

академика Н.А. Димо и И.А. Крупенникова). Кишинев, Государственное Издательство Молдавии, 1950, 58 с.

5. Сувак П.А. Окультуривание почв гидроморфных и автоморфных солонцово-солончаковых комплексов при интенсивном земледелии Молдавии. Кишинев, Штиинца, 1986, 162 с.

6. Сувак П.А. и др. Устойчивость мелиорации солонцово-солончаковых почв. // Физика, мелиорация и освоение почв Молдавии. Кишинев, 1982, С. 32–44.

7. Шестаков И.Л. Мелиорация засоленных почв Молдавии. Кишинев, 1977, 141 с.

## EVALUAREA MODULUI DE INFLUENȚĂ A ACTIVITĂȚILOR ANTROPICE ASUPRA SCURGERII ANUALE

N. Boboc, T. Castraveț, O. Melniciuc

*Institutul de Ecologie și Geografie al Academiei de Științe a Moldovei*

### Introducere

Utilizarea durabilă a resurselor de apă în vederea reabilitării sistemelor de irigații în conformitate cu Proiectul „Tranziția la agricultura performantă” al Programului COMPACT necesită elaborarea unor sisteme optime de protecție de la epuizare și poluare a apelor. Activitățile umane cu impact asupra resurselor de apă pot fi grupate în:

- activități care modifică condițiile de formare a scurgerii în bazinele hidrografice (activități agrotehnice, urbanizarea, despădurirea sau împădurirea terenurilor);
- activități care nemijlocit contribuie la modificarea volumului și regimului de scurgere (lacurile de acumulare, iazurile și alte construcții hidrotehnice destinate acumulării apelor pluviale și/sau nivale) [3, 8]. Aceste modificări ale resurselor de apă au loc datorită pierderilor ca urmare a evaporației suplimentare de pe suprafața lacurilor antropice și prelevarea apei pentru diferite necesități ale populației (irigații, industrie, gospodăria comunală, apă potabilă ș.a.), utilizarea pe larg a resurselor funciare în diverse activități agricole, sau scoaterea din circuitul agricol a terenurilor prin realizarea diferitelor categorii de construcții.

Scopul acestei lucrări constă în evaluarea modului de influență a unor activități antropice cum sunt: *construcțiile lacurilor de acumulare și a iazurilor, ponderea arabilului și a urbanizării asupra resurselor apelor de suprafață și aprecierea volumului de apă în lacurile antropice folosind metode statistice și teledetecția.*

### Metode și materiale

Evaluarea modificărilor scurgerii anuale sub influența lacurilor antropice poate fi realizată în baza relației 1 [8]:

$$\mathbf{Y}_{ob} \mathbf{F} = \mathbf{Y}_{nat} (\mathbf{F} - \sum \omega_a) - (\bar{\mathbf{E}}_a - \mathbf{X}_0) \sum \omega_a \quad (1)$$

unde  $F, \sum \omega_a$  - reprezintă suprafața bazinului hidrografic și respectiv suprafața

totală a oglinzii lacurilor din aria bazinului;  $\bar{Y}_{ob}$ ,  $\bar{Y}_{ob}$  - valoarea modificată și respectiv naturală a scurgerii anuale;  $X_0$  - cantitatea anuală de precipitații,  $\bar{E}_a$  - evaporația de la suprafața apei.

În cazul în care suprafața lacurilor ( $\omega_a$ ) și valoarea scurgerii climatice ( $\bar{Y}_{CL}$ ) sau scurgerii naturale ( $\bar{Y}_{nat}$ ) din aria bazinului hidrografic, regiunii peisagistice sau unității administrative sunt cunoscute, valoarea scurgerii anuale modificate ( $\bar{Y}_{ob}$ ) poate fi apreciată în baza relației:

$$\bar{Y}_{ob} = \bar{Y}_{na}(1 - \omega_a) - \bar{E}_{ES}\omega_a, \quad (2)$$

Evaluarea influenței lacurilor antropice asupra resurselor de apă poate fi realizată utilizând un coeficient de influență antropică, care reprezintă raportul dintre scurgerea anuală modificată și scurgerea climatică și care este descris de funcția exponențială a două argumente:

$$k_y = \frac{\bar{Y}_{ob}}{\bar{Y}_{CL}} = \exp(-\alpha_a f_L) \quad (3)$$

unde  $f_L$  - ponderea (%) oglinzii apei lacurilor în suprafața totală a regiunii [5]

