

УДК 550.348.098.64

Sandu I.

Seismicitatea Regională (Vrancea) în contextul Seismicității Globale

Резюме

Региональное исследование сейсмичности Вранча, а также её количественная оценка в глобальном масштабе, были проведены в рамках данных МСК (Международный Сейсмический Каталог) с выборкой для глобальных сейсмических событий $M \geq 4,5$ ($0 \leq H \leq 1000$ км) в период с 1965 по 2008 год с добавочными условиями ($44^\circ \leq \lambda \leq 48^\circ$, $25^\circ \leq \varphi \leq 29^\circ$) для региональных событий. Используя рекуррентные соотношения для различных отношений (M , M_0 , E), были собраны комплексные статистические данные, необходимые для определения коэффициента и порядка механической энергии и частоты её освобождения, на региональном уровне ($\sim 10^{16}$ Дж) и в глобальном масштабе ($\sim 10^{19}$ Дж) в пределах каталога МСК за 44 года. Региональная сейсмическая активность Вранча, составляет в целом $\sim 1:1500$ от глобальной энергии.

Abstract

Regional investigation of Vrancea seismicity area, as well as quantitative estimates of intake in the global seismicity has been done in the frame of ISC (International Seismic Catalog) reports database. The selection for global seismic events was $M \geq 4.5$ according magnitude ($0 \text{ km} \leq H \leq 1000 \text{ km}$), 1965-2008 depth and period, and for the regional events the coordinates frame $44^\circ \leq \lambda \leq 48^\circ$, $25^\circ \leq \varphi \leq 29^\circ$ further. Using recurrence relations for different scales of magnitude and recurrence relations of (M , M_0 , E) were collected statistics for the coefficients and for the frequency order of seismic power, which is possible to determine through the order of mechanical energy released by seismic events at regional level $\sim 10^{16} \text{ J}$ and global ones $\sim 10^{19} \text{ J}$, for a 44 years range. Regional seismic activity rate has the proportion of $\sim 1:1500$ with global seismicity, in terms of energy. The algorithm of numerical calculation was been done by using the software package Mathematics 4.1v.

Rezumat

Investigația seismicității regionale - Vrancea cât și estimarea cantitativă al aportului acesteia în cadrul seismicității globale a fost efectuată în limita rapoartelor: ISC (International Seismic Catalogue); Condițiile de selecție pentru evenimentele seismice globale: $M \geq 4.5$, ($0 \text{ km} \leq H \leq 1000 \text{ km}$), perioada 1965-2008, și regionale $44^\circ \leq \lambda \leq 48^\circ$; $25^\circ \leq \varphi \leq 29^\circ$ suplimentar. Utilizând relațiile de recurență pentru diferite scări de magnitudine și relațiile de recurență dintre (M , M_0 , E) s-au obținut coeficienții statistici pentru legea frecvenței și ordinul puterii seismice, fiind posibilă determinarea ordinul energiilor mecanice eliberate prin evenimentele seismice la nivel regional $\sim 10^{16} \text{ J}$ și global $\sim 10^{19} \text{ J}$, pentru intervalul temporal 44 ani, în limita catalogului ISC.

Rata activității seismice regionale față de cea globală este $\sim 1:1500$, în termeni de energie. Algoritmul de calcul numeric a fost realizat cu ajutorul pachetului de programe Matematica 4.1v.

Introducere

Studiile anterioare efectuate privind seismicitatea regională, cât și cea globală, prezintă un aport direct în estimarea riscului seismic și al hazardului seismic [1,2,3]; Astfel, estimarea obiectivă ai resurselor dinamice pentru energiile seismice acumulate și emise în timp este de o importanță majoră atât pentru studiul de față, cât și pentru direcțiile de cercetare prioritare.

Dificultatea obținerii acestor valori energetice direct, este condiționată de raportul diversificat în scara de magnitudini, pentru fiecare eveniment. Soluționarea problemei este realizată cu ajutorul relațiilor de recurență, dintre diferite scări de magnitudine și conversie la scara energetică [4], însă totodată contribuie la creșterea incertitudinii rezultatelor, și impun condiții suplimentare în raportul realizării obiectivelor propuse, prin calculul erorilor.

Problema omogenității datelor este soluționată direct, în limitele raportării parametrilor de către aceeași agenție ISC, pentru întreaga perioadă de 44 ani, și de condițiile noului format simplificat.

Date

În lucrarea de față sunt folosite rapoartele catalogului seismic internațional ISC, pentru întreaga perioadă 1965-2008. Omogenitatea temporală, este asigurată prin aplicarea modelelor și metodelor unice pentru întregul set de date, de către aceeași agenție ISC, în procesul determinării și raportării parametrilor evenimentelor seismice (timpul, epicentru, adâncimea, magnitudinea). Condițiile de selecție pentru evenimentele seismice ISC globale sunt: $M \geq 4.5$, ($0\text{km} \leq H \leq 1000\text{km}$), perioada 1965-2008; și pentru cele regionale condiția suplimentară $44^\circ \leq \lambda \leq 48^\circ$; $25^\circ \leq \varphi \leq 29^\circ$.

