

MINISTERUL EDUCAȚIEI AL REPUBLICII MOLDOVA
INSTITUTUL DE ECOLOGIE ȘI GEOGRAFIE

Cu drept 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

Autoreferatul tezei de doctor în științe geonomice

CHIȘINĂU, 2017

Teza s-a elaborat în laboratorul Geografia Peisajelor, Institutul de Ecologie și Geografie

Conducător științific:

MELNICIUC Orest, doctor habilitat în științe geografice, conferențiar universitar

Referenți oficiali:

MORARU Constantin, doctor habilitat în geologie, conferențiar cercetător

BOBOC Nicolae, doctor în geografie, conferențiar universitar

Componenta consiliului științific specializat:

NEDEALCOV Maria, **președinte**, doctor habilitat în geografie, profesor universitar

BEJAN Iurii, **secretar științific**, doctor în geografie, conferențiar universitar

SOFRONI Valentin, doctor habilitat în geografie, profesor universitar

GREBENI Vasiliu, doctor habilitat în geografie, Ucraina

ARNAUT Nicolae, doctor în geografie, conferențiar cercetător

Susținerea va avea loc la 14 iulie 2017, ora 14:00

în ședința Consiliului științific specializat (D 12. 166.02 - 01)

din cadrul Institutului de Ecologie și Geografie,

Chilinău, str. Academiei 1, bir. 352

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

Autoreferatul a fost expediat la _____

Secretar științific al Consiliului științific specializat,

BEJAN Irii, doctor în geografie, profesor universitar



Semnătura

Conducător științific,

MELNICIUC Orest, doctor habilitat în științe geografice,

conferențiar universitar

Semnătura

Autor

BEJENARU Gherman

Semnătura

Repere conceptuale ale cercetării

Actualitatea și nivelul de studiu a temei investigate. Problema cercetării resurselor de apă afectează toate laturile problemelor socio-economice ale Republicii Moldova. Resursele de apă locale ale Republicii, situate într-o zonă cu umiditate insuficientă și surplus de căldură, constituie doar 6,7% din tot fluxul de umiditate pe teritoriul țării. Din aceste considerente aprecierea resurselor de apă poate fi realizată, cu o argumentare științifică suficientă, nu numai prin prelucrarea statistică a datelor multianuale, dar și prin analiza și aprecierea bilanțului hidrotermic al teritoriului Republicii Moldova.

Pentru o dezvoltare normală a forțelor de producție a Republicii Moldova, resursele de apă au o importanță deosebită, care este în strânsă legătură cu utilizarea râurilor în activitatea de gospodărire. Pentru asigurarea consumului comunal, necesităților agroameliorative, recreație, piscicultură și chiar pentru dezvoltarea infrastructurii ariilor urbanizate, resursele locale de apă sunt mai rentabile economic decât scurgerea de tranzit a fluviului Nistru și râului Prut.

Actualitatea reală a temei tezei constă în elaborarea principiilor științifice și practice de aplicare a aprecierii individuale a componentelor bilanțului hidrotermic, parte componentă a cărora sunt resursele de apă.

Drept moment cheie a cercetărilor în această direcție trebuie de considerat argumentarea caracteristicilor statistice stabile a resurselor de apă, a dinamicii lor în timp și spațiu.

O actualitate deosebită au cercetările aprecierii influenței factorilor antropici, precum și a schimbării climei asupra componentelor bilanțului de apă.

Subiectului aprecierii resurselor de apă a Republicii Moldova sunt dedicate multiple cercetări teoretice și practice. Deosebită atenție merită cercetările prof. Lalîkin N. [14], care a elaborat clasificarea genetică a resurselor de apă și care a propus algoritmul sistemului metodologic pentru aprecierea practică a normei scurgerii anuale în condițiile bazinelor de recepție slab studiate.

Un aport considerabil în teoria și practica determinării caracteristicilor scurgerii a fost și elaborarea noului document normativ, care asigură cerințele generale necesare în aprecierea resurselor de apă în prezența informației, insuficiența sau lipsa completă a acesteia. Aici merită de apreciat aportul prof. Melniciuc O.

Studiile descrise în literatură a autorilor Bevza G., Slastihin V., Mocleac V., Onufrienco L., Caganer S., care țin de generalizarea materialelor observațiilor asupra resurselor de apă, realizate în comun pentru teritoriul Republicii Moldova și Ucrainei, sunt deja învechite în pofida insuficienței informației și argumentării slabe a metodologiei de calcul. Rezultat ale acestor cercetări, de regulă, au fost materiale cartografice, parametri statistici care generalizau normele scurgerii anuale fără evidența factorilor intrazonali și azonali, inclusiv impactul factorilor antropici și încălzirea climei.

În a doua jumătate a sec. XX, s-a format o direcție nouă – genetică, de cercetare a scurgerii anuale, aplicată pentru principalele surse de alimentare a râurilor. Aceste cercetări au permis da a identifica principalele particularități a influenței împăduririi, înmlăștinirii, orografiei și structurii geologice asupra scurgerii râurilor, demonstrând posibilitățile aprecierii reale a influenței factorilor intrazonali și azonali asupra componentelor subterane și de suprafață a scurgerii. La baza dezvoltării acestor direcții stau cercetările prof. Befani A., Gopcenco E., Loboda N. și Melniciuc O.

Din aceste considerente, cercetările prezentate în teză sunt dedicate aplicării metodei genetice în studiul și determinarea resurselor de apă ale Republicii Moldova.

Scopul lucrării: Aplicarea generalizărilor genetico-statistice a componentelor bilanțului hidrotermic în aprecierea resurselor apelor de suprafață și subterane în condițiile modificărilor peisajelor prin activitățile de gospodărire și încălzirii globale a climei.

Obiectivele de cercetare:

1. Generalizarea și aprecierea parametrilor statistici a componentelor bilanțului hidrotermic și principiilor de prelucrare a informației multianuale în baza monitoringului hidrometeorologic al Republicii Moldova și teritoriilor aferente din

- România și Ucraina, precum și sistematizarea, modelarea și cartografierea caracteristicilor naturale și antropice a suprafeței subiacente a peisajelor;
2. Studiarea legităților spațial-temporale a modificărilor resurselor hidrotermice, ca componente a bilanțului hidrologic ale sistemelor peisagistice și bazinale;
 3. Aprecierea resurselor climatice de apă și a componentelor genetice a scurgerii naturale anuale în limitele sistemelor peisagistice și bazinelor hidrografice;
 4. Studiarea impactului principalelor tipuri de activitate de gospodărire asupra modificării caracteristicilor scurgerii naturale anuale prin aplicarea modelelor stohastico-deterministe;
 5. Elaborarea principiilor de modelare a bilanțului de apă a uscatului sub influența încălzirii globale și aprecierea posibilelor schimbări ale resurselor interne de apă a Republicii Moldova.

Metodologia cercetării științifice. Realizarea cercetărilor științifice în elaborarea metodelor genetice de determinare a componentelor scurgerii anuale se bazează pe aplicarea principiilor analizei stohastice și deterministe. Realizarea principiilor stohastice de cercetare se bazează pe teoria statisticii matematice a analizei sistemice și factoriale. Analiza deterministă se bazează pe generalizarea fizico-matematică a componentelor bilanțului hidrotermic.

Principiile metodologice în determinarea și aprecierea factorilor antropici se bazează pe aplicarea metodei de comparare a caracteristicilor scurgerii în stare naturală și afectată de activitatea de gospodărire. Paralel se aplică metoda aprecierii bilanțului de gospodărire în aprecierea captărilor și deversărilor nemijlocit în sistemele fluviale. Modelele matematice existente, în esența sa, descriu evoluția sistemului hidrologic și permit, în final, aprecierea influenței antropice de gospodărire exprimată prin **valoare numerică** – coeficient de impact antropic.

În realizarea cercetărilor s-au folosit materialele monitoriungului SHS și organizațiilor respective din țările vecine cu perioada comună de măsurători instrumentale asupra bilanțului de apă, precum și materialele despre caracterul suprafeței subiacente și utilizarea terenurilor. Legitățile ciclice stabilite au servit la determinarea normelor componentelor bilanțului hidrotermic.

Pentru analiza impactului schimbărilor climatice asupra resurselor de apă s-au utilizat recomandările OMM.

Noutatea științifică și originalitatea lucrării: pentru prima dată se propune aplicarea concepției genetice de cercetare a normei componentelor scurgerii anuale de suprafață și subterane pentru regiunile peisagistice și bazinale, precum și a altor unități teritoriale ale țării. Au fost elaborate principiile metodice de apreciere a modificării bilanțului hidrotermic al regiunilor peisagistice ale țării în condițiile modificărilor antropice și încălzirii globale a climei.

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

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

Valoarea aplicativă a lucrării. Rezultatele obținute, adițional la noile Normative în Construcții CP D.01.05-2012, sporesc siguranța și eficiența determinării caracteristicilor hidrologice de bază a scurgerii anuale la elaborarea proiectelor de construcții în domeniul gospodăririi apelor, protecției mediului și folosirii raționale a resurselor de apă ale Republicii Moldova.

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.

Publicații la tema tezei. Rezultatele obținute au fost publicate în 8 lucrări științifice.

Volumul și structura tezei. Teza este constituită din Introducere, 4 capitole și concluzii generale, bibliografie din 141 titluri, 118 pagini text de bază, 41 tabele, 59 figuri și 35 anexe.

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

CONȚINUTUL TEZEI

În **Introducere** sunt expuse argumentele privind actualitatea și gradul de studiu a problemei înaintate; este formulat scopul și trasate obiectivele conform cărora s-au efectuat cercetările; demonstrată noutatea științifică a lucrării, estimată valoarea teoretică și aplicativă a rezultatelor; este expusă informația privind aprobarea și implementarea rezultatelor; informația privind volumul și structura tezei.

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 literatura contemporană de cercetare a bilanțului hidrotermic este cercetat un complex de subiecte, care se referă la aprecierea individuală a componentelor bilanțului și, de menționat, sarcina se soluționează astfel, încât sunt studiate două componente, de exemplu umiditatea și evaporarea, cu o deducere ulterioară a componentului următor – scurgerii râurilor.

Așa metodă are anumite neajunsuri, în funcție de faptul, că cele două argumente – umiditatea și evaporarea, se determină independent, prin prelucrare specială a datelor observațiilor multianuale. Noi am folosit o concepție puțin diferită, care se bazează pe analiza comună a bilanțului termic și hidric. Sarcina dată se soluționează prin generalizarea indicatorilor bilanțului de radiație, temperaturii aerului și, în același timp, a resurselor de apă.

Așa model include în sine atât elemente deterministe, cât și analize stohastice. În finalul acestor cercetări noi am obținut un șir de caracteristici inițiale ale bilanțului de radiație a Republicii Moldova, care ulterior sunt transformate în echivalentele termoeenergetice ale climatului.

Aplicarea sistemului logic de analiză a componentelor bilanțului hidrotermic a permis de a identifica specificul legităților variației spațio-temporare a valorii consumului, din punct de vedere a scurgerii râurilor – valorii evaporării sumare de pe suprafața uscatului, care reprezintă caracteristică cea mai dificil de apreciat. La un așa procedeu nu mai este nevoie de evidențiat rezervele de umiditate din sol, deficitul de umiditate din aer și un șir de alte caracteristici termice și pedo-botanice, care sunt aplicate în modelele Budyko M., Constantinov A. ș.a.