(bazinului hidrografic, regiunii peisagistice sau unității administrative);  $\alpha_a$  - variabilă care caracterizează intensitatea de diminuare a scurgerii climatice în condițiile suprafeței respective a lacurilor antropice. În condițiile peisajelor de stepă din Ucraina valoarea

lui  $\alpha_a$ , conform [8], se propune de apreciat după relația (4), care poate fi adaptată și pentru spațiul Republicii Moldova.

$$\alpha_a = 0,767\bar{Y}_{CL}^{-0,49}, \quad (4)$$

Estimarea volumului de apă a lacurilor antropice poate fi realizată în baza cercetărilor în teren, cu efectuarea măsurătorilor caracteristicilor morfologice și hidrologice ale acestora. În etapa inițială a cercetărilor, în acest scop, analiza a fost realizată utilizând imaginile satelitare Landsat 2004 și sistemele informaționale geografice.

### Rezultate și discuții

Lacurile antropice, amenajate pe râuri în diferite scopuri (reglarea scurgerii, pescuit, irigații etc.), în funcție de volumul de apă, convențional, sunt grupate în două categorii: lacuri de acumulare și iazuri. Lacurile antropice cu un volum de apă de 1 mil. m<sup>3</sup> și mai

mare se numesc lacuri de acumulare, iar cele cu un volum mai mic de 1 mil. m<sup>3</sup> se atribuie la iazuri, heleșteie etc.

Construirea diferitelor categorii de lacuri în Moldova a început încă în sec. XV-XVI, dar a avut loc mai intens în secolul al XX-lea, în perioada postbelică. În prezent nu este cunoscut cu precizie numărul de lacuri, suprafața și volumul de apă al acestora. Confruntând hărțile topografice din anii '70-80 ai secolului trecut și imaginile Landsat 2004, s-a constatat, pe de o parte, că multe lacuri prezente pe hărțile topografice nu mai existau la data realizării imaginilor cosmice, iar altele, în măsură apreciabilă, au fost colmatate. În anii '90 ai secolului trecut în Republica Moldova, după unii autori [12], existau 3532 de iazuri și lacuri de acumulare. În anii următori se consideră că numărul iazurilor, cu un volum inițial de 50-150 mii m<sup>3</sup>, ca urmare a colmatării, s-a redus substanțial, astfel ca numărul total al acumulărilor de apă s-a redus la cca. 3000.

În baza relațiilor 2-4 a fost apreciată valoarea scurgerii medii modificate, inclusiv ponderea scurgerii modificate în urma construcției lacurilor antropice pe regiuni și subregiuni fizico-geografice sau peisagistice. În tab.1 sunt prezentate datele doar pe regiuni peisagistice. Conform acestor aprecieri resursele de apă, în condițiile numărului și caracteristicilor lacurilor antropice existente, s-au redus în mediu pe republică cu 14%. Valoarea minimă a modificării scurgerii (2,6%) caracterizează ramurile de sud-vest ale Podișului Podoliei, iar cea maximă – Câmpiile și Dealurile de stepă ale Moldovei de Nord (19,4%), unde se înregistrează cel mai mare număr de lacuri artificiale (tab. 1). Este relativ mare și valoarea diminuării scurgerii în Câmpia Ialpușului, fenomen determinat în mare parte de acumulările Comrat și Congaz.