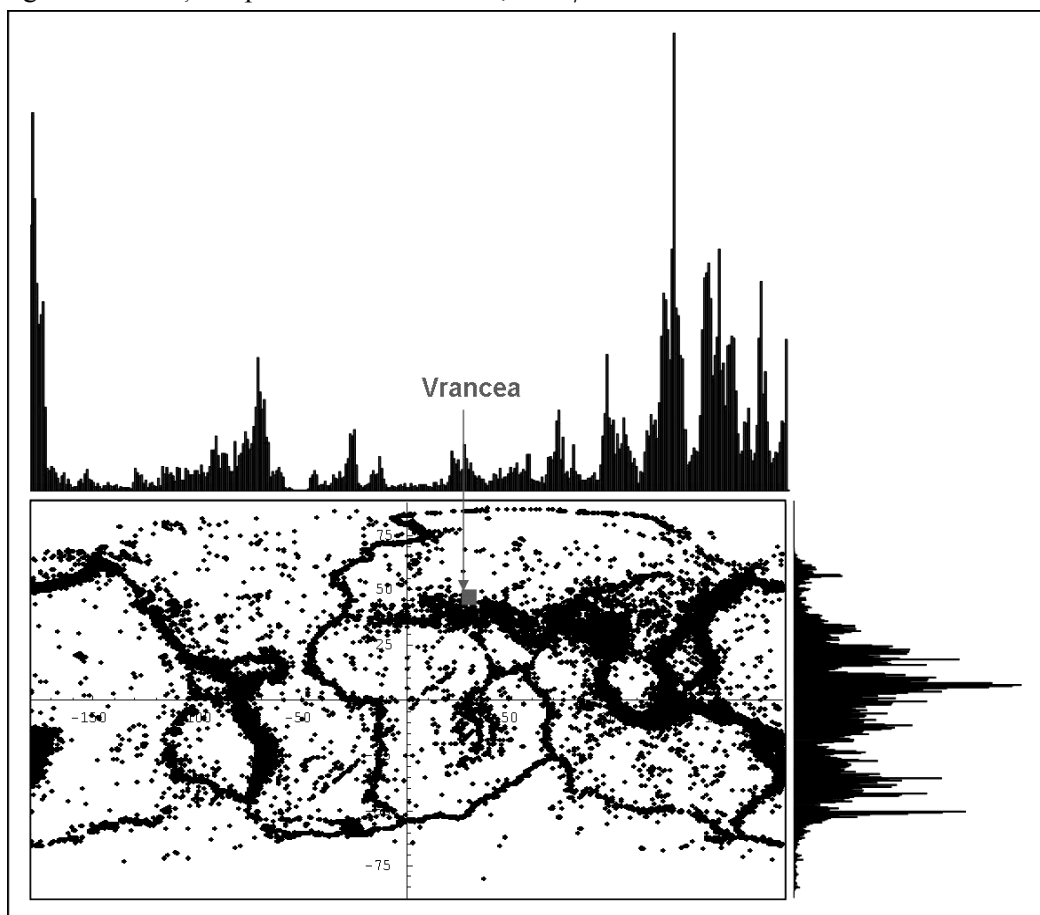


Fig.1. Distribuția epicentrală ai evenimentelor seismice ISC ($M \geq 4.5$) 1965 – 2008.

Drept rezultat, a fost creată o baza de date cu 176877 evenimente seismice, formatul căreia include:

Codul, data, timpul, eroarea timp, rms timp, latitudine, longitudine, eroare latitudine, eroare longitudine, adâncime, eroare adâncime, magnitudini. Formatul ISC inițial, este destul de variat, îndeosebi în raportările de magnitudini. Iar pentru raportarea unica în magnitudini sunt necesari algoritmi suplimentari pentru a filtra valorile adiacente, și acești algoritmi sunt prezentați în continuare.

Pentru caracterizarea catalogului ISC ($M \geq 4.5$) cu format simplificat și unificat, este adusă distribuția statistică pentru valorile epicentrale, ale celor 176877 evenimente seismice (Fig.1). Acestea nu fac decât să contureze proiecția pe suprafața pământului a zonelor seismic active [5], una dintre care este și regiunea Vrancea [6,7].

Distribuția statistică pentru scările magnitudinilor raportate de ISC (MB – magn. de volum, MS – magn. de suprafață, ML – magn. locală, MJ – magn. JMA, MD – magn. de durată, UN – magn. necunoscută, ME – magn. energetică, MW – magn. moment, MG – magn. Gutenberg, MPV – magn. complimentare și alte magn.) este realizată după selecția prioritară de omogenizare a formatului și prezentată în Tabel.1.

Tabelul 1.

Scara magnitudinilor evenimentelor seismice ISC raportate pentru 1965-2008

Sc.Magn.	$M(\text{toate})$	$M \geq 4.5$	$M \geq 4.6$	$M \geq 4.7$	$M \geq 4.8$	$M \geq 4.9$	$M \geq 5.0$
MB	167638	162258	136946	112320	89698	69730	53532
MS	87	83	70	62	55	49	43
ML	4932	2575	1900	1452	1122	738	498
MJ	70	68	31	22	12	6	4
MD	1329	1329	1034	893	744	593	443
UN	1802	1802	1320	1042	823	659	539
ME	26	26	26	26	26	26	26
MW	873	767	728	692	661	630	607
MG	46	46	24	16	13	10	3
MPV	64	64	44	32	20	12	8
Altele	10	10	7	5	5	5	5
Total	176877	169028	142130	116562	93179	72458	55708

Diversitatea largă în scara magnitudinilor raportate de ISC necesită, în primul rând, cunoașterea specificului fiecărei scări de magnitudine în parte [3,4], înaintea aplicării procedurii de conversie, la scara unică de magnitudine M_w . Inițial se consideră $dM \approx 0.1$, aici se include eroarea măsurărilor la o stație, cât și eroarea statistică după medierea valorii în magnitudine, pe întreg setul de stații. Din (Tabel.1) observăm destul de ușor prioritatea cantitativă, estimată în numărul de raportări în scara M_b , peste valoarea de 96 (%), pentru ($M \geq 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 5.0$). Acești parametri – epicentru și magnitudine, sunt necesari și suficienți pentru a estima cantitativ, în limita erorilor admise la măsurări și procedee de conversie, rata energetică ai activității seismice regionale în contextul seismicității globale.

Metodologia

Deosebim câteva etape, ce descriu algoritmul de lucru: selecția datelor și stocarea acestora, simplificarea formatului, conversia magnitudinii raportată de ISC la scara unică M_w , conversia magnitudinii către valorile energetice corespunzătoare și aplicarea metodelor statistice în scopul generalizării rezultatelor investigației. Faza de conversie a formatului inițial ISC la cel simplificat este voluminoasă, de oarece include în sine

algoritmi de filtrare, sortare, comparare pentru fiecare parametru selectat, în noul format al catalogului ISC ($M \geq 4.5$) 1965-2008. Raportarea multiplă în scara magnitudinilor de către ISC, și necesitatea unei singuri scări de magnitudine pentru determinarea univocă a energiei, eliberate pe eveniment seismic, sugerează ideia selecției prioritare după scara magnitudinilor în următoarea ordine: $M_W, M_E, M_B, M_S, M_L, M_D, M_J, M_G, M_{PV}$, un (“unknown” – necunoscută), și altele (M_N, M_b, m_{BLg}). Această ordine prioritară își are argumentare în tendința generală de a converti scările de magnitudini la scara unică M_W , iar pentru evenimentele seismice care conțin M_W în lista de magnitudini raportate, se aplică procedura de selecție “prioritară” (pentru cazul raportării multiple în scara magnitudinilor) și de păstrare neschimbată (pentru cazul raportării unice în scara de magnitudini) ai valorii M_W .