Aprecierea echivalentului hidrotermic al climei, mai precis a evaporării potențiale în condițiile aprecierii complete a componentei pozitive a bilanțului de radiație, permite estimarea practică a valorii evaporării globale de pe uscat, principiile metodice a acestor aprecieri fiind propuse de către Mezențev V. (1960)

Această cale de cercetare a dezvăluit posibilitatea evaluării valorii zonale absolute a **scurgerii climatice**, care, în final, a permis determinarea nivelului de variație a caracteristicii respective sub influența activității antropice și încălzirii globale a climei.

1.2. Principiile de estimare a modificărilor bilanțului hidrotermic sub influența factorilor antropici. De menționat, că atât partea pozitivă a bilanțului de radiație cât și schimbul termic cu atmosfera sunt dependente de caracterul suprafeței subiacente și structura utilizării terenurilor. Aprecierea acestei interacțiuni s-a realizat prin intermediul caracteristicilor albedoului suprafeței terestre, ceea ce a permis determinarea gradului de diminuare a capacității de reflectare a radiației solare a diferitelor tipuri de suprafețe de teren modificate.

Esența aprecierii impactului factorilor antropici asupra bilanțului hidrotermic s-a redus la aplicarea coeficientului de impact antropic, care reprezintă raportul caracteristicilor bilanțului hidrotermic la valoarea scurgerii climatice. În final aceasta a permis aprecierea caracteristicilor

modificate ale componentelor bilanțului hidrotermic prin multiplicarea coeficientului impactului antropic K_A la scurgerea climatică Y_{cl} , adică $Y_A = K_A Y_{cl}$.

Modelul dat permite aprecierea impactului unui anumit factor (regularizarea scurgerii, măsurile agrotehnice, urbanizarea, irigarea și utilizarea apei) sau a impactului sumar al acestor factori asupra resurselor de apă.

2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

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

Este știut că veridicitatea rezultatelor aprecierii resurselor de apă sunt garantate de calitatea informației hidrometeorologice primare.

În lucrare s-au utilizat materialele rețelei de monitoring meteorologic al SHS, care include măsurătorile observațiilor de la 18 stații și 61 posturi, care cuprind datele observațiilor multianuale a precipitațiilor și temperaturii. Gradul de deplinătate a informației date uneori nu asigură valoarea admisibilă a erorilor caracteristicilor respective. Analiza datelor indică, că 30% din punctele de observații cuprind o perioadă nu mai lungă de 30 ani. Cel mai bine sunt monitorizate bazinele hidrografice din partea de nord și centrală a țării, unde sunt concentrate 58 puncte de observații. Subiectul densității punctelor de observații meteorologice s-a soluționat prin raionarea Republicii în trei regiuni – Nord, Centru și Sud. Calculele denotă o repartitie extrem de neuniformă a stațiilor de monitoring pe teritoriul Republicii Moldova. De exemplu, regiunile de Nord și Centru ocupă 70% din suprafața țării, unde densitatea punctelor de observații constituie 380 km² pentru un punct. Regiunii de Sud îi revin 603 km² pentru un punct.

Dacă admitem, că un punct meteorologic (stație, post) reprezintă o suprafață de 428 km² și are formă de cerc cu o rază de R_x în centrul căruia se află punctul meteorologic, atunci valoarea acestei raze va fi egală cu jumătate din distanța L_x dintre punctele de observații:

$$\frac{L_x}{2} = R_x = \sqrt{\frac{f_x}{\pi}}, \quad (1)$$

unde f_x – suprafața, care reprezintă densitatea punctelor meteorologice de monitoring din regiunile adoptate. Conform acestor date valoarea $L_x/2$, calculată prin formula (1) va fi: pentru regiunea de sud – 14 km; pentru nord și centru – 11 km și în mediu pe țară – 12 km.

În final, analiza interpolării spațiale a principalului component meteorologic – precipitațiilor, indică că, erorile interpolării depășesc valorile admisibile. La o distanță medie dintre punctele de observații de 24 km – eroarea medie pătrată oscilează în limitele de la 9,5% la $C_v=0,10$ și până la 19,1% la $C_v=0,40$.

În lucrare s-au utilizat datele observațiilor scurgerii râurilor țării în 40 secțiuni hidrometrice și din regiunile țărilor vecine: România – 9 secțiuni și Ucraina – 16 secțiuni. Densitatea secțiunilor hidrometrice constituie 1 punct la 1127 km².

Analiza demonstrează, că deplinătatea studiului scurgerii râurilor, în general nu este uniformă. Numărul de posturi cu o perioadă neîntreruptă de observații de peste 50 ani constituie doar 26% din numărul total, pe când numărul posturilor cu un șir neîntrerupt de date ale observațiilor de la 20 la 30 ani constituie 56%.

În calitate de informație de bază pentru ajustarea scurgerii anuale a râurilor la un ciclu reprezentativ de ani se folosesc râurile analog din componența rețelei existente a punctelor de monitoring, unde există șiruri deosebit de lungi a măsurătorilor scurgerii anuale de 45 și mai mulți ani. În limitele teritoriului studiat, la starea anului 2010, s-au folosit 21 de bazine de recepție analog, cu suprafețe de recepție de la 60 la 7100 km², precum și scurgerea intermediară a fl. Nistru pe sectorul dintre secțiunile hidrometrice or. Bender și or. Zaleshiki, ajustată la perioada multianuală de observații (1881-2010).

2.2. Principiile metodice de apreciere a scurgerii climatice. Materialele sistematizate a observațiilor multianuale asigură complexul cercetărilor, care cuprind atât caracteristicile climatice, cât și hidrologice. Problema se reduce la faptul, că la un nivel de studiu incomplet a componentelor bilanțului hidrotermic, obținerea datelor sigure pentru calcule de gospodărire a

apelor și calcule hidroecologice, este posibil doar prin aplicarea metodelor contemporane de cercetare.

În sens științific larg, în geografia contemporană își găsesc aplicare metodele deterministe și stohastice. La realizarea temei propuse noi m aplicat metodele bilanțului hidric și termic, care asigură determinarea interdependențelor la nivel de legitate fizică a proceselor hidroclimatice. Dacă considerăm metodele bilanțului hidric și termic drept procedeu de bază a cercetării factorilor hidrologici și climatici ai mediului, atunci aprecierea lor necesită aplicarea unui întreg complex de argumentări matematice și fizice. Pentru aceasta s-a aplicat pe larg un complex de metode și procedee deterministe și stohastice. Din procedeele stohastice, în studiul componentelor bilanțului nominalizat, pe larg au fost aplicate aprecierile parametrilor statistici a oscilațiilor staționare și nestaționare din venitul și pierderile bilanțului de apă.

Principiul fizic al analizei se bazează pe utilizarea teoriei genetice a scurgerii. Terminul „geneză”, presupune identificarea legităților interacțiunii dintre toți factorii scurgerii – zonali, azonali și intrazonali.

La analiza legităților temporale a modificărilor componentelor bilanțului hidrotermic noi am folosit metodele statisticii matematice și a teoriei probabilității. La analiza spațială a componentelor bilanțului hidric este necesar aplicarea analizei factoriale și sistemice.

Ținând cont de evaluarea scurgerii climatice prin ecuația bilanțului hidrotermic, în teză s-a realizat un complex de cercetări pentru evaluarea componentei pierderilor acestui bilanț, adică evaporării globale de pe uscat. Componenta termoeenergetică – radiația solară, s-a generalizat prin prelucrarea statistică a componentelor bilanțului de radiație [16, 17, 18]:

$$R^+ + P^+ = LE_{max} , \quad (2)$$

de unde

$$E_{max} = \frac{R^+ + P^+}{L} . \quad (3)$$

Aici R^+ – componenta pozitivă a bilanțului de radiație, egală cu diferența dintre radiația globală de undă scurtă a Soarelui și bilanțul radierii de undă lungă a suprafeței terestre, scăzând radieria atmosferei în orele de zi și parțial de amurg; P^+ componenta pozitivă a schimbului turbulent (căldura de advecție); LE_{max} – căldura de condensare a vaporilor din aer pe elementele suprafeței terestre.

Deoarece observațiile asupra parametrilor ecuațiilor (2) și (3) se realizează doar la stația actinometrică Chișinău, noi am folosit și datele din teritoriile aferente a țărilor vecine: Ucraina și România. În total au fost utilizate datele a 11 stații cu un complex întreg de observații asupra radiației solare.

Datele măsurătorilor de la aceste stații au servit ca suport informațional în modelarea cartografică a radiației globale și bilanțului de radiație (aportul și consumul de radiație).

Modelarea cartografică a echivalentului hidrotermic necesită o densitate mai mare a stațiilor. Din aceste considerente au fost utilizate datele stațiilor adiționale, care monitorizează durata strălucirii soarelui și temperatura aerului.

În rezultat, s-au alcătuit ecuațiile de regresie, care corelează E_{max} cu durata strălucirii soarelui și suma temperaturilor medii lunare din perioada caldă a anului $\sum_V^{IX} \bar{t}_M$.

$$\bar{E}_m = 13,3 \sum_V^{IX} \bar{t}_M - 307, \text{ mm}. \quad (4)$$

De menționat, că funcția dată pe larg se aplică în diferite regiuni ale lumii [17, 18]. Însă, în opinia noastră, ea nu corespunde cerințelor fizice în intervalul limită, când $\sum_V^{IX} \bar{t}_M \rightarrow 0$. În acest caz echivalentul $\bar{E}_m = 307 \text{ mm}$, fiind, astfel, o valoare nedefinită.

Suplimentar la aceste calcule am folosit o metodă mai eficientă, care se reduce la ecuația de regresie dintre $R^+ + P^+$ și $\bar{E}_m$ în funcție de durata medie multianuală a strălucirii soarelui S . În final funcțiile vor avea forma:

$$R^+ + P^+ = 1,10 \cdot S, R^2=0,98 \quad (5)$$

$$\bar{E}_m = 0,439 \cdot S, R^2=0,98 \quad (6)$$

Datorită faptului că veridicitatea ecuațiilor (5) și (6) s-a dovedit a fi mai înaltă în raport cu ecuația (4), modelarea cartografică a acestor funcții s-a realizat pentru rețeaua de stații suplimentare, care efectuează observații asupra duratei strălucirii soarelui.

Caracteristica coeficientului termooenergetic E_{max} apreciată prin ecuația (6) și datele factologice a strălucirii soarelui au fost generalizate în baza modelării cartografice pentru tot teritoriul Republicii Moldova și pe regiuni peisagistice (fig. 1, 2).

