	-38
RCP4.5	2021-2050	1,60	-2,0
	2071-2100	2,60	24
RCP8.5	2021-2050	1,60	-1,0
	2071-2100	4,50	15
Conform cercetărilor Vera Balabuh [30, 31]			
RCP 6.0	2021-2050	1,1 (media)	1,7 % (din bază, anii 1981-2010)
RCP8.5			
Conform cercetărilor Lilia Țăranu [133]			
A2	2020	1,2	21,2
	2050	2,6	-9,7
	2080	4,3	53,9
A1B	2020	1,4	22,2
	2050	2,8	-8,0
	2080	3,8	-17,1
B1	2020	1,4	13,7
	2050	2,2	4,9
	2080	2,7	0,9
Conform cercetărilor Ana Jeleapov, Rawat M., Răileanu V., Maria Nedelcov, Sena D. [126]			
RCP2.6	2050	-	14
	2070	-	-13
RCP4.5	2050	-	-5
	2070	-	-15
RCP 6.0	2050	-	17
	2070	-	-4
RCP8.5	2050	-	-11
	2070	-	-42

Proiecțiile schimbării temperaturii medii pentru anotimpuri și anual în sec. XXI în raport cu perioada climatică de referință (anii 1981-2010)

Regiunea de nord (°C)						
Scenariul	Intervalul de timp	Iarna	Primăvara	Vara	Toamna	Anual
RCP8.5	2021-2050	1,1	0,9	1,5	1,3	1,2
RCP4.5		0,9	0,9	1,3	1,2	1,1
RCP2.6		1,1	0,8	1,2	1,0	1,0
RCP8.5	2051-2080	2,4	2,1	3,2	2,9	2,7
RCP4.5		1,8	1,6	2,2	1,9	1,8
RCP2.6		1,3	1,1	1,6	1,5	1,4
RCP8.5	2081-2100	4,3	3,8	5,9	4,8	4,8
RCP4.5		2,4	2,2	2,7	2,5	2,5
RCP2.6		1,3	1,4	1,3	1,4	1,4
Regiunea centrală (°C)						
RCP8.5	2020-2050	1,2	0,8	1,5	1,2	1,1
RCP4.5		0,9	1,0	1,3	1,0	1,1
RCP2.6		1,0	0,7	1,2	0,9	0,9
RCP8.5	2051-2080	2,4	2,1	3,2	2,8	2,6
RCP4.5		1,7	1,5	2,1	1,8	1,7
RCP2.6		1,5	1,1	1,6	1,4	1,3
RCP8.5	2081-2100	4,1	3,9	5,9	4,7	4,7
RCP4.5		2,4	2,3	2,8	2,4	2,5
RCP2.6		1,1	1,4	1,4	1,3	1,3
Regiunea de sud (°C)						
RCP8.5	2020-2050	1,2	0,9	1,5	1,2	1,2
RCP4.5		0,9	1,1	1,4	1,1	1,1
RCP2.6		1,0	0,9	1,2	0,9	1,0
RCP8.5	2051-2080	2,3	2,1	3,2	2,8	2,6
RCP4.5		1,6	1,5	2,3	1,8	1,8
RCP2.6		1,3	1,1	1,7	1,3	1,3
RCP8.5	2081-2100	4,1	3,9	6,1	4,6	4,7
RCP4.5		2,1	2,3	2,9	2,4	2,5
RCP2.6		1,0	1,4	1,4	1,4	1,3

Proiecțiile schimbării precipitațiilor medii pentru anotimpuri și anual în sec XXI în raport cu perioada climatică de referință (anii 1981-2010)

Regiunea de nord (°C)						
Scenariul	Intervalul de timp	Iarna	Primăvara	Vara	Toamna	Anual
RCP8.5	2021-2050	2,9	5,2	1,2	-5,5	3,8
RCP4.5		4,9	0,8	-11,1	-1,3	-6,7
RCP2.6		1,4	5,9	-8,7	0,9	-0,5
RCP8.5	2051-2080	6,8	7,4	-11,6	-5,9	-3,3
RCP4.5		2,7	8,6	3,8	-4,5	10,6
RCP2.6		5,3	9,9	0,1	-2,4	12,9
RCP8.5	2081-2100	9,0	4,3	-47,6	-6,0	-40,3
RCP4.5		5,9	8,2	-11,4	-0,9	1,8
RCP2.6		2,2	4,6	5,7	4,7	17,2
Regiunea centrală (°C)						
RCP8.5	2020-2050	2,9	2,3	-5,4	-5,9	-6,1
RCP4.5		4,5	-0,1	-7,5	-5,7	-8,8
RCP2.6		1,8	3,3	2,5	-0,3	7,3
RCP8.5	2051-2080	6,2	3,2	-15,5	-4,8	-10,9
RCP4.5		2,4	5,5	-3,9	-2,6	1,4
RCP2.6		2,6	8,7	1,5	-5,9	6,9
RCP8.5	2081-2100	6,1	2,3	-43,6	-14,4	-49,6
RCP4.5		2,8	6,0	-9,8	-6,8	-7,8
RCP2.6		4,2	4,9	4,2	6,4	19,7
Regiunea de sud (°C)						
RCP8.5	2021-2050	0,3	7,0	-8,4	-2,4	-3,5
RCP4.5		5,6	1,4	-6,8	-1,8	-1,6
RCP2.6		0,4	5,4	-1,6	4,4	8,6
RCP8.5	2051-2080	4,4	5,2	-15,4	-5,2	-11,0
RCP4.5		0,2	3,5	-6,2	1,6	-0,9
RCP2.6		1,7	8,8	6,2	-3,2	13,5
RCP8.5	2081-2100	-0,2	-1,1	-47,4	-14,8	-63,5
RCP4.5		3,1	5,5	-3,4	-6,6	-1,4
RCP2.6		2,7	6,7	5,0	9,7	24,1