**Tabelul 1: Scurgerea medie climatică și scurgerea modificată antropic prin amenajarea de lacuri antropice.**

Regiuni fizico-geografice	Suprafața regiunii, mii km <sup>2</sup>	Pondere lacuri, %	Scurgerea medie climatică, mm	$k_y$	Scurgerea medie modificată	
					mm	% diminuare
Regiunea Podișurilor și Câmpiilor de Silvestepă ale Moldovei de Nord	9117,4	1,28	21,12	0,82	20,00	5,3
Regiunea Câmpiilor și Dealurilor de Stepă ale Moldovei de Nord	3721,4	1,33	19,00	0,79	15,31	19,4
Regiunea de Silvestepă a Podișului Râbniței	1897,5	0,14	16,56	0,97	16,13	2,6
Regiunea Podișului Codrilor Bâcului	6576	1,08	25,63	0,86	22,67	11,5
Regiunea Câmpiilor și Podișurilor de Silvestepă ale Moldovei de Sud	5531,4	0,74	15,80	0,87	14,03	11,2
Regiunea Câmpiei de Stepă a Bugeacului	4476,7	0,94	13,08	0,83	11,04	15,6
Regiunea Câmpiei Aluviale de Stepă a Nistrului	2596,4	0,89	12,98	0,9	11,61	10,6
Total	33917	1,05	20,6	0,85	17,72	14,0

În vederea reabilitării sistemelor de irigații o problema stringentă reprezintă aprecierea volumului potențial de apă care se conține în lacurile antropice. În condițiile

unui relief de câmpie și podiș, cu o mică energie a reliefului, se consideră că suprafața luciului de apă se află într-un strâns raport cu volumul de apă acumulat. Reieșind din aceste considerente, și în baza caracteristicilor morfometrice a 117 lacuri de acumulare cu un volum de apă mai mare de 1 mil. m<sup>3</sup>, s-au testat câteva relații. În formă liniară s-a obținut ecuația:

$$V = 3,619 \cdot S; R^2 = 0,890 \quad (5). \text{ (Fig. 1)}$$

În forma polinomială această ecuație ia aspectul următor:

$$V = 0,099 \cdot S^2 + 2,328 \cdot S; R^2 = 0,939 \quad (6). \text{ (Fig. 2)}$$

O altă relație propusă de [1 și 2], calculată în baza datelor WORLDLAKE, are aspectul:

$$V = 3,4 \cdot S^{1,134} \quad (7)$$

Pentru Podișul Moldovenesc de la vest de Prut se constată, de asemenea, o mare interdependență a acestor două variabile (suprafață și volum), deosebindu-se în același timp două grupe de acumulări [19]:

- *acumulările mici și mijlocii*, care se grupează după dreapta descrisă de ecuația:

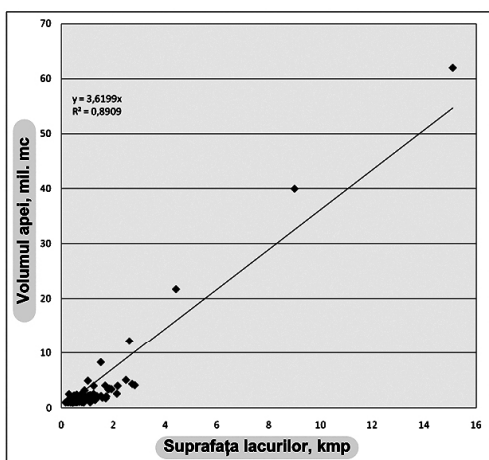
$$V_1 = 18,4585 \cdot S^{1,0444} \quad (8)$$

Unde  $V_1$  - volumul lacului în mii m<sup>3</sup> și  $S$  - suprafața lacului în ha

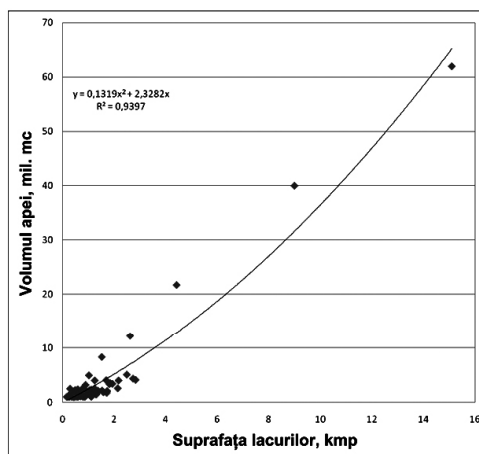
- *acumulările mari* care se grupează după dreapta descrisă de ecuația:

$$V_2 = 100,1 \cdot S^{0,991} \quad (9)$$

Volumul total al acumulărilor din Republica Moldova, apreciat după datele de proiect, și volumul calculat după ecuațiile de regresie 5, 6, 7, 8 se prezintă în tabelul 2.