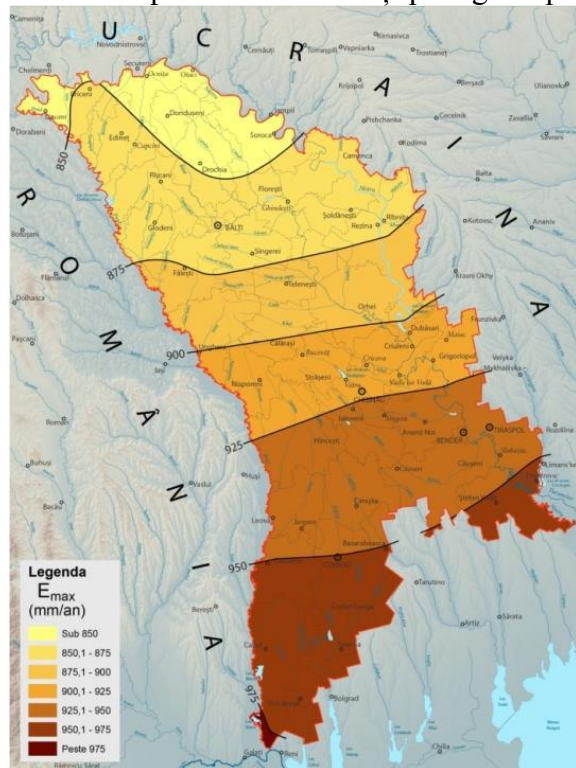


Fig. 1. Echivalentul evaporației potențiale, E_{max} , mm

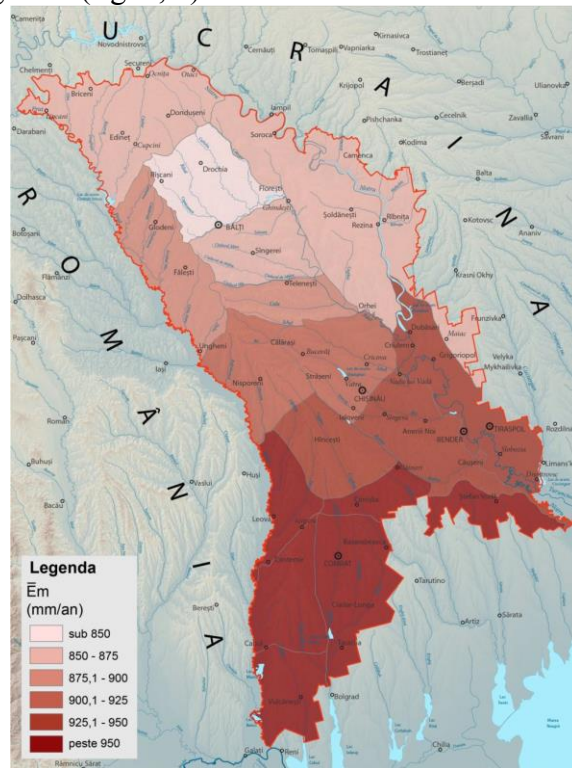


Fig. 2. Valorile echivalentului evaporației potențiale E_{max} , pe regiuni peisagistice

Trecerea de la evaporarea potențială la evaporarea globală E_{US} , conform Mezențev V., Loboda N. și Gopcenco E., necesită de asemenea determinarea resurselor de umiditate.

Evaluarea resurselor de umiditate se bazează pe materialele observațiilor la rețeaua de monitoring național a Republicii Moldova (cap. 2.1). Analiza temporală și spațială a normei precipitațiilor anuale, inclusiv calculul coeficienților de variație, asimetrie și autocorelare, s-a realizat în baza prelucrării statistice a informației de la 18 stații și 61 posturi. Rezultatele calculului indică, că valorile lor posedă o dinamică diferită, care depinde de factorii zonali și azonali, și de factorii suprafeței subiacente. Pentru aprecierea siguranței (probabilităților erori) s-au aplicat diferite abordări metodice. Pentru aceasta, inițial, s-au studiat erorile interpolării spațiale a precipitațiilor, prin aplicarea așa ziselor *funcții de corelare spațială* [22] (FCS, fig. 3).

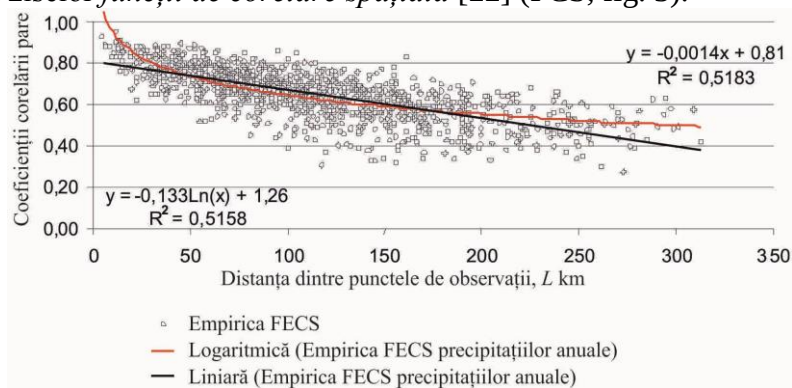


Fig. 3. Funcția de corelare spațială (FCS) a normelor precipitațiilor anuale

Aproximarea analitică a funcției empirice permite aprecierea omogenității și veridicității generalizării spațiale. Conform fig. 3 funcția empirică a coeficienților corelării pare $r(l_{jk})$ de distanța dintre centrele de greutate a bazinelor de recepție (l_{jk}) se aproximează prin ecuația liniară

$$r(l_{jk}) = 0,81 - 0,0014l \quad (7)$$

În acord cu concluziile lui Alexeev G., [6] în cazul când (l_{jk}) tinde spre zero, coeficientul corelării pare din ecuația (7) va fi $\tilde{r}(0) = 0,81$. Valoarea coeficientului de corelare pară caracterizează **măsura erorii aleatorii (greșelilor) datelor inițiale** a observațiilor, care se va determina prin egalitatea $\eta_{\Delta x} = \sqrt{1 - \tilde{r}(0)} = \sqrt{1 - 0,81} = 0,44$. Dispunând de informația despre variabilitatea precipitațiilor anuale, care se află în intervalul 0,17-0,27, putem determina diapazonul erorilor medii pătrate a interpolării spațiale a precipitațiilor anuale prin coraportul $\varepsilon_{\Delta x} = \eta_{\Delta x} C_{V_X}$. Rezultatele aprecierii parametrilor statistici sunt prezentați în tab. 1.

Tabelul 1

Parametrii statistici și erorile determinării caracteristicilor precipitațiilor atmosferice pe teritoriul Republicii Moldova

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

Astfel, datorită variabilității modeste în timp, diapazonul erorilor pătrate a interpolării vecine dintre punctele de observații se află în limitele valorilor admisibile.

Suplimentar la caracteristicile erorilor apare necesitatea aprecierii omogenității statistice a eșantioanelor precipitațiilor anuale. Tehnologia acestor calcule se realizează prin transformările Fisher. Rezultatele acestor calcule indică, că funcția de corelare spațială se consideră omogenă în acord cu calculele noastre.

Analiza oscilațiilor ciclice a precipitațiilor anuale în limitele Republicii Moldova includ procedeele de determinare a erorilor probabile la condiția, că perioada observațiilor reale asupra precipitațiilor este mai mică decât perioada ciclului finit a oscilațiilor sale.

Sunt cunoscute câteva metode de analiză a oscilațiilor ciclice: metoda mediei glisante, mediei dinamice și metoda funcțiilor da autocorelare. În același timp cea mai reprezentativă și accesibilă metodă se bazează pe construirea curbelor integrale diferențiate, care reprezintă suma consecutivă a devierilor normate a precipitațiilor anuale, și anume:

$$\sum_1^N \left(\frac{x_i}{x_0} - 1 \right) = \sum_1^N (K_i - 1) = f(N) \quad (8)$$

Ca regulă curbele integrale construite prin ecuația (8) se aplică pentru aprecierea sincronității modificării precipitațiilor anuale sau a altor caracteristici. Analize de așa gen au permis identificarea caracterului sincron al procesului de oscilare pentru trei regiuni din Republica Moldova (fig. 4).

Figura 4 reprezintă curbele integrale ale precipitațiilor atmosferice la trei stații meteorologice (Sorocea, Chișinău, Cimișlia) cu o perioadă de observații de peste un secol. Analiza denotă caracterul multianual de oscilații confirmă o sincronitate înaltă în variația precipitațiilor în limitele teritoriului Republicii Moldova. Se evidențiază evident fazele de creștere și scădere a curbei integrale cu un ciclu practic simetric. Faza de scădere ocupă 63 ani, din anul 1890 până în 1953 și faza de creștere – 57 ani, din 1953 până în 2010.

Variabilitatea precipitațiilor anuale justifică apariția erorilor în determinarea normei precipitațiilor anuale, când perioada de observații nu cuprinde un ciclu complet. De exemplu, dacă dispunem de date din 1953 până în prezent, atunci valoarea medie aritmetică pentru această perioadă va fi peste normă, deoarece coeficientul modul aici va fi 1,10. Astfel, valoarea dată nu poate fi extrapolată pe viitor.

Pentru generalizarea geografică a caracteristicilor precipitațiilor anuale apare necesitatea formulării principalelor cerințe și sarcinilor modelării spațiale. Alegerea metodei modelării

cartografice depinde de coraportul dintre influența factorilor zonal (climatici) și azonal (orografici).

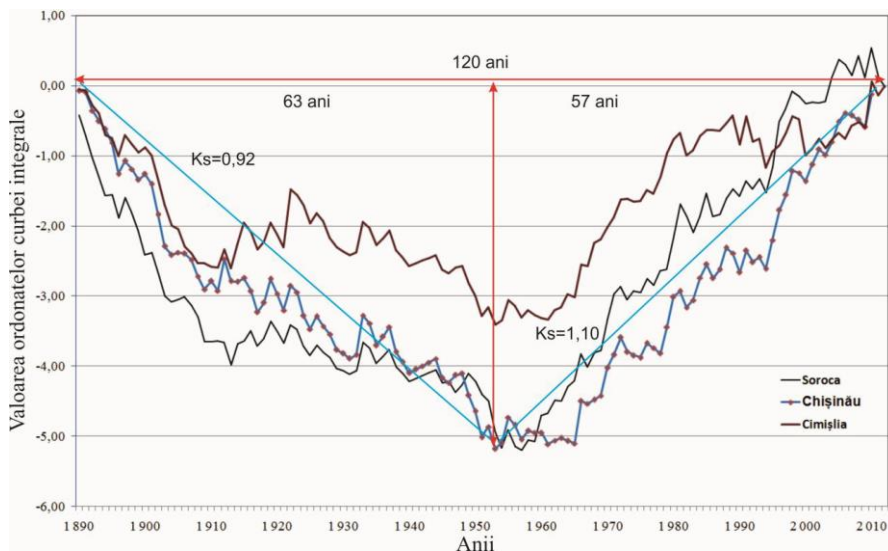


Fig. 4. Curbele normate integrale combinate a oscilațiilor precipitațiilor anuale

În cazul dominării elementelor climatice se aplică metoda interpolării, rezultatele căreia sunt prezentate în fig. 5. La predominarea factorilor zonal se propune funcția empirică dintre altitudinea punctului de observații meteorologice (H) și coordonatele geografice – latitudinea (φ) și longitudinea (ψ), caracteristici cartografiate în fig. 6.

$$X_0 = (a'\varphi - b')H + (c - d\psi) \quad (9)$$

Aici valorile numerice a parametrilor regionali din ecuația (9) s-au obținut prin analiză de regresie. În final valorile lor numerice sunt: $a' = 0,295$; $b' = 13,6$; $c = 1095$; $d = 21,0$.