Rezultatele determinării normei infiltrației în apele subterane pe teritoriul Republicii Moldova

№ din anexa 1.3	Raul – postul hidrometric	Suprafața bazinului, F , km ² ,	Ponderea împăduririi, f_{pad}	F_{cr} km ²	Norma racordată a scurgerii subterane, $\bar{Y}_{sub}$, mm	Norma infiltrației, U_0 , mm, din formula 4.12
1	2	3	4	5	6	7
10	Vilia – Bălăsinești	261	0,11	2,4	31,5	30,5
11	Draghiște – Trinca	225	0,09	2,4	30,8	31,8
12	Ciuhur – Bârlădeni	144	0,17	2,0	31,5	29,7
13	Camenca – Cobani	284	0,08	5,14	19,5	19,5
14	Căldărușa – Cajba	79,5	0,04	2,53	16,1	17,7
16	Delia – Pârlita	125	0,12	5,4	9,2	10,4
20	Ialpug – Comrat	360	0,06	5,4	3,5	3,5
21	Mussa – Comrat	83,5	0,06	10,4	2,5	3,5
22	Lunga – Ceadâr-Lunga	370	0,05	5,4	4,2	4,8
23	Salcia Mare – Musaitu	414	0,16	4,7	12,8	13,2
24	Taraclia – Taraclia	103	0,05	30,9	8,6	15,2
25	Cogâlnic – Hâncești	179	0,26	3,8	15,5	15,1
37	Camenca – Camenca	387	0,14	7,7	52,4	51,3
38	Beloci – Beloci	225	0,13	6,9	49,9	54,7
39	Molochiș – Molochișul Mare	184	0,06	18,9	31,0	42,8
40	Ciorna – Ciorna	307	0,18	3,72	28,3	33,0
41	Râbnița – Andreevca	152	0,05	14,8	25,0	38,4
42	Iagorlâc – Doibani	1220	0,03	30,9	19,5	19,7
43	Răut – Bălți	1080	0,02	5,53	15,5	15,8
44	Răut – Florești	3400	0,02	7,80	15,0	15,0
45	Răut – Căzănești	4440	0,02	8,45	20,6	20,4
46	Răut – Orhei	7050	0,06	9,70	22,0	21,3
47	Raut – Jeloboc	7100	0,07	9,72	22,5	21,6
48	Răuțel – Răuțel	95,5	0,01	2,67	18,8	22,1
49	Cubolta – Cubolta	869	0,05	5,18	32,4	32,9
50	Căinar – Sevirova	814	0,04	5,08	30,1	30,6
51	Cartofleanca – Cotova	38,8	0,01	2,04	4,1	7,3
52	Camenca – Gvozdova	172	0,02	3,19	20,7	23,5
53	Pohoarna – Domulgeni	30,0	0,02	1,89	15,4	17,8
54	Ciulucul Mic – Telenești	566	0,13	4,55	12,0	11,9
56	Cogâlnic – Cucuruzeni	221	0,05	5,84	13,5	16,0
55	Cula – Hulboaca	468	0,07	7,47	11,1	12,2
57	Ichel – Pașcani	562	0,36	10,3	8,0	10,5
58	Bălțata – Bălțata	62,4	0,10	17,4	6,4	15,0
66	Bâc – Călărași	296	0,35	5,53	10,2	9,1
67	Bâc – Strășeni	781	0,31	3,76	13,4	11,4
68	Bâc – Chișinău	882	0,25	4,48	12,8	11,4

A 4.1 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7
69	Pojarna – Sipoteni	122	0,61	4,7	12,4	10,2
70	Ișnovăț – Sângera	343	0,23	10,8	6,5	11,4
71	Botna – Căușeni	1210	0,16	14,5	6,2	8,4

A 4.2

Rezultatele calculelor normei scurgerii superficiale pentru bazinele de recepție din Republica
Moldova