În majoritatea cazurilor $M_t \approx M_W$ [8], $m \approx M_W$ [9], $M_{ms} = M_K \approx M_G$ după [10], și $\approx M_t$ după [11]. În [12], mai târziu [13], s-a arătat că $m_{BLg} = M_N \approx M_t$, pentru perioadele $\sim 1s$.

Discuția relațiilor MPV și MLH în [14] definesc $MPV \approx M_B$ și $MLH \approx M_S$ în baza aceleiași relații de corelare [15]. $M_D = M_C \approx M_L$ după [16] și [17], iar $M_L = M_t = M_G \approx M_S$, pentru evenimente de suprafață [8]. Relațiile de recurență dintre scările $M_W, M_L, M_J, M_E, M_b, M_B, M_S$, sunt prezentate prin valori absolute și relative cu scara unică M_W după [8] și [14], aceste reprezentări grafice sunt interpolate analitic prin dependențe liniare și folosite în lucrarea de față, mai mult ca atât sunt determinate și intervalele de încredere: $M_W \pm \delta M$, prezentate detaliat în (Tabel.2).

Tabelul 2.

Relații de recurență pentru scara magnitudinilor și erorile acestora

$m-M$	M	$m=f(M)$	dm	m	$M=F(m)$	dM
M_L-M_S	3.0 ÷ 4.5	$M_L=M_S+0.5$	0.5	3.5 ÷ 5.5	$M_S=M_L-0.5$	0.5
M_L-M_S	4.5 ÷ 7.0	$M_L=0.5M_S+3.0$	0.5	5.5 ÷ 7.0	$M_S=2.0M_L-6.0$	1.0
M_L-M_W	3.0 ÷ 7.0	$M_L=M_W$	0.5	3.0 ÷ 7.0	$M_W=M_L$	0.5
M_b-M_W	3.0 ÷ 5.0	$M_b=M_W+0.1$	0.25	3.1 ÷ 5.1	$M_W=M_b-0.1$	0.25
M_b-M_W	5.0 ÷ 9.0	$M_b=0.6M_W+2.1$	0.25	5.1 ÷ 7.5	$M_W=1.67(M_b-2.1)$	0.5
M_S-M_W	3.0 ÷ 6.0	$M_S=1.5M_W-2.9$	0.25	1.6 ÷ 6.1	$M_W=0.67(M_S+2.9)$	0.5
M_S-M_W	6.0 ÷ 8.0	$M_S=M_W+0.1$	0.25	6.1 ÷ 8.1	$M_W=M_S-0.1$	0.25
M_S-M_W	8.0 ÷ 10.0	$M_S=12.1-0.5M_W$	0.25	8.1 ÷ 10.1	$M_W=24.2-2M_S$	0.5
M_B-M_S	4.0 ÷ 9.0	$M_B=2.7+0.67M_S$	0.25	5.1 ÷ 8.1	$M_S=1.67(M_B-2.7)$	0.5
M_b-M_S	3.0 ÷ 8.0	$M_b=2.3+0.67M_S$	0.5	4.1 ÷ 7.1	$M_S=1.67(M_b-2.3)$	0.9
$M_J^+-M_W$	4.0 ÷ 9.0	$M_J^+=M_W+0.2$	0.25	4.2 ÷ 9.2	$M_W=M_J^+-0.2$	0.25
$M_J^-M_W$	4.0 ÷ 9.0	$M_J^-=M_W$	0.25	4.0 ÷ 9.0	$M_W=M_J^-$	0.25
M_S-M_{GR}	6.5 ÷ 9.0	$M_S=M_{GR}-0.3$	0.5	6.2 ÷ 8.7	$M_{GR}=M_S+0.3$	0.5
M_t-M_W	6.0 ÷ 9.5	$M_t=M_W$	0.25	6.0 ÷ 9.5	$M_W=M_t$	0.25

Din (Tabel.2) obținem relația suplimentară $M_B - M_b$: $M_B - 0.4 \pm 0.5 = M_b$. La fel $M_E = M_W + 0.27$, conform [14] sau $(M_E \pm 0.5) = (M_W \pm 0.5)$, ($R \geq 0.8$), obținută în baza dependenței $M_W(M_E)$, pentru 198 evenimente seismice ISC, $M_W \geq 3.5$, perioada

1965-2009 (Fig.2) iar în baza a 1085 evenimente seismice ale aceluiași set de date ISC, $M_b \geq 3.5$, găsim $(M_b \pm 0.3) + 0.2 = (m_{b1} \pm 0.3)$, ($R \geq 0.99$), (Fig.3);