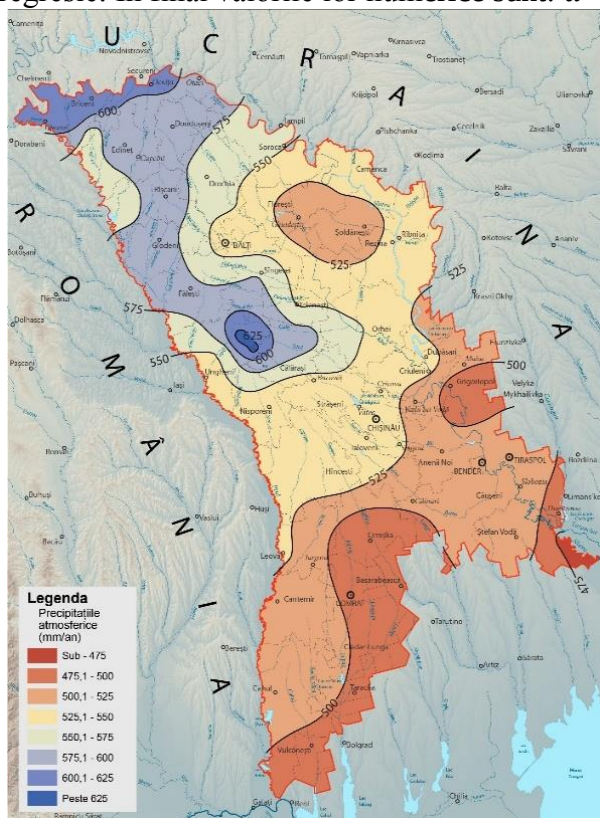


Fig. 5. Modelul hărții repartiției precipitațiilor anuale elaborată prin metoda interpolării

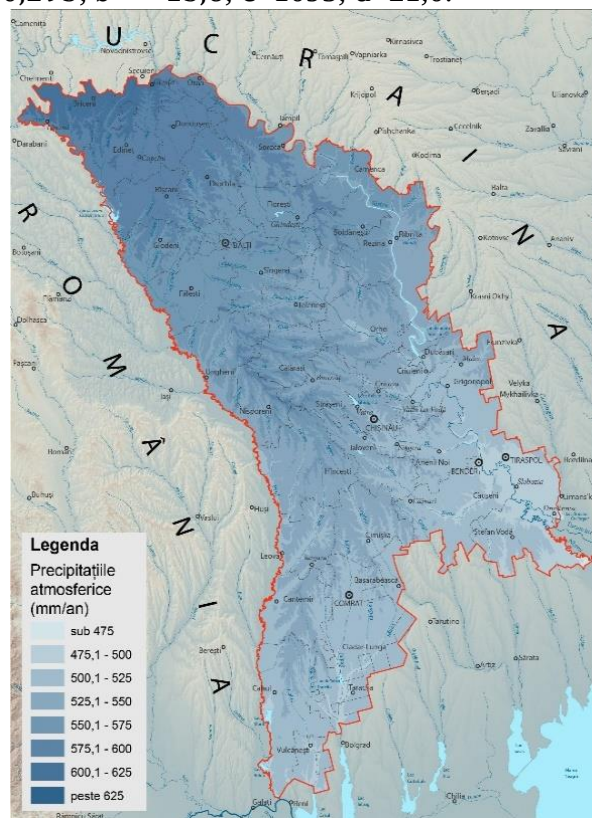


Fig. 6. Modelul hărții repartiției precipitațiilor anuale elaborată prin metoda regresiei (9)

Aplicarea practică a metodei interpolării are avantajul prin faptul că utilizând hartă, este posibil de determinată valoarea oricărui punct. Metoda regresiei asigură aprecierea caracteristicii dorite doar în punctul limitat de rezoluția hărții, generalizarea spațială fiind deja mai dificilă.

Ținând cont de legătura strictă fizică dintre bilanțul termic și bilanțul hidric, în acord cu [18], la prezentarea componentelor bilanțului în părți din echivalentul evaporăției potențiale, se realizează ecuația bilanțului prin valoarea evaporării globale (E_{US}), valoare apreciată conform relației:

$$\bar{E}_{US} = \bar{E}_{max} \left[1 + \left(\frac{\bar{X}}{\bar{E}_{max}} \right)^{-3} \right]^{-\frac{1}{3}}. \quad (10)$$

În baza evaporării globale apreciate prin ecuația (10) pentru toate punctele meteorologice, a fost elaborat modelul cartografic a evaporării globale de pe teritoriul Republicii Moldova (fig. 7).

În cazul valorilor E_{max} și X_0 calculate, ecuația bilanțului de apă permite aprecierea așa numitelor resurse climatice de apă sau a normei scurgerii climatice:

$$\bar{Y}_{cl} = \bar{X} - \bar{E}_{max} \left[1 + \left(\frac{\bar{X}}{\bar{E}_{max}} \right)^{-3} \right]^{-\frac{1}{3}}. \quad (11)$$

În baza ecuației (11) s-a construit modelul cartografic al normei scurgerii climatice (fig. 8):

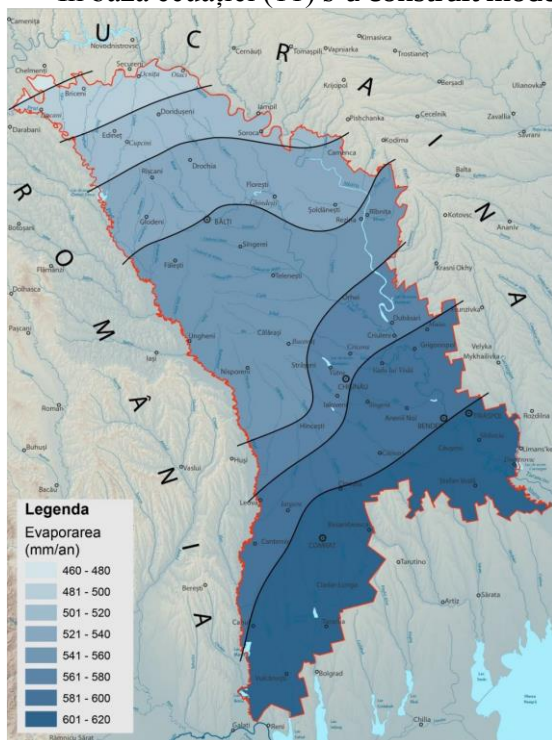


Fig. 7. Evaporarea globală de pe uscat, $\bar{E}_{US}$, mm/an

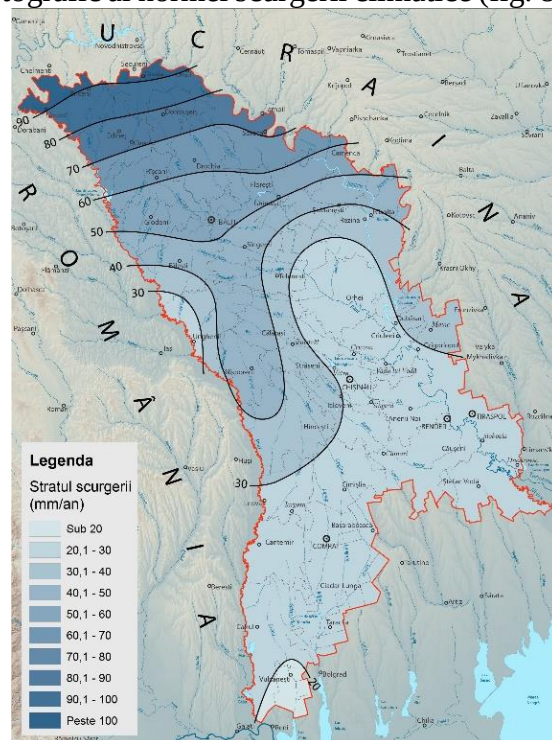


Fig. 8. Resursele climatice de apă, $\bar{Y}_{cl}$, mm/an

De menționat, că la compararea modelelor cartografic prezentate, bazate pe proprietățile fizice stricte a bilanțului, evaporarea suplimentară și scurgerea firesc se schimbă pe teritoriul țării, respectând particularitățile zonale a acestor componente ale bilanțului. Dacă evaporarea la sud constituie 600 mm și mai mult, atunci scurgerea climatică aici nu depășește 20-30 mm. În nordul țării evaporarea constituie 460-480 mm, iar scurgerea climatică – 90-100 mm anual. Aceasta confirmă zonalitatea climatică strictă a acestor componente, care nu sunt afectate de activitatea umană de gospodărire.

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.

Caracteristicile scurgerii climatice determinate anterior permit aprecierea cantitativă a caracteristicilor impactului mediului asupra resurselor de apă. Însă ele nu asigură aprecierea resurselor naturale de apă măsurate în pofilele hidrometrice a râurilor studiate. Pentru aceasta este necesară analiza și prelucrarea materialelor observațiilor hidrometrice asupra scurgerii râurilor.

În acord cu teoria genetică de formare a resurselor de apă a râurilor și cursurilor intermitente [9, 12], scurgerea totală anuală constă din două componente principale – de suprafață Y_{sp} și subterană Y_{sb} :

$$Y_{tot} = Y_{sp} + Y_{sb}. \quad (12)$$

Ca regulă componentele scurgerii anuale de suprafață și subterane se determină prin defalcarea hidrografului scurgerii. Această direcție a primit o largă răspândire în hidrologie și diferite procedee metodologice au fost elaborate de un șir de autori (Kudelin B., Oghievski A., Voscresenski K., Diaconu C., Platagea Gh., Șerban P. ș. a.). O deosebită atenție în soluționarea acestor subiecte este dedicată și în lucrările prof. Befani A. [9, 10].

Baza principală a metodei genetice este principiul evidențierii componentei subterane ca o caracteristică medie a etiajului de iarnă și vară. Prin acest principiu au fost prelucrate materialele anuale ale scurgerii și s-au alcătuit șiruri de date a componentelor de suprafață și subterane în dimensiunile corespunzătoare. Ținând cont de faptul, că durata sezonelor etiajelor de vară (T_v) și iarnă (T_i), în esență sa sunt diferite, noi am propus un procedeu mai perfect de apreciere a debitelor etiajului de vară $\bar{Q}_{\min(v)}$ și etiajului de iarnă $\bar{Q}_{\min(i)}$, ca o valoare ponderată pe sezoanele de diferită durată:

$$Q_{sb} = \frac{\bar{Q}_{\min(i)} \cdot T_i + \bar{Q}_{\min(v)} \cdot T_v}{T_i + T_v}. \quad (13)$$

Componenta de suprafață se apreciază ca diferența dintre scurgerea anuală totală și scurgerea subterană (12).

Mersul multianual al scurgerii, precipitațiilor și a altor elemente a bilanțului termic și hidric poate fi prezentat ca o totalitate de devieri aleatorii anuale nu de la o normă multianuală stabilă, dar de la o valoare, care variază firesc și legitim (ciclic) în timp. Identificarea acestei legități este posibilă prin aplicarea curbelor integrale diferențiate (8), fig. 9, analogic cazului analizei precipitațiilor anuale.