№ din anexa 1.3	Raul – postul hidrometric	Suprafața bazinului, F, km ² ,	Ponderea împăduririi, f _{pad}	δ_{pad} conform (4.20)	Scurgerea de suprafață racordată, Y _{sp} , mm	Norma scurgerii de suprafață zonale, conform (4.21)	Norma zonală, U _o , mm	Factorul $\varphi = L/I^{0.5}$	Av, conform (4.22)	Scurgerea superficială zonală, $\bar{S}_{(sp)}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	Vilia – Bălăsinești	261	0,11	0,92	31,5	34,3	31,5	856	0,0013	39,0
11	Draghiște – Trinca	225	0,09	0,93	25,0	26,7	30,8	810	0,0017	31,4
12	Ciuhur – Bârlădeni	144	0,17	0,88	25,8	29,3	31,5	758	0,0016	34,1
13	Camenca – Cubani	284	0,08	0,94	22,1	23,5	19,5	756	0,0013	26,4
14	Căldărușa – Cajba	79.5	0,04	0,97	28,6	29,5	16,1	709	0,0009	31,9
16	Delia – Pârlita	125	0,12	0,91	32,7	36,0	9,2	668	0,0005	37,4
20	Ialpug – Comrat	360	0,06	0,95	11,1	11,7	3,5	761	0,0005	12,2
21	Mussa – Comrat	83.5	0,06	0,95	22,9	23,9	2,5	582	0,0002	24,3
22	Lunga – Ceadâr-Lunga	370	0,05	0,96	5,2	5,4	4,2	941	0,0011	6,0
23	Salcia Mare – Musaitu	414	0,16	0,88	8,5	9,6	12,8	902	0,0017	11,6
24	Taraclia – Taraclia	103	0,05	0,96	34,2	35,6	8,6	957	0,0004	36,9
25	Cogâlnic – Hâncești	179	0,26	0,82	22,1	27,0	15,5	489	0,0013	29,3
37	Camenca – Camenca	387	0,14	0,90	9,3	10,3	52,4	753	0,0051	18,1
38	Beloci – Beloci	225	0,13	0,90	12,5	13,8	49,9	718	0,0043	21,3
39	Molochiș – Molochișul Mare	184	0,06	0,95	12,0	12,6	31	727	0,0033	17,3
40	Ciorna – Ciorna	307	0,18	0,87	23,1	26,5	28,3	763	0,0016	30,8
41	Râbnița – Andreevca	152	0,05	0,96	8,0	8,3	25	685	0,0039	12,1
42	Iagorlâc – Doibani	1220	0,03	0,98	7,0	7,2	19,5	763	0,0034	10,1
43	Răut – Bălți	1080	0,02	0,99	18,3	18,5	15,5	802	0,0013	20,8
44	Răut – Florești	3400	0,02	0,98	21,5	21,8	15	874	0,0010	24,0
45	Răut – Căzănești	4440	0,02	0,98	20,6	20,9	20,6	903	0,0013	24,0
46	Răut – Orhei	7050	0,06	0,95	17,7	18,5	22	837	0,0017	21,8
47	Răut – Jeloboc	7100	0,07	0,95	15,1	15,9	22,5	835	0,0019	19,3

A 4.2 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
48	Răuțel – Răuțel	95,5	0,01	0,99	28,2	28,4	18,8	716	0,0011	31,2
49	Cubolta – Cubolta	869	0,05	0,96	19,9	20,6	32,4	885	0,0020	25,5
50	Cainar – Sevirova	814	0,04	0,97	12,6	13,0	30,1	896	0,0027	17,5
51	Cartofleanca – Cotova	38,8	0,01	0,99	41,0	41,4	4,1	764	0,0002	42,0
52	Camenca – Gvozdova	172	0,02	0,98	31,0	31,5	20,7	908	0,0009	34,6
53	Pohoarna – Domulgeni	30	0,02	0,98	35,9	36,4	15,4	910	0,0006	38,7
54	Ciulucul Mic – Telenеști	566	0,13	0,90	19,5	21,6	12	635	0,0010	23,4
56	Cogâlnic – Cucuruzeni	221	0,05	0,96	13,0	13,5	13,5	834	0,0014	15,5
55	Cula – Hulboaca	468	0,07	0,95	39,1	41,3	11,1	620	0,0005	42,9
57	Ichel – Pașcani	562	0,36	0,77	12,7	16,5	8	616	0,0009	17,7
58	Bălțata – Bălțata	62,4	0,10	0,92	15,0	16,3	6,4	635	0,0007	17,2
66	Bâc – Călărași	296	0,35	0,77	19,7	25,5	10,2	627	0,0008	27,0
67	Bâc – Strășeni	781	0,31	0,79	22,7	28,7	13,4	635	0,0009	30,7
68	Bâc – Chișinău	882	0,25	0,82	19,1	23,2	12,8	649	0,0010	25,1
69	Pojarna – Sipoteni	122	0,61	0,66	24,1	36,6	12,4	599	0,0007	38,5
70	Ișnovăț – Sângera	343	0,23	0,84	9,9	11,8	6,5	623	0,0010	12,8
71	Botna – Căușeni	1210	0,16	0,89	11,5	12,9	6,2	665	0,0009	13,9

A 4.3

Aprecierea normei zonale a scurgerii de suprafață și a stratului scurgerii superficiale pentru regiunile peisajere din Republica Moldova

ID	Regiunea peisajeră	F, km ²	Norma zonală a scurgerii de suprafață, mm	Norma zonală a scurgerii superficiale, $\bar{S}'_{(sp)}$, mm
1	2	3	4	5
A1	Podișul de Silvestepă al Moldovei de Nord	3329	29,2	33,1
A2	Podișul de Silvestepă al Nistrului	3535	20	24,7
A3	Câmpia de Silvestepă a Prutului de Mijloc	2238	31,5	33,5
B1	Câmpia de Stepă a Cuboltei Inferioare	2014	20,7	24,5
B2	Dealurile de Stepă ale Ciulucurilor	1713	21	25,6
C1	Podișul de Silvestepă al Râbniței	1909	13,4	17,7
D1	Podișul Silvic al Codrilor de Vest	1860	27,8	29,5
D2	Podișul Silvic al Codrilor de Nord	1131	28,5	30,5
D3	Podișul Codrilor de Est	1904	14,7	16,7
D4	Podișul Codrilor de Sud	1693	19,4	21,1
E1	Depresiunea de Silvestepă a Săratei	1053	23,8	25,2
E2	Colinele de Silvestepă ale Tigheciului	1631	13,3	15,2
E3	Câmpia de Silvestepă a Bâcului	2101	11,3	12,8
E4	Câmpia de Silvestepă a Cogâlnicului	749	10	10,8