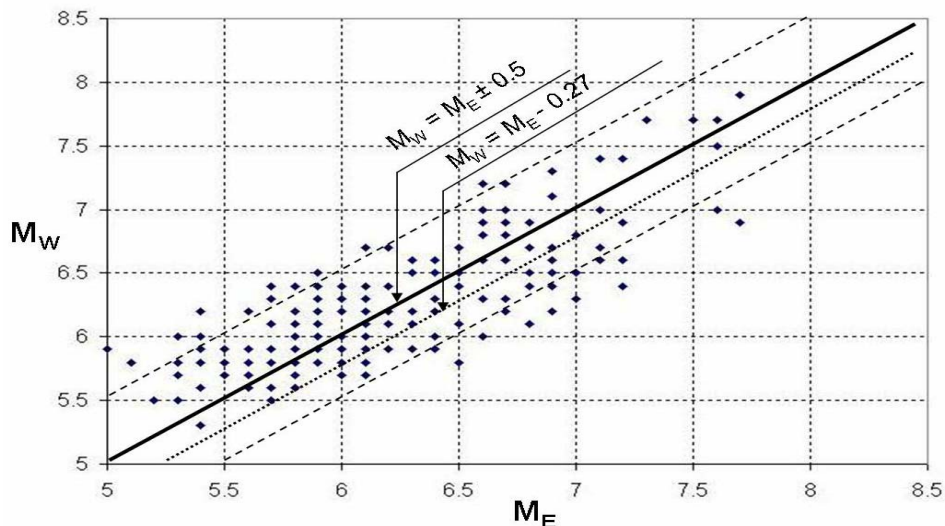


Fig.2. Dependența $M_W = f(M_E)$, pentru evenimentele seismice ISC ($M \geq 4.5$) 1965 - 2008; Linie groasă: $M_W = M_E \pm 0.5$, cu $R \geq 0.8$ și linie punctată: $M_W = M_E - 0.27$ [Bormann].

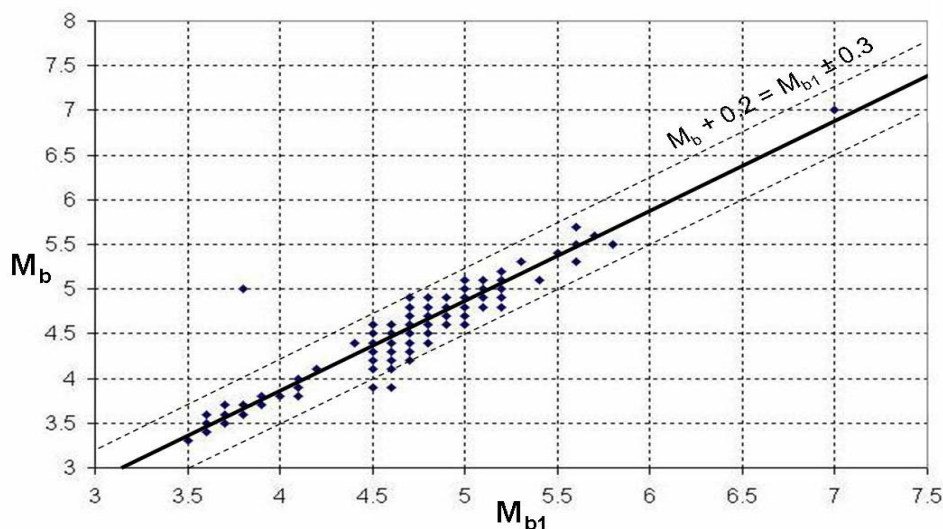


Fig.3. Dependența $M_b = f(M_{b1})$, pentru evenimentele seismice ISC ($M \geq 4.5$) 1965 - 2008.

Aplicarea relațiilor de recurență, pentru raportul în diferite scări de magnitudini, modifică gradul de precizie al valorilor magnitudinii estimate, pentru evenimentele seismice respective. Acest fapt este de menționat și pentru etapa conversiei din M_W către scara E , pentru întreg set de evenimente seismice [4].

Valorile energiei seismice medii (E_{tot}), eliberată pentru întreaga perioadă, se obțin drept suma energiei fiecărui eveniment seismic în parte (E_i) la nivel global, și la nivel regional (Vrancea); La nivel regional utilizăm selecția epicentrală ai evenimentelor seismice ISC: $24^\circ \leq \lambda \leq 48^\circ$; $25^\circ \leq \varphi \leq 29^\circ$.

Analog se procedează cu eroarea medie (δE_{tot}), pentru energia seismică eliberată în aceeași perioadă de timp:

$$E_{tot} = \Sigma E_i, \delta E_{tot} = \Sigma \delta E_i,$$

unde $i = (1, N)$, N - numărul evenimentelor seismice în catalog.

Prin urmare, răspunsul final îl găsim în raportul acestor două valori ale energiei regionale și globale.

Rezultate

Rezultatele imediate ale conversiei: valorilor magnitudinilor inițiale la scara unică de magnitudine M_W , iar mai apoi la scara E , pentru întreg catalog ISC ($M \geq 4.5$, 1965 - 2008), sunt prezentate în (Tabel.3). Valorile energetice constante în scara logaritmică nu depind de valoarea de prag, în scara magnitudinilor $M_W \geq 4.5$, pentru selecția setului de evenimente investigat.

Tabelul 3.

Dependența parametrilor seismicității globale și regionale de magnitudine

Variabile	$M_W \geq 4.5$	$M_W \geq 4.6$	$M_W \geq 4.7$	$M_W \geq 4.8$	$M_W \geq 4.9$	$M_W \geq 5.0$
N_G	168864	142044	116517	93168	72467	55721
N_R	124	107	83	62	44	26
$Lg[N_G/N_R]$	3.13	3.12	3.14	3.17	3.21	3.33
$Lg[E_G]$	19.23	19.23	19.23	19.23	19.23	19.23
$Lg[dE_G]$	18.63	18.63	18.63	18.63	18.63	18.63
$Lg[E_R]$	16.06	16.06	16.06	16.06	16.06	16.06
$Lg[dE_R]$	15.46	15.46	15.46	15.46	15.46	15.46
$Lg[E_G/E_R]$	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17

Așadar, valoarea medie pentru energia seismică, globală și regională, eliberată în 44 ani:

$$E_G = (17.0 \pm 4.3) * 10^{18} \text{ Joule} \approx (17 \pm 4) * 10^{18} \text{ Joule}$$

$$E_R = (11.5 \pm 2.9) * 10^{15} \text{ Joule} \approx (12 \pm 3) * 10^{15} \text{ Joule}$$

iar, energia seismică medie, eliberată anual, la nivel global și regional:

$$E_G = (0.39 \pm 0.09) * 10^{18} \text{ Joule} \approx (0.4 \pm 0.1) * 10^{18} \text{ Joule}$$

$$E_R = (0.25 \pm 0.066) * 10^{15} \text{ Joule} \approx (0.25 \pm 0.07) * 10^{15} \text{ Joule}$$