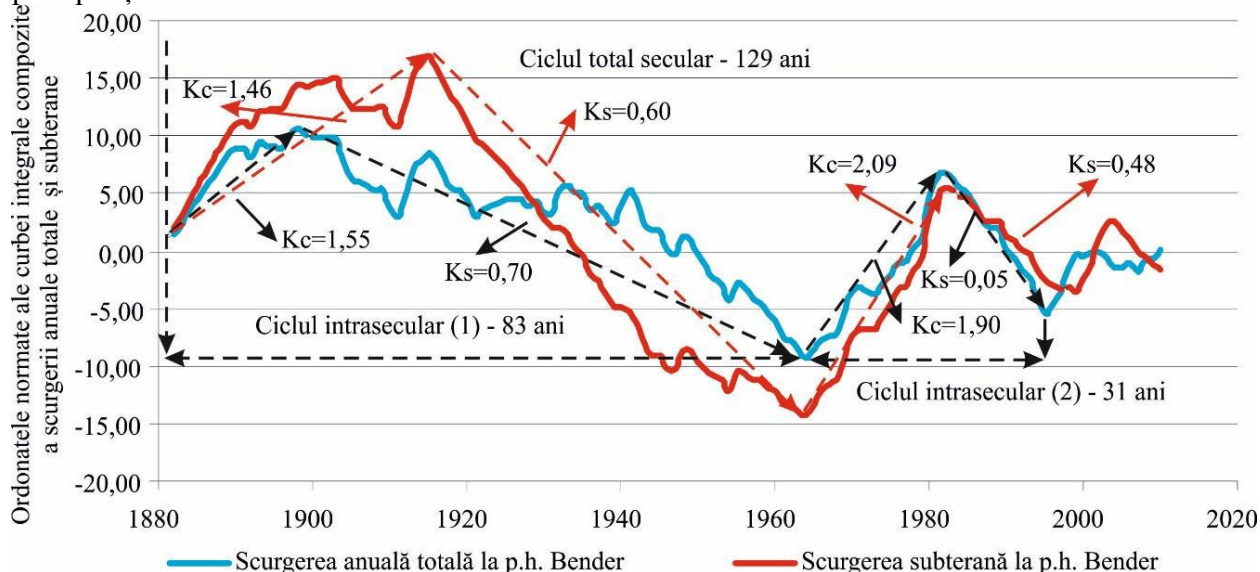


Fig. 9. Curbele integrale diferențiate combinate a componentelor curgerii anuale a fluviului Nistru. Postul Bender, anii 1881-2010

După cum reiese din fig. 9, scurgerea anuală totală și componentele ei oscilează într-o ciclicitate strictă și legitate sincronă. Caracterul ciclic al oscilațiilor scurgerii anuale, ca regulă, se confirmă în cazul șirurilor lungi de date. În exemplul nostru se evidențiază două cicluri cu o perioadă de 83 și 31 ani. Specific este faptul că fazele de creștere a primului și al doilea ciclu diferă mult ca durată și al doilea ciclu este mai scurt. De menționat că coeficienții moduli mediați indică, că intensitatea de creștere a ciclului doi este de 1,5 ori mai mare în raport cu primul ciclu. Considerăm, că ciclul doi se formează în perioada acutizării încălzirii globale a climei.

Dacă ținem cont de faptul, că durata observațiilor pe râurile mici ale Republicii Moldova depășește durata ciclului, atunci, în acord cu (Befani A., Melniciuc O. [12]) așa-zisa eroarea de fază este aproape de zero.

Șirurile obținute de valori ale scurgerii de suprafață și subterane au fost supuse unei prelucrări în scopul determinării parametrilor statistici (normei scurgerii Y_{sp} , Y_{sb} , C_v , C_s și coeficientului de autocorelație r_τ). Analiza staționării statistice indică, că șirurile componentelor scurgerii anuale nu sunt staționare, deoarece nivelul legăturilor din cadrul șirului poate constitui 17% la valoarea maximă de 34%, ce demonstrează necesitatea ajustării datelor observațiilor la un șir mai lung de ani. Așa investigații s-au realizat prin aplicarea metodei raportului și analizei regresive.

Pentru o evaluare obiectivă a erorilor datelor inițiale a caracteristicilor hidroclimatiche și erorii interpolării spațiale a acestor caracteristici se propune aplicarea curbelor empirice de corelare spațială, generalizate pentru două componente ale scurgerii anuale, precum și pentru scurgerea anuală totală, prezentate în fig. 10. Aici se mai prezintă și ecuațiile empirice pentru componentele nominalizate ale scurgerii.

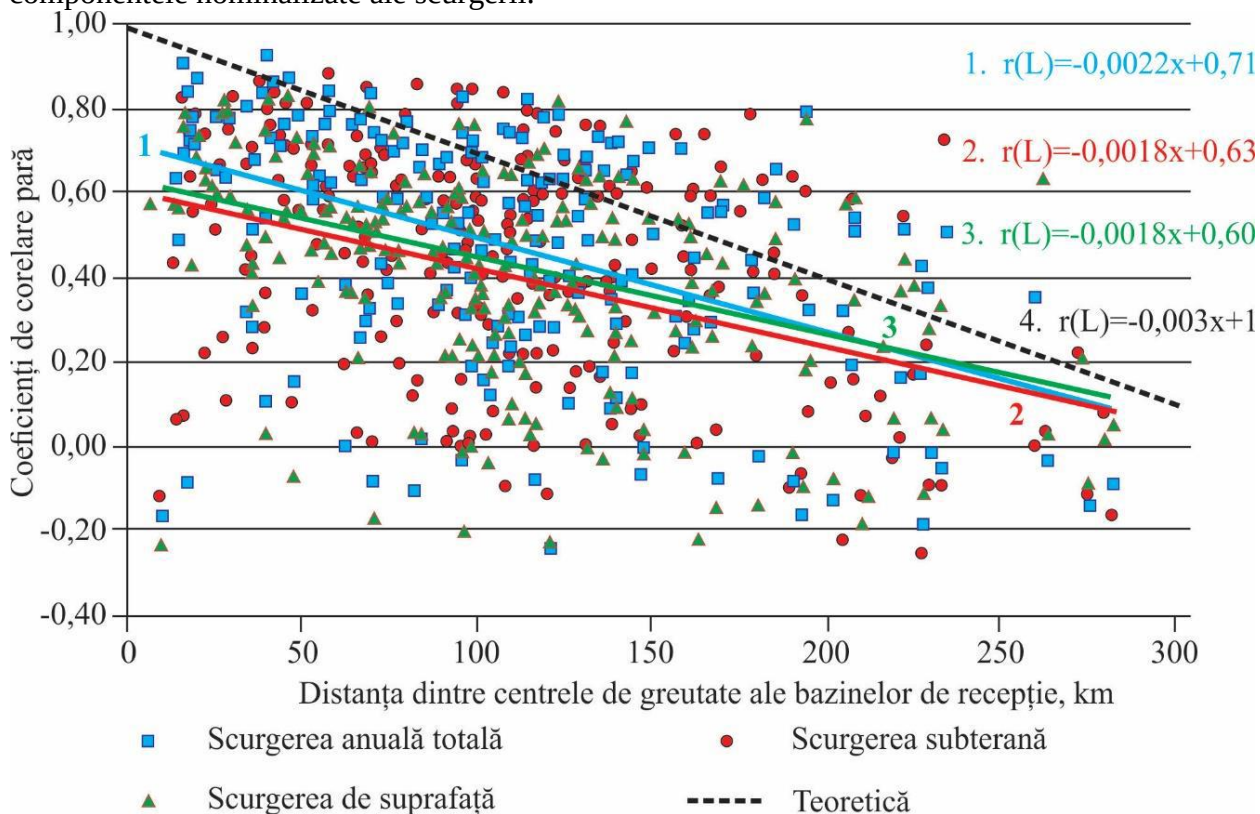


Fig. 10. Curbele empirice FCS a componentelor scurgerii anuale a râurilor Republicii Moldova (1 – scurgerea anuală totală; 2 – scurgerea subterană; 3 – scurgerea de suprafață)

Aprecierea rezultatelor determinării măsurii erorii aleatorii și erorilor medii pătrate a componentelor scurgerii anuale sunt prezentate în tab. 2. Aceste date confirmă veridicitatea materialelor datelor observațiilor multianuale, care depășește limita admisibilă.

Tabelul 2

Măsura erorii aleatorii η_y a datelor inițiale a scurgerii anuale

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

Pentru verificarea omogenității funcției de corelare obținute în limitele regiunii cercetate se propune aplicarea transformărilor Fisher [7]. Analiza indică, că componentele scurgerii anuale nu corespund cerințelor omogenității. Astfel, apare necesitatea de a realiza raionarea parametrilor ecuațiilor FCS. Evidențierea raioanelor s-a realizat în acord cu raionarea peisagistică, prin selectarea bazinelor de recepție pentru care funcția de corelare spațială corespunde omogenității formării scurgerii anuale. S-au evidențiat, astfel, cinci raioane, pentru care conform ecuațiilor din fig. 10 s-au apreciat parametrii regionali ai FCS.

Rezultatele denotă, că parametrii FCS empirici din spațiul raioanelor naturale evidențiate, se caracterizează cu o semnificativă variabilitate. Aceasta ne permite să conchidem că eroarea medie pătrată a normei componentelor scurgerii anuale în majoritatea raioanelor este cu mult mai mare decât valoarea obținută pentru tot teritoriul Republicii Moldova.

Pentru diminuarea posibilelor erori la un șir de puncte de observații s-a realizat ajustarea normei scurgerii anuale la perioadele care asigură limitele admisibile de calcul. Sistemul de calcule realizat pentru ajustarea datelor la șirurile multianuale a asigurat estimarea erorilor admisibile, atât cu evidența legăturilor din cadrul șirului, cât și fără aceasta. În rezultat s-a creat o bază de date pentru cercetările ulterioare în aprecierea impactului schimbărilor climatice asupra resurselor de apă ale țării.

3.2. Evaluarea resurselor de apă sub influența factorilor naturali și antropici ai mediului. Considerăm, că cercetările influenței climei asupra resurselor de apă trebuie completate cu evaluarea modificărilor resurselor termoeenergetice sub influența presiunii activităților antropice asupra peisajelor.

Este știut, că energia solară, reflectată de pe suprafața uscatului, se modifică în funcție de albedoul suprafeței terestre. Astfel, aceasta influențează pierderile de umiditate în rezultatul evaporării și, respectiv, modificarea resurselor de apă. S-a determinat că capacitatea de reflectare a suprafeței subiacente variază în funcție de caracterul său – natural sau modificat în rezultatul activității de gospodărire. Aceste analize s-au realizat prin folosirea datelor *CORINE-landcover* în baza cărora s-a reușit aprecierea suprafețelor ocupate de diferite tipuri a suprafeței subiacente.

Noi am evidențiat 16 tipuri de suprafețe subiacente naturale și 18 antropice. Conform normelor existente ale coeficientului de reflectare (albedo) [23, 24] s-a apreciat gradul de reflectare și absorbire a radiației solare. Caracteristicile generalizate ale radiației sumare pentru regiunile reprezentative, precum și valorile albedoului, calculate pentru suprafețele naturale și antropice, au permis aprecierea valorii medii multianuale a radiației reflectate și absorbite (tab. 3).