A 4.3 (continuare)

1	2	3	4	5
F1	Câmpia de Stepă a Hagiderului Superior	913	3,7	4,4
F2	Câmpia de Stepă a Cahulului	1322	5,3	8
F3	Câmpia de Stepă a Ialpușului	2256	9,7	10,7
G1	Câmpia de Stepă a Nistrului Inferior	2594	9,1	10,6

A 4.4

Rezultatele comparării normei zonale a scurgerii anuale (4.23) cu scurgerea climatică

№ din anexa 1.3	Raul – postul hidrometric	Suprafața bazinului, F km^2	Scurgerea totală zonală anuală:		$\frac{\hat{Y}_a}{\bar{Y}_{cl}}$
			naturală, $\hat{Y}_a$, mm	climatică, $\bar{Y}_{cl}$, mm	
1	2	3	4	5	6
10	Vilia – Bălăsinești	261	64,8	93	0,70
11	Draghiște – Trinca	225	58,5	90	0,65
12	Ciuhur – Bârlădeni	144	59,0	87	0,68
13	Camenca – Cobani	284	43,0	59	0,73
14	Căldărușa – Cajba	79,5	47,2	56	0,84
16	Delia – Pârlita	125	46,4	40	1,16
20	Ialpuș – Comrat	360	15,2	24	0,63
21	Mussa – Comrat	83,5	27,4	22	1,25
22	Lunga – Ceadâr-Lunga	370	10,2	21	0,49
23	Salcia Mare – Musaitu	414	22,8	21	1,09
24	Taraclia – Taraclia	103	44,8	21	0,98
25	Cogâlnic – Hâncești	179	42,1	38	1,11
37	Camenca – Camenca	387	61,6	68	0,91
38	Beloci – Beloci	225	68,5	58	1,18
39	Molochiș – Molochișul Mare	184	55,4	51	1,09
40	Ciorna – Ciorna	307	59,5	59	1,01
41	Râbnița – Andreevca	152	46,7	47	0,99
42	Iagorlîc – Doibani	1220	26,9	40	0,67
43	Răut – Bălți	1080	34,3	61	0,56
44	Răut – Florești	3400	36,8	62	0,59
45	Răut – Căzănești	4440	41,3	60	0,69
46	Răut – Orhei	7050	39,8	53	0,75
47	Răut – Jeloboc	7100	37,5	52	0,72
48	Răuțel – Răuțel	95,5	50,5	52	0,97
49	Cubolta – Cubolta	869	53,5	69	0,78
50	Căinar – Sevrova	814	43,6	68	0,64
51	Cartofleanca – Cotova	38,8	48,7	75	0,65
52	Camenca – Gvozdova	172	55,0	63	0,87
53	Pohoarna – Domulgeni	30,0	54,2	64	0,85
54	Ciulucul Mic – Telenești	566	33,5	43	0,78
56	Cogâlnic – Cucuruzeni	221	29,5	41	0,72
55	Cula – Hulboaca	468	53,5	46	1,16
57	Ichel – Pașcani	562	27,0	39	0,69
58	Bălțata – Bălțata	62,4	31,3	29	1,08

A 4.4 (continuare)

1	2	3	4	5	6
66	Bâc – Călărași	296	34,6	46	0,75
67	Bâc – Strășeni	781	40,1	42	0,95
68	Bâc – Chișinău	882	34,6	40	0,86
69	Pojarna – Sipoteni	122	46,8	49	0,96
70	Ișnovăț – Sângera	343	23,2	31	0,75
71	Botna – Căușeni	1210	21,3	26	0,82

A 4.5

Rezultatele determinării diminuării normei scurgerii anuale naturale sub influența lacurilor de acumulare

№ din anexa 1.3	Raul – postul hidrometric	Suprafața bazinului, km ²	Scurgerea naturală, $\hat{Y}_a$, mm/an	Diminuarea scurgerii în %, (4.27)	Diminuarea scurgerii în %, (4.28)
1	2	3	4	5	6
10	Vilia – Bălăsinești	261	64,8	2,5	9,8
11	Draghiște – Trinca	225	58,5	4,3	14,0
12	Ciuhur – Bârlădeni	144	59,0	1,4	4,8
13	Camenca – Cobani	284	43,0	3,7	9,0
14	Căldărușa – Cajba	79,5	47,2	5,7	16,1
16	Delia – Pârlița	125	46,4	4,3	14,1
20	Ialpug – Comrat	360	15,2	19,1	11,6
21	Mussa – Comrat	83,5	27,4	40,9	53,7
22	Lunga – Ceadâr-Lunga	370	10,2	1,0	0,3
23	Salcia Mare – Musaitu	414	22,8	0,4	0,6
24	Taraclia – Taraclia	103	44,8	0,4	2,0
25	Cogâlnic – Hâncești	179	42,1	2,6	7,7
40	Camenca – Camenca	307	59,5	1,2	5,1
42	Beloci – Beloci	1220	26,9	3,0	4,0
43	Molochiș – Molochișul Mare	1080	34,3	4,4	7,1
44	Ciorna – Ciorna	3400	36,8	3,0	5,5
45	Râbnița – Andreevca	4440	41,3	3,6	8,2
46	Iagorlâc – Doibani	7050	39,8	5,3	11,6
47	Răut – Bălți	7100	37,5	4,5	9,2
48	Răut – Florești	95,5	50,5	6,5	20,9
49	Răut – Căzănești	869	53,5	2,6	8,6
50	Răut – Orhei	814	43,6	1,4	3,3
51	Răut – Jeloboc	38,8	48,7	1,8	5,1
52	Răuțel – Răuțel	172	55,0	1,8	6,7
53	Cubolta – Cubolta	30,0	54,2	3,0	10,2
54	Cainar – Sevirova	566	33,5	11,6	20,1
56	Cartofleanca – Cotova	221	29,5	4,4	6,7
55	Camenca – Gvozdova	468	53,5	3,0	11,8
57	Pohoarna – Domlugeni	562	27,0	8,9	11,6
58	Ciulucul Mic – Telenești	62,4	31,3	0,6	1,3
66	Cogâlnic – Cucuruzeni	296	34,6	2,6	5,0