Rata eliberării energetice ($K = E_G/E_R$) este o valoare constantă (Tabel.3), în raport cu pragul minim de selecție după magnitudine (M_W):

$$K \approx 1500$$

și descrie de câte ori (K), energia seismică globală este mai mare decât cea regională Vrancea. Iar ținând cont de valorile apropiate ale ratelor seismice în baza energiei (K) și în baza statisticii numărului de cutremure:

$$Lg[E_G/E_R] \approx Lg[N_G/N_R] \approx 3.1$$

găsim aceste rate echivalente, dând dovadă de capacități suficiente pentru procedura de descriere a seismicității relative. Suplimentar, puterea seismică medie eliberată la nivel global și regional:

$$P_G = (1.3 \pm 0.4) * 10^{10} \text{ Watt}$$

$$P_R = (8 \pm 2) * 10^6 \text{ Watt}$$

Rata suprafețelor geografice investigate, global și regional reprezintă:

$$S_G/S_R \approx 2500$$

Dacă investigăm distribuția statistică ai energiei eliberate pe eveniment și numărul de evenimente în decursul a 44 ani, la nivel global (Fig.4), atunci obținem legea frecvenței apariției cutremurelor, sau regula de cuantificare ai energiei:

$$NE^{-\beta} = N_o E_o^{-\beta} = \text{constant}$$

unde $\beta \approx -0.55$, iar în [18] $\beta = -2/3$, pentru alt interval de timp, decât cel din (Fig.4). Rămîne de verificat dacă valoarea numerică, ai constantei de mai sus, depinde sau nu de intervalul ales.

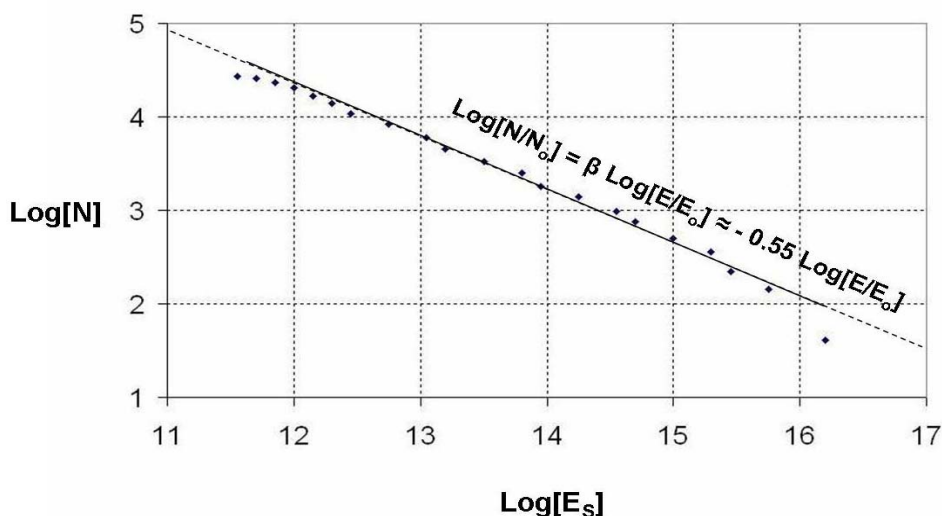


Fig.4. Dependenta $N = f(E)$, pentru catalogul ISC (1965-2008), în scara logaritmică

Discuții și concluzii

În scopul determinării ratei seismice K , pentru regiunea Vrancea, au fost utilizate resursele catalogului ISC, pentru perioada 1965-2008 și $M \geq 4.5$, Rata seismică $K \approx 1500$, este stabilă și pentru subseturile ($M \geq 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 5.0$). Dacă e să calculăm K în baza valorilor numerice raportate în [6,18], atunci primim acelaș ordin $\sim 10^3$. Emisia anuală medie a energiei seismice, la nivel regional, reprezintă $(0.25 \pm 0.07) \cdot 10^{15}$ Joule, cu aceeași rată din energia globală [19].

Rata seismicității, determinată în baza numărului de evenimente seismice, este de acelaș ordin ca și rata energetică. Acest fenomen poate fi explicat prin distribuția statistică [18], în care se vede clar dependența M_o de N (numărul de evenimente), și poate fi adaptată la situația noastră prin relația de recurentă $[E_s - M_o]$, în (Fig.4). În baza distribuției statistice din (Fig.4), s-a stabilit că $NE^{-\beta} \approx \text{constant}$, unde $\beta \approx -0.55$.

Odată ce au fost stabilite valorile medii ale energiei și ratei seismice, imediat apare întrebarea privind evoluția acestor valori în timp: dacă sunt constante sau suferă fluctuații, și, bineînțeles, care sunt cauzele acestora? Aceste direcții noi reprezintă în sine obiective mult mai generale, decât cele înaintate inițial, și necesită o dezvoltare mult mai detaliată a investigației. Vom reveni asupra acestui aspect cu o viziune mai generală, pornind de la baza de date folosită anterior ISC, la care vom adăuga și datele catalogului NIEC.