Tabelul 3

Valorile radiației reflectate și absorbite în condițiile suprafețelor naturale și antropice a regiunilor 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 silvostepa a 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 de silvostepă a Moldovei de Sud	5880	4427	876	974	3551	3453
6	Câmpia de stepa a Bugeacului	4458	4196	839	923	3357	3273
7	Câmpiile aluviale de stepa a Nistrului Inferior	2566	4312	948	949	3364	3363

Din datele tab. 3 reiese, că suprafețele antropice absorb mai puțină radiație solară decât cele naturale, fapt ce provoacă o proporțională diminuare a energiei solare (cu 2,8% sau 91,71 Mj/m²), care se consumă la evaporare – 36,7 mm, ceea ce contribuie la diminuarea scurgerii climatice sau a resurselor de apă.

3.3. Aprecierea posibilelor modificări a bilanțului hidrotermic sub influența încălzirii globale a climei. În studiile actuale a impactului schimbărilor climatice asupra resurselor de apă,

o atenție deosebită am acordat identificării principiilor de extrapolare a așa zisei norme, pe orizonturile de timp preconizate de diferite proiecții ale schimbării climei. Problema constă în faptul, că perioada de bază recomandată din 1980 până în 2010, corespunde fazei de creștere a resurselor de apă, adică supraapreciază norma scurgerii. În aspectul dat în literatura contemporană se pune problema veridicității extrapolării fără o evidență a oscilațiilor ciclice ale scurgerii. Conform cercetărilor noastre perioada de bază propusă de OMM, în acord cu oscilațiile ciclice a resurselor de apă a scurgerii intermediare a fluviului Nistru, se află în faza cu ape mari, cu coeficientul mediu multianual modul al scurgerii anuale de 1,45. La etapa dată a cercetărilor normelor scurgerii anuale extrapolarea sau prognoza anumitei faze a cilului determinat nu este elaborată metodic.

În acord cu raportul 5 al comisiei de experți în schimbările climatice adoptat, au fost acceptate anumite proiecții și intervale de timp a caracteristicilor temperaturilor și precipitațiilor atmosferice [5, 8, 15]. În sistemul de calcule pentru aprecierea viitoarelor resurse de apă noi am aplicat metoda bilanțului hidrotermic prin ecuația [3]:

$$\bar{Y}_{pr} = (\bar{X} \mp \Delta\bar{X}) - \bar{E}_m(1 + \varepsilon_2\Delta\bar{t}) \left\{ 1 + \left[\frac{\bar{E}_m(1 + \varepsilon_2\Delta\bar{t})}{(\bar{X} \mp \Delta\bar{X})} \right]^n \right\}^{-\frac{1}{n}}. \quad (14)$$

Aici $\Delta\bar{X}$ și $\Delta\bar{t}$ modificările stratului mediu multianual a precipitațiilor și temperaturii medii anuale a aerului în acord cu proiecțiile acceptate pentru teritoriul Republicii Moldova.

Realizarea acestei ecuații permite estimarea presupuselor modificări ale resurselor de apă pentru trei intervale de timp (tab. 4).

Tabelul 4

Rezultatele finale a estimării valorilor probabile ale normelor scurgerii climatice anuale

Regiunea	Normele de bază a scurgerii 1981-2010	Valorile probabile ale normelor scurgerii climatice, mm, pentru orizonturi de timp și proiecții								
		2021-2050			2051-2080			2081-2100		
		RCP 2,6	RCP 4,5	RCP 8,5	RCP 2,6	RCP 4,5	RCP 8,5	RCP 2,6	RCP 4,5	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

Rezultatele finale obținute completează cercetările precedente, deoarece aici echivalentul evaporației maxime $\bar{E}_m$ și scurgerea climatică regională de bază $\bar{Y}_{cl}$ sunt obținute prin modele mai argumentate. Diminuarea maximă a scurgerii este specifică scenariului RCP 8,5. Dacă vom compara nivelul de diminuare prin norma de bază, atunci în regiunea de nord diminuarea scurgerii va fi de 33% iar în cea de sud – 35%. De menționat, că calculele normei modificate conform proiecției RCP 4,5 ne oferă rezultate intermediare, practic pentru toate orizonturile de timp și pentru toate regiunile.

4. MODELAREA MODIFICĂRILOR RESURSELOR DE APĂ DIN REPUBLICA MOLOVA

4.1. Aprecierea resurselor de apă și principiile modificării lor. Bazându-ne pe concepția genetică de formare a scurgerii anuale, care cercetează procesele de formare a componentelor de suprafață și subterană, s-a realizat sistematizarea observațiilor multianuale și s-au determinat parametrii statistici necesari.

Analiza temporală și spațială a acestor materiale s-a realizat ținând cont de evaluarea influenței factorilor zonali, azonali și intrazonali asupra componentelor nominalizate ale scurgerii anuale.

Pentru scurgerea subterană s-a realizat analiza influenței împăduririi bazinelor de recepție, particularităților hidrogeologice a bazinelor și structurii rețelei hidrografice. În această direcție s-a stabilit că influența pădurilor asupra scurgerii subterane duce la creșterea ponderii în alimentarea râurilor, care se propune de apreciat prin ecuația:

$$\delta_{pd} = 1 + \gamma \cdot f_{pd}, \quad (15)$$

unde f_{pd} – ponderea suprafețelor ocupate de păduri în bazinul de recepție; γ – coeficient, care ține cont de caracterul cuverturii forestiere și relieful bazinului de recepție. Pentru pădurile foioase și mixte coeficientul γ s-a obținut a fi egal cu 0,70 [12, 14]. De menționat, că la împădurirea completă a bazinului de recepție, scurgerea subterană crește de 1,7 ori, comparativ cu un bazin lipsit de păduri.

Rolul particularităților hidrogeologice poate fi determinat cu aproximare ca raportul dintre grosimea sumară a orizonturilor drenate către adâncimea drenării. Această problemă necesită cercetări speciale hidrogeologice în teren. Din aceste considerente aprecierea coeficientului hidrogeologic a_{sb} , s-a realizat prin calcule inverse în formula (16): când cunoaștem alimentarea subterană și așa zisa suprafața critică a bazinului de recepție $F_{1(cr)}$, care reprezintă începutul alimentării subterane a râurilor. Prelucrarea materialului cartografic și a datelor despre scurgerea subterană a permis raionarea valorii a_{sb} , completând, astfel, cercetările prof. Lalâkin N. [14, 16], care variază de la 0,3, în sud și până la 0,5 în nordul țării.

Aceste calcule au permis, în final, aproximarea modelului alimentării subterane prin ecuația:

$$\bar{Y}_{sb} = U_0 th \left[a_{sb} \left(\frac{F_k}{F_{1(cr)}} - 1 \right)^{0,25} \right] \delta_{pd} . \quad (16)$$

Principalul component al construcțiilor de calcul aici este norma infiltrării în apele subterane (U_0), valoarea căreia, cu un anumit nivel de precizie, poate fi determinată prin analiza specială a ecuațiilor de mișcare a apelor subterane, cu evidența particularităților hidrogeologice și hidrografice, precum și a factorilor intrazonali – împădurirea bazinului de recepție.

În acord cu teoria genetică de formare a scurgerii subterane [10], **norma zonală a apelor de infiltrare** (U_0), care participă în alimentarea subterană a râurilor poate fi determinată prin aplicarea ecuației (16) pentru fiecare bazin de recepție din rețeaua de monitoring a scurgerii.

Generalizarea spațială pentru teritoriul Republicii Moldova și regiunile peisagistice s-a realizat prin alcătuirea hărților (fig. 11 și 12).

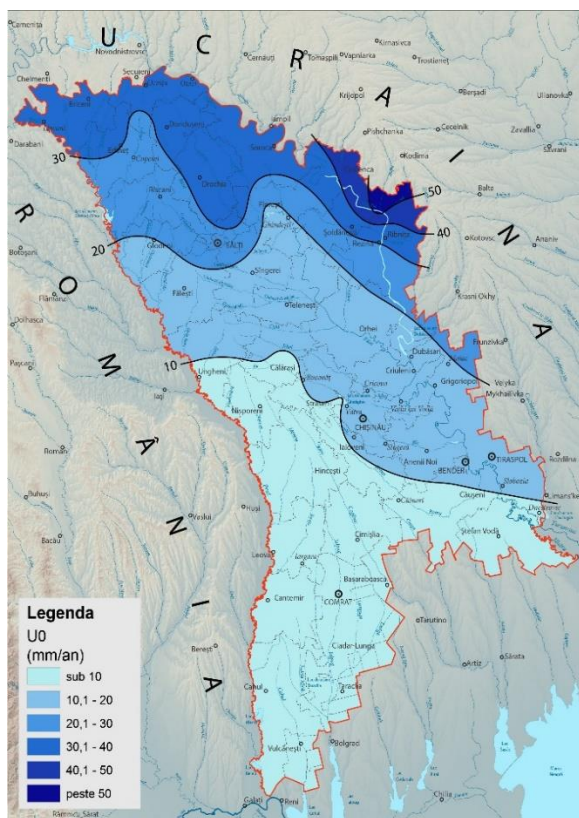


Fig. 11. Modelul cartografic al normelor infiltrării în apele subterane

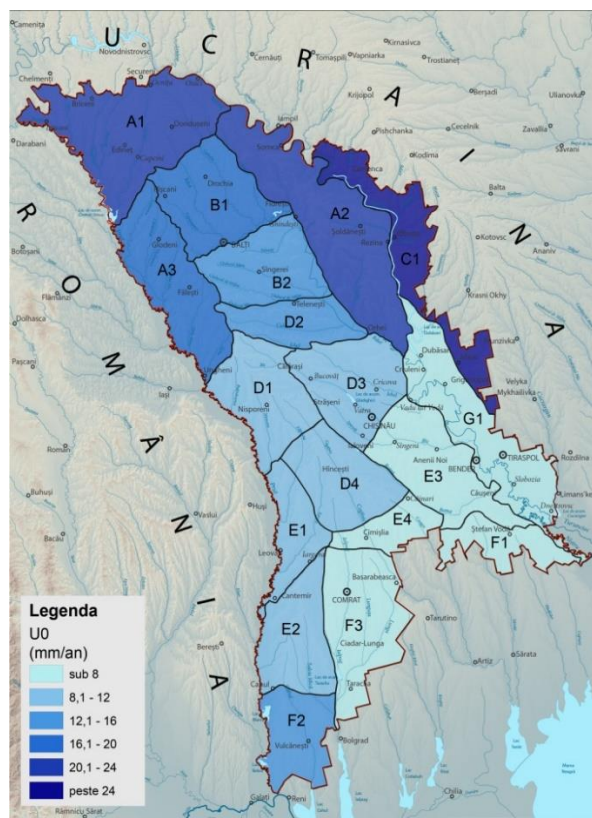


Fig. 11. Modelul cartografic al normelor infiltrării în apele subterane pe regiuni peisagistice

4.2. Estimarea componentei de suprafață a normei scurgerii anuale. Pentru determinarea scurgerii anuale totale, menționăm că componenta de suprafață se formează sub influența scurgerii pluviale și nivale. În hidrologia contemporană sunt elaborate metode de estimare individuală a scurgerii nivale și pluviale, îndeosebi în cazul cercetării debitelor maxime nivale și pluviale.