A 4.5 (continuare)

1	2	3	4	5	6
67	Cula – Hulboaca	781	40,1	2,5	6,4
68	Ichel – Pașcani	882	34,6	11,3	21,2
69	Bălțata – Bălțata	122	46,8	1,3	4,1
70	Bâc – Călărași	343	23,2	9,1	10,2
71	Bâc – Strășeni	1210	21,3	5,2	5,6

A 4.6

Indicatorii numerici ai schimbării normei scurgerii naturale sub influența evaporării suplimentare de pe suprafața lacurilor de acumulare din limitele regiunilor peisajere din Republica Moldova

ID	Regiuni peisajere	Suprafața, km ²	Suprafața lacurilor de acumulare, %	Scurgerea climatică, mm/an din fig. 2.17	$\hat{Y}_a$ (din harta 4.12)	Micșorarea scurgerii din relația (4.25-4.27), %
A1	Podișul de Silvestepă al Moldovei de Nord	3329	1,3	80,2	62,5	5,2
A2	Podișul de Silvestepă al Nistrului	3535	0,5	46	58,4	2,6
A3	Câmpia de Silvestepă a Prutului de Mijloc	2238	2,4	43,9	45,5	12,3
B1	Câmpia de Stepă a Cuboltei Inferioare	2014	1,4	59,6	67,4	6,4
B2	Dealurile de Stepă ale Ciulucurilor	1713	1,3	43,8	37,5	6,9
C1	Podișul de Silvestepă al Râbnitei	1909	0,2	42,9	49,7	1,1
D1	Podișul Silvic al Codrilor de Vest	1860	0,7	42,9	42,9	3,8
D2	Podișul Silvic al Codrilor de Nord	1131	1,1	34,4	45,5	6,6
D3	Podișul Codrilor de Est	1904	1,3	28,6	35,6	8,4
D4	Podișul Codrilor de Sud	1693	1,2	31,5	34,1	7,5
E1	Depresiunea de Silvestepă a Săratei	1053	0,8	30,4	31,5	5,1
E2	Colinele de Silvestepă ale Tigheciului	1631	0,4	22,2	17,2	3
E3	Câmpia de Silvestepă a Bâcului	2101	0,8	25,1	23,2	5,6
E4	Câmpia de Silvestepă a Cogâlnicului	749	0,7	23,5	19,4	5,1
F1	Câmpia de Stepă a Hagiderului Superior	913	1,3	23	17,8	9,3
F2	Câmpia de Stepă a Cahulului	1322	0,3	22,2	18,1	2,3
F3	Câmpia de Stepă a Ialpugului	2256	1,4	21,2	14,8	10,4
G1	Câmpia de Stepă a Nistrului Inferior	2594	0,9	26,3	24	6,1

Indicatorii numerici ai micșorării normei scurgerii naturale sub influența terenurilor arabile în limitele regiunilor peisajere din Republica Moldova

ID	Regiunea peisajeră	Terenuri arabile în anii 1975-2007, %	Micșorarea normei scurgerii, %, (4.32)
A1	Podișul de Silvostepă al Moldovei de Nord	60	6,0
A2	Podișul de Silvostepă al Nistrului	59	6,0
A3	Câmpia de Silvostepă a Prutului de Mijloc	50	5,8
B1	Câmpia de Stepă a Cuboltei Inferioare	68	6,2
B2	Dealurile de Stepă ale Ciulucurilor	56	5,9
C1	Podișul de Silvostepă al Râbniței	61	6,1
D1	Podișul Silvic al Codrilor de Vest	38	5,4
D2	Podișul Silvic al Codrilor de Nord	38	5,4
D3	Podișul Codrilor de Est	37	5,4
D4	Podișul Codrilor de Sud	46	5,7
E1	Depresiunea de Silvostepă a Săratei	55	5,9
E2	Colinele de Silvostepă ale Tigheciului	66	6,2
E3	Câmpia de Silvostepă a Bâcului	59	6,0
E4	Câmpia de Silvostepă a Cogâlnicului	66	6,2
F1	Câmpia de Stepă a Hagiderului Superior	74	6,4
F2	Câmpia de Stepă a Cahulului	68	6,2
F3	Câmpia de Stepă a Ialpușului	67	6,2
G1	Câmpia de Stepă a Nistrului Inferior	62	6,1