Bibliografie

1. Kramer, S.L. (1996) Seismic hazard analysis. Geotechnical earthquake engineering, ISBN 0133749436, 106-142
2. Wenzel F., Lungu D, (Ed.) (1999) Vrancea Earthquakes: Tectonics, hazard and risk mitigation, Advances in natural and technological hazard research, v11, ISBN 0792352831, 375pp.
3. Engdahl R.E., Villasenor A, (2002), Global seismicity: 1900-1999, International handbook of earthquake and engineering seismology, v81A, ISBN: 0124406521, 665-690
4. Lay T., Wallace T., (1995), Modern Global Seismology, Introduction: earthquake distributions, Academic Press, 17-23
5. Bormann, P.(2002) Seismic sources and source parameters. New manual of seismological observatory practice (NMSOP), IASPEI, GFZentrum Potsdam, ISBN 3980878007, 1-94
6. Kramer, S.L. (1996) Seismology and Earthquakes. Geotechnical earthquake engineering, ISBN 0133749436, 19-29
7. Balan S., Cornelius Radu, Gabriela Polonic, (1982), Cutremurul de pământ din Romania de la 4 martie 1977, Seismicitatea teritoriului Romaniei cu referire speciala la regiunea Vrancea, p.75
8. Sandu I, Zaicenco A, (2008) Harmonization of seismic hazard in Vrancea zone, Focal mechanism for Vrancea area, ISBN 9781402092404(HB), 17-46
9. Utsu, T.,(2002) Relationships between magnitude scales, International handbook of earthquake and engineering seismology, v81A, ISBN 0124406521, 733-746
10. Atkinson, G. M., and Hanks, Th. (1995) A high-frequency magnitude scale. Bull. Seism. Soc. Am., 85, 3, 825-833
11. Kawasumi, H (1951) Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo 29, 469-482
12. Greenhalgh, S. A., Denham, D., McDougall, R., and Rynn, J. M. (1989). Intensity relations for Australian earthquakes. Tectonophysics, 166, 255-267
13. Herrmann, R. B., and Nuttli, O. W. (1982) Magnitude: The relation between M_L and m_{bLg} Bull. Seism. Soc. Am., 72, 389-397
14. Kim, W.-Y. (1998) The M_L scale in Eastern North America. Bull. Seism. Soc. Am., 88, 4, 935-951
15. Bormann, P.(2002) Seismic sources and source parameters. New manual of seismological observatory practice (NMSOP), IASPEI, GFZ Potsdam, ISBN 3980878007, 36-49, 54-56, 82-94
16. Abe, K., and Kanamori, H. (1980) Magnitudes of great shallow earthquakes from 1953 to 1977. Tectonophysics., 62, 191-203
17. Kramer, S.L. (1996) Size of earthquakes. Geotechnical earthquake engineering, ISBN 0133749436, 45-51
18. Lee, W. H. K., and Lahr, J.C. (1975) HYPO71 (revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion pattern of local earthquakes. U.S. Geological Survey Open-File Report 75-311, 116pp
19. Lay T., Wallace T., (1995), Modern Global Seismology, Earthquake statistics, Academic Press, 392-396
20. Kramer, S.L. (1996) Earthquake energy. Geotechnical earthquake engineering, ISBN 0133749436, p51 (Fig.2.31)

УДК 556.32 (478-25)

Chircă L.^{*}, Coadă D.[†]

Unele aspecte hidrogeologice ale apelor subterane din municipiul Chișinău

Резюме

В статье „Некоторые гидрогеологические аспекты подземных вод муниципия Кишинев” приведены некоторые гидрогеологические аспекты подземных вод, имеющих распространение на территории муниципия Кишинев: четвертичных, плиоценовых, неогеновых, палеогеновых, меловых и силурийских водоносных горизонтов. Рассматриваются гидрогеологические параметры подземных вод, химический состав и дебиты колодцев и скважин. Наиболее важное значение имеют подземные воды сарматского водоносного горизонта.

Abstract

The underground waters are occupied an extremely of importance place in economy as source of alimentation of population, industrial, etc. Their capture is more advantageous than of surface water, in majority of cases having superior drinking quality has not needed installation of purification. In Chișinău have been evaluated and characterized the most aquatic horizons; the underground waters from Quaternary rocks; aquatic horizon from Pliocene rocks; the waters from sarmatian deposits; the waters from Bedeniene rocks; the waters from Paleocene rocks; the waters from Cretaceous rocks; the waters from Silurian rocks; the waters from Presilurian rocks. A great economic importance has the aquatic horizon from middle and later Sarmatian deposits.

Introducere

Apele din litosferă de proveniență endogenă sau exogenă, care circulă sau stagnează în fisuri sau porii rocilor constituie apele subterane. Ele se deosebesc de apele de suprafață (râuri, lacuri, mlastine etc.) prin dinamică, proprietăți fizice, chimice, biologice, etc.

Cercetările hidrogeologice din Republica Moldova au luat un având deosebit, dat fiind faptul ca apele subterane sunt tot mai mult utilizate în economia națională. Rezervele acestora sunt însă limitate, atât în funcție de condițiile litologice, cât și de procesele de restabilire a rezervelor. Captarea apelor subterane este mai avantajoasă decât a apelor de suprafață, datorită gradului de poluare cu mult mai mic. Actualmente în Republica Moldova centralizat se utilizează 366,7 mii m³/ 24 ore în municipiul Chișinău respectiv 57,28 mln /m³ pe an.

^{*} Universitatea de Stat din Moldova

[†] Agenția de Stat pentru Geologie "AGeoM"

Materiale și metode

În calitate de obiect de cercetare au servit orizonturile acvifere din mun. Chișinău, cantonate în rocile permeabile de diferite vârstă geologică depistate de către specialiștii Agenției de Stat pentru Geologie "AgeoM", cât și observațiile proprii din teren.

Rezultate și discuții

În municipiul Chișinău sunt depistate și descrise orizonturile acvifere cantonate în rocile cuaternare, sarmațiene, badeniene, cretacice, siluriene și presiluriene [1;5;23]

Apele subterane din rocile cuaternare.

Rocile cuaternare în care sunt cantonate apele subterane sunt de geneză aluvială și eluvială.

a) *Orizontul acvifer din depozitele aluviale contemporane*, este întâlnit în văile r. Nistru, r. Bâc, r. Ichel, r. Cogâlnic etc. Rocile acvifere sunt reprezentate de aleurite, nisip și pietriș. Adâncimea lor este cuprinsă în limitele 0,1- 7 m. Apele sunt lipsite de presiune. Debitul izvoarelor foarte rar atinge valori de 1 l/s. Din punct de vedere chimic apele se atribuie la clasa hidrocarbonat - sulfat de natriu cu o mineralizare de 1-3 g/l.

Tabelul 1.

Compoziția chimică a apelor subterane de tipul hidrocarbonatice (mun. Chișinău) [3].