Pentru aprecierea scurgerii anuale componenta de suprafață se apreciază ca suma componentelor genetice a scurgerii de suprafață. În acord cu principiile de bilanț și metodele elaborate, scurgerea anuală totală se descrie prin ecuația [19]:

$$\bar{Y}_{(sp)} = \bar{S}_{(sp)} - \sum R_{sp}. \quad (17)$$

Aici diferența $\bar{S}_{(sp)} - \sum R_{sp}$ reprezintă caracteristica aportului scurgerii de pe versanți în rețeaua de albie (scurgerea superficială) și pierderile sumare ale ploilor și topirii zăpezilor după finalul ploii și topirii zăpezii.

Valoarea $\bar{S}_{(sp)}$ din ecuația (17) pentru intervalul de timp de un an se determină prin valoarea cunoscută a alimentării sumare de suprafață:

$$\bar{S}_{(sp)} = \bar{Y}_{(sp)} + \sum R_{sp}. \quad (18)$$

Din ecuația (18) reiese că aprecierea scurgerii superficiale practic se reduce la determinarea stratului necunoscut $\sum R_{sp}$ al pierderilor.

În acest caz noi propunem determinarea $\sum R_{sp}$ prin utilizarea pierderilor de infiltrare sumare a scurgerii, unde U_0 reprezintă **stratul anual sumar al infiltrării în apele subterane**.

Analiza teoretică a procesului de infiltrare, realizat în lucrările [9, 12] indică, că infiltrarea de la suprafață pe parcursul ploii, până la survenirea maximului scurgerii, constituie ponderea dominantă (circa 80-90%) din bilanțul total al stratului sumar al infiltrării U_0 în apele freatice. Ținând cont de această condiție putem considera, că valoarea pierderilor sumare $\sum R_{sp}$ în mediu poate constitui 15% din norma de infiltrare U_0 .

Din valoarea cunoscută U_0 și ponderii pierderilor sumare prin formula (18) putem calcula stratul sumar al scurgerii superficiale (de suprafață sau mixt) de la toate ploile dintr-un an cu umiditate medie:

$$\bar{S}_{(sp)} = \bar{Y}_{(sp)} + 0,15U_0. \quad (19)$$

Conform cercetărilor realizate în Subcarpații Ucrainei și în sudul Ucrainei [12] pierderile scurgerii nivale și pluviale la scăderea hidrografului sunt relativ mici (nu depășesc 10-15%). În acest caz formula stratului scurgerii de suprafață poate fi prezentată astfel:

$$\bar{Y}_{(sp)} = \bar{S}_{(sp)} \left(1 - A_V \phi^{2/3}\right), \quad (20)$$

unde A_V – parametru generalizat al pierderilor de pe versant sau parametru pedo-botanic (Befani A.) [11]; ϕ – parametru geomorfologic al bazinului de recepție, care depinde de raportul dintre lungimea versantului l_v și panta medie a lui I_v .

În final, după anumite transformări a ecuației (20) și luarea în considerație a gradului de împădurire a bazinului de recepție f_{pd} , ecuația de calcul pentru determinarea scurgerii superficiale zonale și scurgerii de suprafață va obține forma:

$$\bar{S}'_{(sp)} = \frac{\bar{Y}_{(sp)}}{(1 - A_V \phi^{2/3}) \cdot (1 - 0,78f_{pd} + 0,36f_{pd}^2)}. \quad (21)$$

În baza ecuației (21) au fost apreciate valorile zonale ale stratului scurgerii zonale superficiale și de suprafață pentru fiecare bazin de recepție și generalizate prin modelare cartografică pentru tot teritoriul Republicii Moldova și regiunile sale peisagistice.

Urmând principiile genetice de analiză a scurgerii anuale, valoarea totală a normei resurselor de apă naturale (zonale) a oricărui bazin de recepție al râurilor se determină ca suma componentei subterane (norma infiltrației U_0 , mm/an) și norma zonală a scurgerii anuale de suprafață $\bar{Y}'_{(sp)}$, mm/an. Au fost determinate valorile numerice ale componentelor naturale și determinată valoarea totală a scurgerii anuale zonale $\hat{Y}_a = U_0 + \bar{Y}'_{(sp)}$, modelul cartografic al căreia este prezintat în fig. 13 și 14.

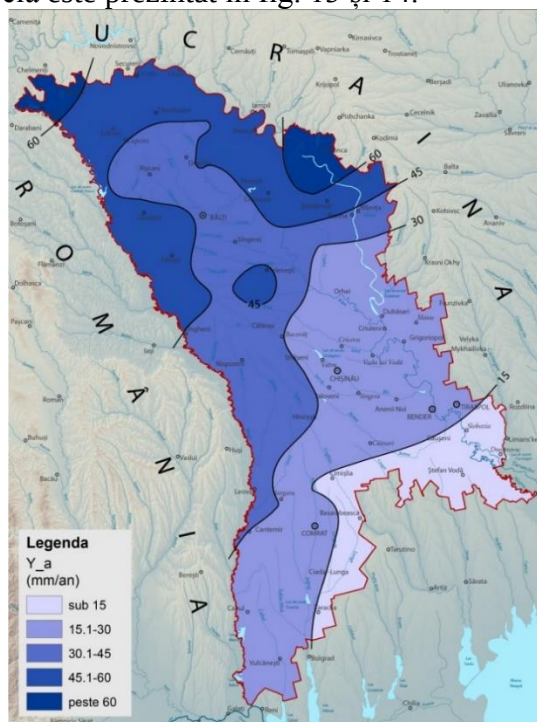


Fig. 13. Scurgerea zonală totală

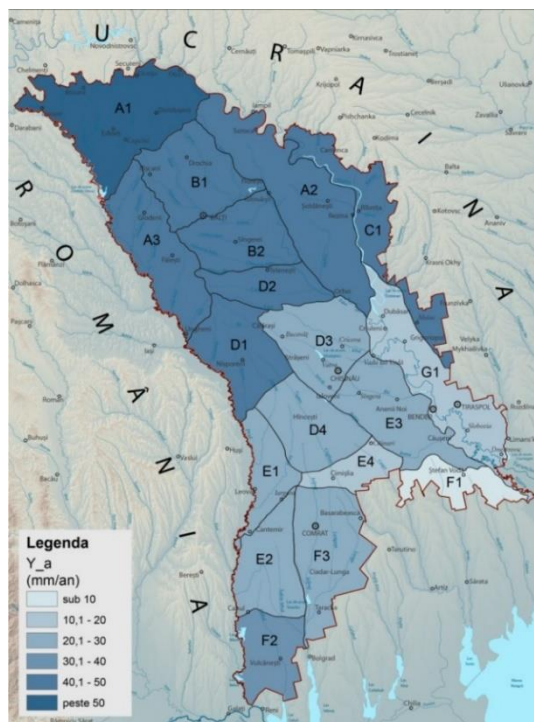


Fig. 14. Scurgerea zonală totală pe regiuni peisagistice ale Republicii Moldova

4.3. Principiile contemporane de evidență a influenței antropice de gospodărire a apelor asupra resurselor naturale de apă. Printre cei mai importanți factori antropici cu influență asupra peisajelor Republicii Moldova sunt: crearea lacurilor de acumulare, irigarea,

activitățile agrotehnice, urbanizarea bazinelor de recepție, asigurarea comunală și industrială cu apă. Impactul fiecărui factor asupra scurgerii naturale și a acțiunii sumare s-a realizat prin aplicarea bilanțului de apă și prin metodele de analiză factorială și sistemică (Lalâkin, Gopenco Loboda). Principiile și procedeele metodologice pentru aprecierea factorilor antropici nominalizați sunt expuse în documentul normativ „Determinarea caracteristicilor hidrologice pentru condițiile Republicii Moldova CP D.01.05-2012” [4].

Modelul principal al impactului factorilor nominalizați se consideră aplicarea coeficienților impacturilor antropice K_{ant} , care caracterizează coraportul dintre valoarea dată a scurgerii reale modificate $\bar{Y}_{ant}$ către norma caracteristicii sale zonale k_{ant} :

$$\bar{Y}_{ant} = k_{ant} \hat{Y}_{ant} . \quad (22)$$

În teză sunt realizate cercetări ale modificării scurgerii anuale naturale în baza modelelor propuse de diferiți autori pentru diverse regiuni (Vodogrețkii, Gopcenko, Loboda, Lalâkin, Melniciuc). În lucrare sunt prezentate procedeele metodice și calcule generalizate pentru evaluarea resurselor de apă sub impactul activității de gospodărire, care includ sisteme de calcule analitice aplicate la factorii impactului antropic menționați.

Realizarea modelelor de așa gen a necesitat sistematizarea factorilor de activitate de gospodărire în limitele bazinelor de recepție studiate. Pentru aceasta, în baza datelor din literatură și de arhivă, imaginilor satelitare și ortofotoplanuri, au fost generalizate datele despre regularizarea resurselor de apă (suprafețele sumare a oglinzii apei lacurilor de acumulare, suprafețele sumare a terenurilor cu măsuri agrotehnice aplicate, indicatori ai urbanizării terenurilor).

Argumentele respective a măsurilor nominalizate fac parte din argumentele analitice a evaluării coeficienților impactului antropic:

$$k_{ant} = \exp(-A_L \cdot \bar{Y}_C^{-0,49} \cdot f_{NRN}). \quad (23)$$

Aici $\bar{Y}_C^{-0,49}$ – norma scurgerii climatice; f_{NRN} – ponderea suprafeței sumare a oglinzii apei lacurilor de acumulare (la nivelul normal de retenție) din suprafața totală a bazinului de recepție; $-A_L$ – parametru regional, care caracterizează gradul intensității modificării coeficientului de impact antropic. Pentru teritoriul Republicii Moldova valoarea parametrului regional constituie 350.

După cum indică rezultatele finale ale evaluării diminuării normei scurgerii naturale într-un șir de regiuni peisajere, care depășesc normele admisibile (peste 5-10%). Aceasta creează o anumită presiune asupra bilanțului de gospodărire a apelor în regiunile peisagistice și, în final, asupra sistemului hidro-ecologic la peisajelor Republicii Moldova. Din aceste considerente în regiunile unde micșorarea normei depășește valorile admisibile (îndeosebi în Câmpia Prutului de Mijloc, Câmpia de Stepă a Ialpușului) trebuie de oprit construirea lacurilor de acumulare, iar iazurile colmatate nu trebuie restaurate, dar terenul ocupat de ele de folosit în agricultură.

Subiectul aprecierii cantitative a impactului măsurilor agrotehnice în multe aspecte rămâne a fi discutabil. În complexul dat al măsurilor agrotehnice sunt incluse aratul versanților, crearea fâșiilor forestiere, reținerea zăpezii ș.a., care sunt orientate spre păstrarea și sporirea umidității solului, crearea regimului necesar de hidroaerație în sol, sporirea rezistenței la eroziune a solului [13].

În acord cu îndrumătorul metodic propus [20], deosebit de vulnerabil la modificarea scurgerii este aratul versanților. Pentru Republica Moldova această funcție în formă tabelară este prezentată în monografia [14]. Ponderea diminuării normei scurgerii naturale anuale sub influența aratului bazinelor de recepție (f_{ar}), iar pentru comoditatea calculelor funcția se aproximează prin ecuație (24).