Rezultatele aprecierii modificării scurgerii naturale anuale (pentru bazinele de recepție analizate) sub impactul urbanizării teritoriului

Nº din anexa 1.3	Raul – postul hidrometric	Aria bazinului de recepție, km ²	Arii urbane, km ²	Pondere ariilor urbane	$\psi_{\eta} = 1 + 2,58 \cdot f_{ur}$	$k_{ur} = 1 + \psi_{\eta} f_{ur}$	Scurgerea naturală, $\bar{Y}_{an}$, mm/an	Scurgerea modificată, mm	Modificarea, % față de scurgerea naturală
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	Vilia – Bălăsinești	261	14,7	0,06	1,15	1,06	64,8	4,19	6
11	Draghiște – Trinca	231	12,8	0,06	1,14	1,06	58,5	3,71	6
12	Ciuhur – Bârlădeni	141	17,3	0,12	1,32	1,16	59	9,51	16
13	Camenca – Cobani	288	33,9	0,12	1,30	1,15	43	6,61	15
14	Căldărușa – Cajba	82,9	11,1	0,13	1,35	1,18	47,2	8,54	18
16	Delia – Pârlita	120	12,8	0,11	1,27	1,14	46,4	6,28	14
20	Ialpuș – Comrat	402	23,3	0,06	1,15	1,07	15,2	1,01	7

A 4.8 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Mussa – Comrat	10,8	0,64	0,06	1,15	1,07	27,4	1,85	7
22	Lunga – Ceadâr-Lunga	410	23,5	0,06	1,15	1,07	10,2	0,67	7
23	Salcia Mare – Musaitu	411	36,4	0,09	1,23	1,11	22,8	2,48	11
24	Taraclia – Taraclia	1095	68,2	0,06	1,16	1,07	44,8	3,24	7
25	Cogâlnic – Hâncesti	178	20,9	0,12	1,30	1,15	42,1	6,44	15
40	Camenca – Camenca	312	35,2	0,11	1,29	1,15	59,5	8,68	15
42	Beloci – Beloci	1235	10,7	0,01	1,02	1,01	26,9	0,24	1
43	Molochiș – Molochișul Mare	1071	123	0,12	1,30	1,15	34,3	5,12	15
44	Ciorna – Ciorna	3389	362	0,11	1,28	1,14	36,8	5,02	14
45	Râbnița – Andreevca	4410	464	0,11	1,27	1,13	41,3	5,52	13
46	Iagorlâc – Doibani	7135	729	0,10	1,26	1,13	39,8	5,14	13
47	Răut – Bălți	7202	735	0,10	1,26	1,13	37,5	4,84	13
48	Răut – Florești	96,7	8,22	0,09	1,22	1,10	50,5	5,24	10
49	Răut – Căzănești	873	92,8	0,11	1,27	1,14	53,5	7,25	14
50	Răut – Orhei	782	75,8	0,10	1,25	1,12	43,6	5,28	12
51	Răut – Jeloboc	39,0	5,62	0,14	1,37	1,20	48,7	9,61	20
52	Răuțel – Răuțel	168	15,4	0,09	1,24	1,11	55	6,20	11
53	Cubolta – Cubolta	30,7	3,49	0,11	1,29	1,15	54,2	7,96	15
54	Cainar – Sevirova	572	51,2	0,09	1,23	1,11	33,5	3,69	11
56	Cartofleanca – Cotova	270	22,5	0,08	1,22	1,10	29,5	3,00	10
55	Camenca – Gvozdova	469	51,2	0,11	1,28	1,14	53,5	7,49	14
57	Pohoarna – Domulgeni	621	66,4	0,11	1,28	1,14	27	3,68	14
58	Ciulucul Mic – Telenești	60,7	9,09	0,15	1,39	1,21	31,3	6,50	21
66	Cogâlnic – Cucuruzeni	283	29,8	0,11	1,27	1,13	34,6	4,63	13
67	Cula – Hulboaca	772	89,8	0,12	1,30	1,15	40,1	6,06	15
68	Ichel – Pașcani	927	114	0,12	1,32	1,16	34,6	5,60	16
69	Bălțata – Bălțata	121	11,2	0,09	1,24	1,12	46,8	5,39	12
70	Bâc – Călărași	350	49,6	0,14	1,37	1,19	23,2	4,49	19
71	Bâc – Strășeni	1245	98,7	0,08	1,20	1,10	21,3	2,03	10



MINISTERUL MEDIULUI AL REPUBLICII MOLDOVA

AGENȚIA „APELE MOLDOVEI”

MINISTRY OF ENVIRONMENT OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA
AGENCY OF WATER RESOURCES OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

str. Gh.Tudor,5, MD-2028, Chișinău • Tel.: (+373 22) 280 700 • Fax: (+373 22) 280 822 • e-mail: agentia_am@apele.gov.md

24.04.2017 Nr. 01-04/0389

ACT DE IMPLEMENTARE

A rezultatelor tezei de doctor în științe geonomice

“Evaluarea potențialului hidrologic a Republicii Moldova în condițiile modificărilor de mediu”

Prin prezenta se confirmă că rezultatele investigațiilor științifice, efectuate în cadrul tezei de doctor în științe geonomice cu tema **“Evaluarea potențialului hidrologic a Republicii Moldova în condițiile modificărilor de mediu”** realizată de Dl. Bejenaru Gherman, sunt implementate în perfecționarea metodicii de calcul a bilanțului de apă în bazinul râului Nistru. Metodica a fost aplicată în elaborarea softului specializat de calcul din cadrul proiectului “Adaptările la schimbările climatice în bazinul râului Nistru” coordonat de OSCE în perioada anilor 2014-2017.