Strada	Formula Curlov	r Na r Cl /r SO ₄
Rogueni; 13	$M \cdot 1,65 \frac{HCO_{51}^3}{Na_{50} \cdot Mg_{29} \cdot Ca_{21}}$	2,03
Grîului	$M \cdot 0,6 \frac{HCO_{68}^3}{Na_{35} \cdot Mg_{33} \cdot Ca_{13}}$	1,21
Malina Mică	$M \cdot 0,86 \frac{HCO_{63}^3}{Na_{43} \cdot Ca_{38}}$	1,78
Costiujeni	$M \cdot 1,47 \frac{HCO_{43}^3 \cdot NO_{22}^3}{Na_{43} \cdot Mg_{33} \cdot Ca_{27}}$	1,64

b) *Orizontul acvifer din rocile eluviale – deluviale*, este dezvoltat pe versanți. Adâncimea apelor este cuprinsă în limitele 0,1-0,8 m. Alimentarea este pluvial, iar debitul izvoarelor este cuprins între 0,01-0,05 l/s. Apele sunt sulfato - hidrocarbonatice, cu o mineralizare de 1-3 g/l.

Tabelul 2.

Compoziția chimică a apelor subterane din mun. Chișinău de tipul sulfato- natrice [3].

Denumirea străzii	Formula Curlov	rNa·rCl/rSO ₄
Spicului,298	$M \cdot 0,84 \frac{HCO_{52}^3 \cdot SO_{33}^4}{Mg_{43} \cdot Ca_{33} \cdot Na_{24}}$	0,32
Iazului,37	$M \cdot 1,1 \frac{HCO_{32}^3 \cdot SO_{24}^4}{Mg_{40} \cdot Na_{40} \cdot Ca_{19}}$	0,95
Colonița,160	$M \cdot 1,54 \frac{HCO_{36}^3 \cdot SO_{23}^4}{Ca_{37} \cdot Na_{33} \cdot Mg_{29}}$	0,66
Lermontov,17	$M \cdot 0,8 \frac{HCO_{61}^3 \cdot SO_{29}^4}{Ca_{43} \cdot Mg_{34} \cdot Na_{20}}$	0,33
Valea Morilor (izvor)	$M \cdot 1,34 \frac{SO_{45}^4 \cdot Cl_{22} \cdot HCO_{21}^3}{Ca_{39} \cdot Mg_{31} \cdot Na_{29}}$	0,18
Valea Trandafirilor (izvor)	$M \cdot 1,15 \frac{HCO_{56}^3}{Ca_{48} \cdot Mg_{27} \cdot Na_{24}}$	0,48
Muncești, 606a	$M \cdot 1,15 \frac{HCO_{53}^3 \cdot SO_{30}^4}{Ca_{42} \cdot Na_{39} \cdot Mg_{24}}$	0,39
Gh.Asachi,71/5	$M \cdot 0,77 \frac{HCO_{64}^3 \cdot SO_{20}^4}{Mg_{61} \cdot Na_{24}}$	0,5
Uzinilor,171	$M \cdot 1,53 \frac{SO_{54}^4 \cdot HCO_{29}^3}{Mg_{62} \cdot Ca_{28}}$	0,03

c) *Orizontul acvifer din argilele eluviale de pe interfluvii*, se caracterizează prin ape cu un caracter vremelnic. Adâncimea apelor este de 2-15 m. Debitul izvoarelor este mic, iar apa are o mineralizare sporită și o duritate mare.

Apele subterane din rocile Pliocene.

Acest orizont se atribuie teraselor Pliocene înalte și este cantonat în argile, aleurite și pietriș. Adâncimea apelor variază în limitele 0,1-0,6 m. Apele se atribuie la clasa hidrocarbonato-sulfatică având o mineralizare de 1-5 g/l. Rezervele mici și gradul înalt de mineralizare, cât și regimul instabil le atribuie la categoria apelor cu o importanță mică.

Apele din depozitele sarmațiene.

a) *Orizontul acvifer din depozitele sarmațianului superior.*

Rocile acvifere sunt reprezentate din nisipuri cu o adâncime de 0,1- 0,6 m. Debitul izvoarelor variază în limitele 0,001-0,3 l/s. De obicei aceste ape sunt lipsite de presiune, iar din punct de vedere chimic se atribuie la clasa hidrocarbonatică având o mineralizare de 1 g/l. Regimul apelor este climatic și din această cauză nu au importanță economică. Orizontul vizat se întâlnește pe interfluvile r. Nistru, r. Botna, r. Ișnovăț, r. Bâc,

r. Ichel ect. În aflorimente apare sub formă de izvoare doar în ravene și vâlcele. Grosimea orizontului acvifer constituie 10- 70 m.

b) *Orizontul acvifer din rocile sarmațianului mediu.*

Apele acestui orizont au un caracter sporadic și sunt cantonate în rocile argilo-nisipoase, nisipo-calcaroase de vârstă sarmațianului mediu. Adâncimea rocilor acvifere este cuprinsă în limitele 1-30 m. Apele sunt lipsite de presiune și în funcție de compoziția chimică se atribuie la clasa hidrocarbonat-sulfatică, cu o duritate sporită de 52 mg. ecv. Gradul de mineralizare constituie 1-3 g/l. Debitul izvoarelor nu depășește 0,5 l/s. Caracterul sporadic a apei și duritatea sporită minimalizează rolul economic al apelor.

c) *Orizontul acvifer din rocile sarmațianului inferior.*

Apele sunt cantonate în calcare și au o largă răspândire. Grosimea calcarelor este de 70- 150 m, iar adâncimea orizontului acvifer variază 44- 52 m (Petricani), 13-40 m (Ciocana), 60- 100 m (Ialoveni), etc. Debitul sondelor este cuprins în limitele 2- 25 m³/oră (Valea Nistrului) 1,5- 2 m³ /oră (Valea r. Bâc, r. Ișnovaț și r. Ichel). Alimentarea acestui orizont se efectuează din apele de suprafață, prin intermediul văilor râurilor și a cavenelor adânci. Apa conform compoziției chimice se atribuie la clasa hidrocarbonat-sulfat cu natriu. Apele sarmațianului inferior au o importanță deosebită pentru mun. Chișinău și servesc ca rezerve strategice.

Tabelul 3.