Valoarea coeficientului impactului măsurilor agrotehnice poate fi apreciată prin ecuația:

$$k_{at} = \frac{\bar{Y}_{at}}{\bar{Y}_{nat}} = 1 - 0,0225 \cdot f_{ar}^{0,24}. \quad (24)$$

Ținând cont de faptul că argumentul formulei (24) este suprafața versanților arați, apare necesitatea sistematizării materialelor observațiilor caracteristicii date. În baza generalizării materialelor cartografice și datelor statistice [21], datele despre aratul versanților sunt ajustate la

perioada 1965-2007, perioadă sincronă cu datele despre scurgerea râurilor de la Rețeaua Națională de Monitoring a Republicii Moldova.

Rezultatele calculelor aprecierii coeficientului impactului antropic a măsurilor agrotehnice (aratul versanților) indică, că, practic, în toate regiunile peisagistice diminuarea scurgerii nu depășește limitele admisibile de eroare și evidența adițională a acestui factor antropic nu este obligatorie.

Coeficientul, care evidențiază impactul urbanizării, în final este un argument al suprafețelor ponderate a teritoriilor urbanizate și se descrie prin ecuația:

$$K_{ur} = 1 + \Psi_{\eta} \cdot f_{ur} . \quad (25)$$

Aici Ψ_{η} – coeficient, care depinde de ponderea suprafețelor impermeabile din bazinul de recepție (Lalâkin); f_{ur} – ponderea teritoriilor urbanizate din bazin.

Cea mai mare creștere a impactului urbanizării terenurilor se manifestă în regiunea peisagistică Podișul Codrilor de Est, în limitele căruia sunt amplasate orașe mari (Chișinău, Strășeni, Călărași).

Conform modelului de formare a scurgerii anuale totale, este necesar de luat în considerație, că procesul interacțiunii activității de gospodărire asupra scurgerii râurilor se manifestă prin complexul integral al factorilor studiați. Din aceste considerente se propune folosirea valorii coeficientului complexe al impactului antropic:

$$k_{tot} = \sum_{j=1}^m k_j - (m - 1). \quad (26)$$

Aici k_j – coeficient al impactului antropic asupra normei scurgerii anuale a factorului J ; m – numărul total de factori.

În baza ecuației (26) s-a realizat aprecierea impactului complexului de factori antropici pentru bazine de recepție monitorizate și regiunile peisagistice (fig. 15).

Datorită diversificării considerabile a factorilor naturali și de gospodărire, s-a obținut un tablou diversificat a variabilității coeficientului complex al impactului factorilor antropici. Din 18 regiuni peisagistice, în 12 din ele coeficientul impactului antropic se află sub 0,9. Aceasta semnifică în aceste cazuri diminuarea scurgerii naturale anuale a râurilor peste 10% față de valoarea erorii maxime admisibile. Astfel, activitățile antropice menționate, în prezent, diminuează resursele de apă cu mai mult de 30%.

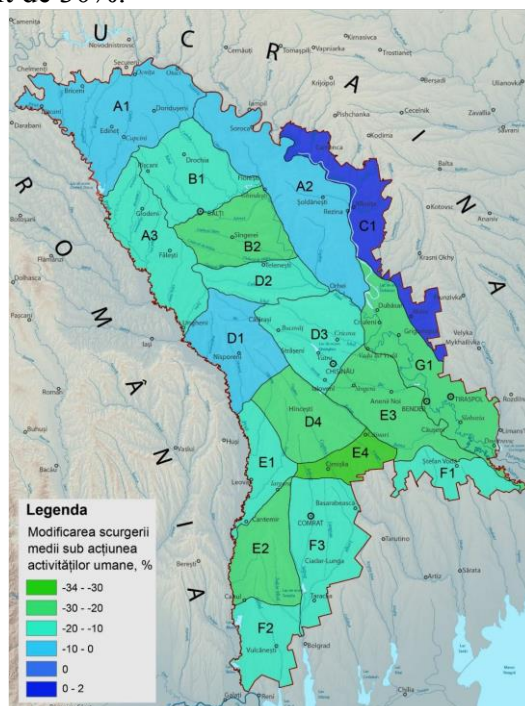


Fig. 15. Modificarea scurgerii anuale naturale sub impactul complexului de factori antropici

Concluzii

Sistemul de cercetări științifice propus în teză pentru prima dată apreciază esența interacțiunii proceselor climatice și hidrologice în formarea resurselor de apă naturale și modificate antropice din Republica Moldova. Realizarea sarcinilor propuse în teză permite următoarele concluzii:

1. Concepția teoretică a procedurii genetice în calculele normei scurgerii anuale și metoda practică, realizată de autor pe teritoriul Republicii Moldova confirmă importanța teoretică și practică a acestei direcții în hidrologia regională;
2. Sintezele propuse și procedeele metodice, orientate spre soluționarea comună a caracteristicilor bilanțului termic al uscatului și geneza formării resurselor de apă a Republicii Moldova permit realizarea complexului de sarcini practice în aprecierea componentelor bilanțului termic și hidric;
3. Se argumentează aplicarea în complex a metodei bilanțului termic și hidric, care permite evaluarea componentei resurselor termice a climei $\bar{E}_m$, evaporației globale de pe uscat E_{US} și caracteristicilor resurselor de umiditate, și, în final, aprecierea scurgerii climatice $\bar{Y}_{cl}$, care nu este denaturată de factorii antropici;
4. Dezvoltând concepția cercetării scurgerii anuale prin suma componentelor sale genetice (Befani A., Melniciuc O.) [12], se propun noi principii de evaluare a interacțiunii normelor componentelor de suprafață și subterane a scurgerii anuale;
5. Dezvoltând principiile analizei statistice, în teză, pentru prima dată, se propune evaluarea erorilor sumare a componentelor bilanțului termic și hidric, care dezvăluie rolul și influența nestăționarității informației utilizate și a legităților oscilațiilor ciclice a componentelor nominalizate;
6. Aprobarea principiilor metodice de calcul a modificării caracteristicilor scurgerii anuale, în funcție de gradul de valorificare antropică a sistemelor peisagistice și bazinale [1, 2] și calculele ulterioare, au depistat o diminuare a resurselor de apă prin impactul comun al regularizării scurgerii, urbanizării și măsurilor agrotehnice până la 15% pe țară. Presiunea maximă antropică este condiționată de construirea lacurilor de acumulare. Acest factor, în unele regiuni peisagistice, în prezent diminuează resursele de apă cu valori ce depășesc 30%;
7. Suplimentar la activitatea de gospodărire, care manifestă un impact negativ asupra resurselor de apă, particularitățile încălzirii climei, pentru proiecțiile și orizonturile de timp adoptate, condiționează diminuarea resurselor de apă către sfârșitul sec. XXI cu 37-38% comparativ cu norma scurgerii;
8. Modelele cartografice elaborate în teză cu aplicarea tehnologiei GIS, pot servi pentru activitatea cotidiană de proiectare și management a resurselor de apă;
9. Cercetările realizate pot servi ca suport metodologic în elaborarea măsurilor de adaptare la schimbările climatice în domeniul resurselor de apă.

Recomandări

1. La elaborarea programelor de protecție a mediului se recomandă utilizarea caracteristicilor de sinteză a componentelor bilanțului hidrotermic și complexul de modele cartografice în cazul insuficienței sau lipsei de date a observațiilor;
2. Sinteză rezultatelor aprecierii normelor componentelor de suprafață și subterane a scurgerii naturale, determinate în baza concepției genetice a formării lor, la fel și concluziile referitor la impactul factorilor antropici asupra resurselor de apă, se recomandă de aplicat în calitate de supliment la documentul normativ CP D.01.05-2012.
3. Pentru argumentarea strategiei dirijării cu resursele de apă ale Republicii Moldova și în combinație cu influența încălzirii globale a climei, se recomandă nivelele (presiunile) maxime admisibile a activității antropice, care nu vor condiționa diminuarea (degradarea) resurselor de apă și vor favoriza dinamica sustenabilă a mediului.

Bibliografie

1. 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.
2. Bejenaru Gh. Hidrologie generală. Curs de lecții. Vol. II. Chișinău: UST, 2011, 217 p.
3. Bejenaru Gh. Scurgerea medie anuală contemporană și variațiile ei în condițiile schimbării climei. 2012, 21 p. http://meteo.md/metodf_karti.htm
4. 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.
5. Nedelcov M. Schimbarea climei în Republica Moldova în perioada observațiilor instrumentale. Chișinău: Akademos Nr. 4(74), 2012. p. 88-94.
6. Алексеев Г. А. Методы оценки случайных погрешностей гидрометеорологической информации. Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. 96 с.
7. Алексеев Г. А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. Ленинград, Гидрометеиздат, 1971. 63 с.
8. Балабух В. А. Региональное проявление глобального изменения климата в бассейне р. Днестр. Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. Київ: 2012. Т.2(27). с. 117-129.
9. Бефани А. Н. Основные положения теории стока подземных вод. Сборник работ по гидрологии. № 1. Ленинград, Гидрометеиздат, 1959. с. 18-26.
10. Бефани А. Н. Вопросы теории стока подземных вод и питание рек. Рукопись. Библиотека ОГМИ, 1960. 119 с.
11. Бефани А. Н. Вопросы региональной гидрологии. Паводочный сток. Киев: Укрвузполиграф, 1989, 132 с.
12. 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.
13. Водогребский В. Е. Влияние агролесомелиораций на годовой сток. Методика исследований и расчеты. Ленинград: Гидрометеиздат, 1979. 184 с.
14. Казак В. Я., Лалыкин Н. В. Гидрологические характеристики малых рек Молдовы и их антропогенные изменения. Кишинев: DINAMO, 2005. 208 с.
15. Коробов Р. И др. Уязвимость к изменению климата: Молдавская часть бассейна Днестра. Междунар. ассоц. хранителей реки Есо-TIRAS. Кишинев: Elan Poligraf, 2014. 336 с.
16. Лалыкин Н. В. Расчет нормы годового стока малых рек Молдавии. Тр.УкрНИИ Госкомгидромета. Вып. 1998. стр. 74-82.
17. Лобода Н. С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния. Одесса: Экология, 2005. 208 с.
18. Мезенцев В. С. Расчеты водного баланса. Омск: СХИ, 1976. 75 с.
19. 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.
20. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. 187 с.
21. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Том 6, вып. 1. Западная Украина и Молдавия. Ленинград: Гидрометеиздат, 1965-1975. 268 с.

22. Рождественский А. В., Чеботарев А. И. Статистические методы в гидрологии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. 424 с.
23. Справочник по климату СССР, вып. 10, ч. 1. Ленинград: Гидрометеиздат, 1966. 124 с.
24. Справочник по климату СССР, вып. 11, ч. 1. Ленинград: Гидрометеиздат, 1966. 44 с.

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-temporale 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 термодинамических 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 регионам 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».

GHERMAN BEJENARU

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

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

Autoreferatul tezei de doctor în științe geonomice

Aprobat spre tipar: 08.06.2017
Hârtie ofset. Tipar ofset.
Coli de tipar.: 1,5

Formatul hârtiei 60x84 1/16
Tiraj 50 ex.
Comanda nr. 287

"Imprint Star" SRL, mun. Chișinău, bd/ Renașterii Naționale 14, of. 4