Director adjunct

Radu CAZACU

MINISTERUL MEDIULUI
AL REPUBLICII MOLDOVA



MINISTRY OF ENVIRONMENT
OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

OFICIUL „SCHIMBAREA CLIMEI”

CLIMATE CHANGE OFFICE

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

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

20.04.2014 nr. 568/2014-04-04

La nr. _____ din _____

Părților interesate

ACT DE IMPLEMENTARE

a rezultatelor tezei de doctor în științe geonomice “Evaluarea potențialului hidrologic a Republicii Moldova în condițiile modificărilor de mediu”

Prin prezenta se confirmă că rezultatele cercetărilor științifice, efectuate în cadrul tezei de doctor în științe geonomice cu tema “Evaluarea potențialului hidrologic a Republicii Moldova în condițiile modificărilor de mediu” realizată de dl. Bejenaru Gherman, sunt implementate în aprecierile resurselor de apă de suprafață realizate de Oficiul Schimbarea Climei în perioada anilor 2011-2017 în cadrul proiectelor UEP/GEF “Republica Moldova: activități de abilitare privind elaborarea 1-ului Raport Bial Actualizat (BUR1) și celei de-a 4-a Comunicări Naționale (NC4) către Convenția-cadru a Organizației Națiunilor Unite (ONU) cu privire la schimbarea climei” și UNEP/GEF “Republica Moldova: Activități de Abilitare în vederea Pregătirii Comunicării Naționale Trei în cadrul Convenției-cadru a Națiunilor Unite privind schimbările climatice”;

Manager

Vasile Scorpan



MINISTERUL MEDIULUI
AL REPUBLICII MOLDOVA

**SERVICIUL
HIDROMETEOROLOGIC
DE STAT**

2072, mun. Chișinău, str. Grenoble, 134
tel. 022 773500, fax 022 773636
e-mail: hidrometeo@meteo.gov.md
www.meteo.md



MINISTRY OF ENVIRONMENT
OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

**STATE
HYDROMETEOROLOGICAL
SERVICE**

2072, Chisinau, Grenoble Street, 134
tel. 022 773500, fax 022 773636
e-mail: hidrometeo@meteo.gov.md
www.meteo.md

Nr. 078 din "15" aprilie 2017

ACT DE IMPLEMENTARE

A rezultatelor tezei de doctor în științe geonomice
**“Evaluarea potențialului hidrologic al Republicii Moldova
în condițiile modificărilor de mediu”**

Prin prezenta se confirmă că rezultatele investigațiilor științifice, efectuate în cadrul tezei de doctor în științe geonomice cu tema **“Evaluarea potențialului hidrologic al Republicii Moldova în condițiile modificărilor de mediu”** realizată de Dl. Bejenaru Gherman, au fost implementate în activitățile cotidiene de estimare a resurselor de apă la Centrul Cercetare și GIS, care a fost condus personal de Dl. Bejenaru Gherman în perioada anilor 2013-2016.

Prim Vice – Director al Serviciului
Hidrometeorologic de Stat



BĂLAN Violeta

MINISTERUL EDUCAȚIEI AL REPUBLICII MOLDOVA
UNIVERSITATEA DE STAT DIN TIRASPOL
FACULTATEA DE GEOGRAFIE

APROB

Prorector pentru Activitate Științifică și RI

L. Moșanu-Șupac Lora Moșanu-Șupac

„1” 20 16



ACT DE IMPLEMENTARE

Se confirmă că rezultatele investigațiilor științifice, obținute în cadrul elaborării tezei de doctor în științe geonomice, specialitatea - 166.02 - *Protecția mediului ambiant și folosirea rațională a resurselor naturale*, cu tema **Evaluarea potențialului hidrologic al Republicii Moldova în condițiile modificărilor de mediu**, realizată de către BEJENARU Gherman, au fost implementate în cadrul procesului instructiv-educativ la Facultatea de Geografie, UST în predarea următoarelor unități de curs: *Hidrologie* (ciclul I – licență), *GIS în Meteorologie, Climatologie și Hidrologie* și *GIS în protecția mediului* (ciclul II – master) în anul de studii 2016-2017.

Președintele Comisiei Metodice a facultății
Dr., conf. univ. interimar Cujbă V.

Cujbă V.

Autor
Bejenaru Gh.

Bejenaru Gh.

DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

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

BEJENARU Gherman

(semnătura)

09 iunie 2017

CURRICULUM VITAE



Gherman Bejenaru

Date de contact:

Chișinău, str. Grenoble 130/2, ap.49

Tel: +373 600 64 000

E-mail: gherman.bejenaru@gmail.com

Data și locul nașterii: 12.12.1970, Chișinău

Cetățenia: Republica Moldova

Studii superioare:

1987-1992, Universitatea de Stat din Tiraspol, facultatea Geografie, Diploma E-10989, eliberată la 17.08.1992;

1194-1997, Institutul de Cercetării științifice în domeniul Apelor și Îmbunătățirilor Funciare (ICAIF), doctorand

Domeniile de interes științific: Resursele de apă, Hidrologie, Meteorologie, Climatologie, Sisteme Geografice Informaționale

Activitate profesională:

1992-1994 – Lector asistent la Catedra Geografie Fizică Generală, UST;