**Figură 1:** Dependența volumului apei în lacurile de acumulare de suprafața acestora (regresie liniară, ecuația 5).



**Figură 2:** Dependența volumului apei lacurilor de acumulare de suprafața acestora (regresie polinomială, ecuația 6).

Calcululele asupra volumului lacurilor de acumulare prezintă o corelație mai strânsă a datelor de proiect cu cele calculate cu utilizarea ecuației 6 (Tab. 2), însă, ținând cont de colmatarea lacurilor, par a fi mai veridice datele obținute cu utilizarea ecuației 8.

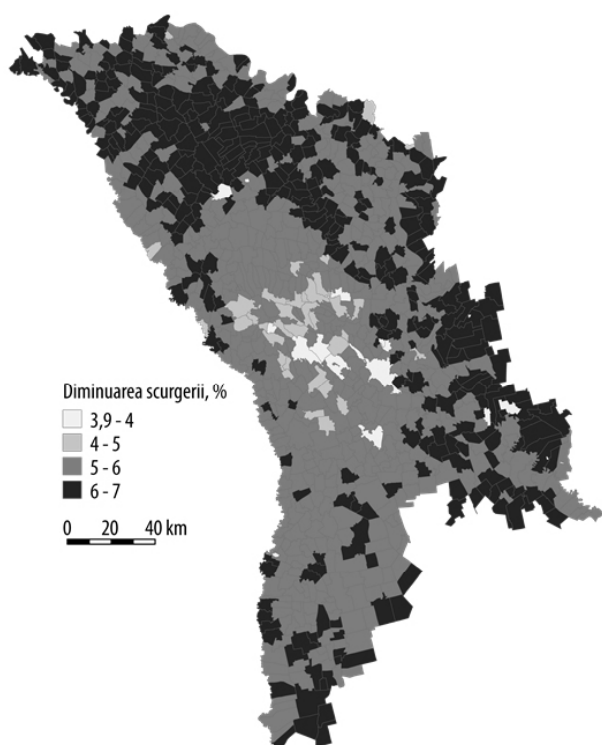
Astfel, confruntând imaginile satelitare Landsat 2004, în Republica Moldova a fost depistat un număr de 2863 de lacuri de acumulare și iazuri, repartizate pe unități

peisagistice regionale destul de neuniform. Ponderea acestora variază de la 0,39% în Câmpia Cogâlnicului de Mijloc și până la 3,30% în Podișul Râbniței (Tab. 1). Menționăm că valoarea volumului de apă din lacurile antropice, apreciat cu utilizarea relațiilor 5-8 reprezintă valori teoretice. Este necesar de ținut cont de colmatarea lacurilor după darea lor în exploatare, care, evident, a contribuit la diminuarea volumului de apă a acestora.

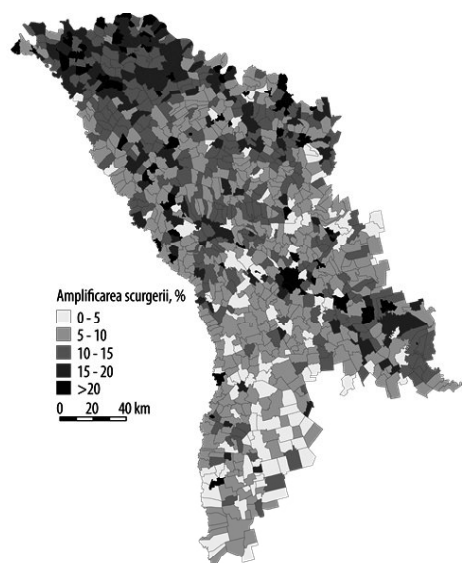
**Tabel 2. Valorile de proiect și cele estimate ale volumului lacurilor de acumulare din Republica Moldova, mil. m<sup>3</sup>**