1994-1997 – Doctorand, ICAIF;

1997-present – Lector superior, Catedra Geografie Generală, UST;

Studii adiționale:

07-18 Noiembrie, 2011	TEMPUS Advanced Training Course on GIS, Yerevan State University Architecture and Construction. 105 Teryan str, Yerevan, Armenia
08-10 Aprilie, 2014	Work in the software AQUARIUS, Chișinău Republic of Moldova
14-18 Aprilie, 2014	Work in the hydrodynamic HEC-geoRAS software, Chișinău Republic of Moldova
14-15 Decembrie, 2015	Delineation and Typology of Surface Water Bodies, Tbilisi, Georgia
Obținut la 2 Iunie, 2015	Elements of meteorology, Elements of hydrology, Flash Flood Guidance Products. Hydrologic Research Center, San-Diego, California, USA
Obținut la 7 August, 2015	Southeast Europe Flash Flood Guidance System Operations, four-week training program. Hydrologic Research Center, San-Diego, California, USA
16 Martie – 06 Aprilie, 2016	Advanced training “Advanced Webinar on Using NASA Remote Sensing for Flood Monitoring and Management”, National Aeronautics and Space Administration

25-26 Iunie, 2016	EEA/EC Compatible EPIRB Web-GIS Database System Training, Minsk, Belarus
08-10 Noiembrie, 2016	Post disaster needs assessment training, Certificate of Completion, Chişinău Republic of Moldova

Participări în proiecte științifice naționale și internaționale:

12.10.2016-31.12.2016	National consultant for Adaptation to Climate Change in the Dniester river basin
24.10.2016-25.12.2016	National Consultant in Vulnerability and Adaptation for the Third National Communication (TNC) Project
18.07.2016-29.07.2016	National consultant for United Nation Office at Geneva
11.12.2015-20.04.2016	National GIS consultant for Ungheni action plan
01.2014-07.2016	National consultant GEF-SGP Moldova through the Project “Improving the performance of environmental information in Republic of Moldova to comply with European standards”
28.02.2014-30.09.2014	National consultant for United Nation Office at Geneva
01.01.2013-02.04.2013	GIS consultant for European Union, through the project “Technical Assistance for the implementation of the Sector Policy Support Programme in the Water Sector, Moldova “
05.2013-09.2013	GIS consultant for World Bank through Water Supply and Sanitation Project Implementation Unit in the framework of the Project “Developing the Concept and Structure of Water Geographic Information System”
01.04.2013-01.06.2013	GIS consultancy for And Zoi environmental network
01.02.2012-30.06.2012	National Consultant in Vulnerability and Adaptation for the Third National Communication (TNC) Project
13.08.2012-31.08.2012	Local level Risk Assessment team Leader and trainer
03.2012-08.2012	GIS consultancy for MCA “Compact” Program, Irrigation Sector Reform Activity (ARSI), River Basin Management Sub-Activity
05.2012-11.2012	GIS and database consultancy for National Ecological Fund through Environmental Pollution Prevention Office in the framework of “Inventory of solid waste landfills in Central Development Region, Northern Region and Gagauzia and creating geospatial database on disposal sites network in Moldova” Project
09.2007-05.2008	GIS consultancy for NGO OIKUMENA through “Geoinformational support of biodiversity conservation in Moldova” Project
09.2006-05.2007	GIS consultancy for NGO OIKUMENA through “Elaboration of GIS Maps of the Prut river basin” Project

Participări la foruri științifice (naționale și internaționale):

Primea conferință științifică APELE MOLDOVEI, Chişinău, 1994 – *Unele probleme ale hidrologiei agricole în condițiile Moldovei*;

A treia conferință internațională științifico-practice “Apele Moldovei”, Chişinău, 1998 – *Расчет дождевых паводков применительно к задачам определения паводочного стока*;

Simpozionul jubiliar consacrat aniversării 30 ani de la formarea rezervației “Codrii” Lozova, 2001 – *Precipitațiile – factor de dezvoltare a cuverturii vegetale și protecția teritoriului contra degradării*;

Conferința a IV-a științifico-practică, Chilinău, 2012 – *Современное состояние и перспективы развития мониторинга водных ресурсов Молдовы*;

Conferința internațională ”Mediul și schimbarea climei: de la viziune la acțiune” Chișinău, 2015 – *Перспективы использования водных ресурсов бассейна Днестра*;

Simpozionul Internațional Științifico-Practic „Utilizarea eficientă a resurselor hidrofunciare în condițiile actuale – realizări și perspective”, UASM, 2016 – *Оценка изменения водных ресурсов рек республики Молдова под влиянием агротехнических мероприятий*;

Conferința „Mediul și dezvoltarea durabilă”. Ediția a III-a, 2016 – *Роль урбанизации речных склонов при формировании водных ресурсов на реках Республики Молдовы*.

Lucrări științifice și științifico-metodice publicate – monografii – 2; Reviste de categoria B – 2; Reviste de categoria C – 2; Articole în culegeri științifice – 12, Studii științifice, ediții documentare – 3.

Apartenența la societăți/asociații științifice naționale

Asociația Geografilor din Moldova

Comitetul Districtului Bazinului Nistru

Comitetul Districtului Bazinului Prut

Cunoașterea limbilor: română – limba maternă, engleza – bine, rusă – excelent.

Cunoașterea calculatorului – instrument profesional de lucru