Volumul lacurilor	Volum total conform datelor de proiect	Volum apreciat conform cu:			
		ecuația 5	ecuația 6	ecuația 7	ecuația 8
<b>Volumul total</b>	343,70	476,06	351,38	487,26	305,77
<b>Volum mediu</b>	2,95	4,07	3,00	4,16	2,61

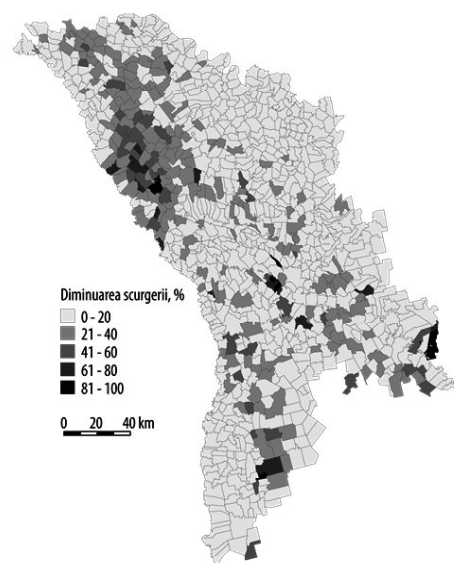
Aprecieria cu precizie mai mare a volumului posibil al apelor lacurilor antropice și al altor caracteristici ale acestora se efectuează prin măsurători și cartări în teren. În vederea aprecierii volumului de apă în lacurile antropice după darea lor în exploatare, s-a analizat dinamica procesului de colmatare a 40 de acumulări: 18 din bazinul fluviului Nistru, 12 din bazinul Prutului și 10 din bazinele râurilor care se varsă nemijlocit în limanurile dunărene și în cele ale Mării Negre. Calculele denotă că valoarea medie de diminuare a volumului total al acumulării Dubăsari este de 1,1% pe an, valoare de circa două ori mai mare de cât cea a lacului Costești-Stânca care este de 0,6% anual.



**Figură 3: Diminuarea scurgerii de suprafață în funcție de ponderea terenurilor arabile**



**Figură 4: Modificarea scurgerii de suprafață în funcție de ponderea ariilor construite.**



**Figură 5: Modificarea scurgerii de suprafață în funcție de construcția lacurilor antropice.**

Valori maxime ale colmatării, fenomen care contribuie la diminuarea volumului și a oglinzii lacurilor, caracterizează acumulările de apă din Câmpia Cuboltei Inferioare (lacul Bălți), din Câmpia Ialpușului (acumulările Comrat și Congaz ș.a.). Astfel volumul total al acestora s-a micșorat anual cu 1,56% și respectiv 1,48% și 1,7%. Reieșind din aceste aprecieri, conchidem că volumul total al lacului de acumulare Dubăsari, de exemplu, s-a redus de la 485 mil. m<sup>3</sup> în 1956 până la 178 mil. m<sup>3</sup> în 2011, iar al lacului Congaz, de la 9,9 mil. m<sup>3</sup> în 1961 până la 1,6 mil. m<sup>3</sup> în 2011.

Un alt factor cu influențe asupra scurgerii de suprafață este modul de utilizare a terenului și nu în ultimul rând ponderea arabilului. Conform datelor noastre (fig. 3), valoarea maximă a diminuării scurgerii în funcție de ponderea arabilului se înregistrează în Câmpia Cuboltei, Câmpia Nistrului Inferior și în raionul Briceni, unde ponderea arabilului poate atinge 84% din terenurile agricole.

În fig. 4 este reprezentat modul de influență a construcțiilor asupra scurgerii în funcție de ponderea ariilor acoperite. În ansamblu, ariile construite aduc la creșterea scurgerii de suprafață, care, în condițiile ploilor torențiale și a unui sistem ineficient de captare a apelor, poate contribui la inundații, uneori cu efecte catastrofale, cum a avut loc, de exemplu, la 31 iulie 2008 în orașul Chișinău.

### Concluzii

În rezultatul cercetărilor, folosind metode statistice, teledetecția și sistemele informaționale geografice, a fost apreciat modul de influență a lacurilor antropice, arabilului și a intravilanului asupra scurgerii de suprafață. Construcția lacurilor și arabilul contribuie la diminuarea cu circa 16% a scurgerii de suprafață. A fost estimat numărul lacurilor antropice din Republica Moldova, valoarea teoretică a volumului

lacurilor și, pe exemplul unui număr de patruzeci de lacuri din bazinul fluviului Nistru, râului Prut și a râurilor din interfluviul Prut-Nistru, a fost apreciat volumul de apă și alte caracteristici morfometrice ale acestora în raport cu dinamica procesului de colmatare. Rezultatele cercetărilor pot servi ca suport în aprecierea resurselor de apă și gestionarea bazinelor hidrografice din cadrul proiectului ”Tranziția la agricultura performantă” al Proiectului COMPACT.

### Bibliografie

1. Рянжин, С.В., Сколько на земле озер, каковы их общая площадь и объем, и что с ними будет, если изменится климат? 2005 г., [http://www.rffi.ru/default.asp?doc\\_id=28361](http://www.rffi.ru/default.asp?doc_id=28361)
2. Tamrazyan G.P. // Bull. Geolog. Soc. Finland. 1974. V. 46. № 1. P. 23-27.
3. Будыко А.Г. Водный баланс речных водосборов.- Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 304 с.
4. Доброумов Б.М., Устюжанин Б.С. Преобразование водных ресурсов и режима рек центра ЕТС. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 221 с.
5. Казак В.Я, Лалыкин Н.В., Гидрологические характеристики малых рек Молдовы и их антропогенные изменения.- Кишинэу: Mediul ambiant, 2005. – 208 с.
6. Коваленко В.В. Динамические и стохастические модели гидрологического цикла. – Л.: ЛПИ, 1988. – 34 с.
7. Лалыкин Н.В., Мельничук О.Н., Посошин Л.Н. Определение суммарной емкости искусственных водоемов Молдавии.// Труды Кишиневского СХИ, 1979, с. 28-33.
8. Лалыкин Н.В. Расчет нормы годового стока малых рек Молдавии // Тр. УкрНИИ Госкомгидромета. – 1988. – Вып. 228. – С. 74-82.
9. Лалыкин Н.В., Сыродоев И.Г. Некоторые подходы к оценке воздействия изменения и изменчивости климата на водные ресурсы. // Кн.: Климат Молдовы XXI веке: проекции изменений, воздействий, откликов. Под ред. Р.М. Коробова. – Кишинев, 2004. с. 176-212
10. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек в условиях антропогенного влияния. – Одесса «Экология», 2005, 208 с.
11. Мезенцев В.С., Расчет водного баланса. – Омск: сельхоз. ин-т, 1976. 76 с
12. Мельничук О.Н., Лалыкин Н.В., Филипенков А.И. Искусственные водоемы Молдовы (состояние, использование, охрана, гидрологические расчеты). – Кишинев: Штиинца, 1992, 211 с.
13. Молдованов А.И. Заиление прудов и водохранилищ в степных районах.- Л.: Гидрометеиздат, 1978, 128 с.
14. Молдованов А.И., Сластухин В. В. Результаты полевых исследований процессов заиления прудов Молдовы. – Сб. „Охрана природы Молдавии”. вып. 3, Кишинев, 1965, с. 44-56.
15. Тюрк Л., Баланс почвенной влаги. Пер. с франц. - Л.: Гидрометеиздат, 1958, 228 с.
16. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. - Л.: Гидрометеиздат, 1989, 334 с.
17. Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. -Л.: Гидрометеиздат, 1979, 300 с.
18. GRASS Development Team, 2010. Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software, Version 6.4.0. Open Source Geospatial Foundation. <http://grass.osgeo.org>
19. Rusu C., (coord.) Impactul riscurilor hidro-climatice și pedo-geomorfologice asupra mediului în bazinul Bârladului, CEEX 756/2006, Raport intermediar 2006, <http://www.geography.ro/rapoarte/raport-stiintific-ceex-iris-2006.pdf>