Caracterizarea hidrochimică ale apelor din orizontul sarmațianului inferior [3]

Amplasarea sondelor	Formula Curlov	rNa- rCl/rSO ₄	Tipul de apă Curnacov-Valeașco
Fabrica de reparație a ambalajelor	$M \cdot 0,44 \frac{HCO_{62}^3 \cdot SO_{27}^4}{Mg_{46} \cdot Na_{41}}$	1,2	Carbonată
Fosta fabrică de mobilă	$M \cdot 0,42 \frac{HCO_{69}^3 \cdot SO_{21}^4}{Mg_{46} \cdot Na_{42}}$	1,5	Carbonată
Uzina "Vibroribor"	$M \cdot 0,48 \frac{HCO_{54}^3 \cdot SO_{37}^4}{Mg_{63} \cdot Na_{21}}$	0,3	Sulfată
St.Bucuria,20	$M \cdot 0,65 \frac{HCO_{56}^3 \cdot SO_{32}^4}{Mg_{66} \cdot Na_{30} \cdot Ca_{20}}$	0,58	Sulfată
Grădina Botanică	$M \cdot 0,38 \frac{HCO_{69}^3 \cdot SO_{20}^4}{Mg_{46} \cdot Na_{41}}$	1,84	Carbonată
NPO "Vierul"	$M \cdot 0,80 \frac{HCO_{46}^3 \cdot SO_{46}^4}{Mg_{55} \cdot Na_{22} \cdot Ca_{21}}$	0,45	Sulfată
St.Spicului (Priza de apă orășenească)	$M \cdot 0,85 \frac{SO_{33}^4 \cdot HCO_{51}^3}{Mg_{41} \cdot Na_{32} \cdot Ca_{25}}$	0,49	Sulfată

Apele din depozitele badeniene.

Spre deosebire de orizonturile precedente rezervele de apă din depozitele badeniene sunt cu mult mai mici și au o răspândire mai restrânsă. Rocile acvifere sunt reprezentate de calcare, nisip, conglomerate și marne. Debitul forajelor constituie 1,8 l/s, iar apa se atribuie la clasa hidrocarbonat-clorică de natriu, având o duritate de 0,9- 1,1 mg. ecv.

Apele din rocile paleogene.

Rocile acvifere sunt reprezentate de nisip microgranular, mai rar calcare detritice cu o grosime de 3-5 m. Grosimea totală a rocilor acvifere constituie 40- 50 m. Orizontul acvifer a fost depistat în mun. Chișinău la o adâncime absolută de 102 m. Apele sunt cu presiune, iar nivelul piezometric constituie + 8,65 m. Debitul forajelor este mic, fiind de 0,033 l/s. Din punct de vedere chimic apele se atribuie la clasa clorurată de natriu, având o mineralizare de 14,3 g/l și o duritate de 28,5 mg.ecv.

Apele din rocile cretacice.

Apele sunt cantonate în nisipurile senomaniene și calcare, adâncimea variază între 154-157 m. Debitul sondelor constituie 0,08 l/s. Apa poartă un caracter ascensional, iar nivelul piezometric a fost stabilit la + 22 m de suprafața topografică. Conform compoziției chimice apa se atribuie la clasa sulfat-hidrocarbonat de natriu. Duritatea variază în limitele 1,6- 1,8 mg. ecv. și are un conținut sporit de flor 19 mg/l.

Apele captive din rocile siluriene.

Depozitele siluriene sunt reprezentate de calcare cu intercalații de dolomite și sisturi argiloase. Adâncimea apelor variază între 230-360 m. Apa are un caracter ascensional, iar nivelul piezometric este pozitiv. Debitul forajelor constituie 0,05-0,4 l/s, iar mineralizarea 2,8-2,9 g/l. Formula chimică arată în felul următor:

$$M \cdot 4,30 \frac{SO_{58}^4 \cdot Cl_{28} \cdot HCO_{14}^3}{Na_{89} \cdot Ca_6 \cdot Mg_5}$$

Apele captive din rocile presiluriene.

În mun. Chișinău aceste ape sunt mai slab cercetate, deoarece se află la adâncimi cuprinse între 600-700 m, au un caracter ascensional și se atribuie la clasa cloruro- natrică.

Concluzii

Actualmente în municipiul Chișinău funcționează următoarele prize de apă:

- a) priza de apă „Balișevsk” cu o capacitate stabilită de 850 m³/ 24 ore;
- b) priza de apă „Petricani” cu o capacitate stabilită de 11300 m³/ 24 ore;
- c) priza de apă „Ghidighici” cu o capacitate stabilită de 790 m³/24 ore;
- d) priza de pe st. Trandafirilor, 43 cu o capacitate stabilită de 290 m³/ 24 ore;
- e) priza de pe st. Florilor.1 cu o capacitate stabilită de 590 m³/ 24 ore;
- f) priza „Aeroport” cu o capacitate de 249 m³/ 24 ore;
- g) priza „Muncești” cu o capacitate de 1033 m³/ 24 ore;
- h) priza „Sângera” cu o capacitate de 433 m³/ 24 ore;
- i) priza „Ialoveni” cu o capacitate de 2099 m³/ 24 ore;
- j) priza „Grătiești” cu o capacitate de 84 m³/ 24 ore;
- k) priza „Goenii Noi” cu o capacitate de 24 m³/ 24 ore;
- l) priza „Durlești” cu o capacitate de 1224 m³/ 24 ore;
- m) priza „Ghidighici”, (or. Vatra) cu o capacitate de 1147 m³/ 24 ore.

Prizele de apă enumerate se atribuie la apele sarmațianului inferior. Monitorizarea nivelului și calității apelor de adâncime de către specialiștii Agenției de Stat pentru Geologie „AGeoM” a demonstrat că schimbările socio- economice s-au reflectat direct și asupra apelor subterane.

Calitatea apelor subterane lasă de dorit deoarece depășesc concentrația admisibilă de ioni de amoniu, nitrați și nitriți. O stare agravantă se manifestă în fântânile și unele izvoare din municipiul Chișinău.

Bibliografie

1. Мороман Н.Н. Водоснабжение г. Кишинева. Кишинёв, 1936.
2. Ермолаев А.В. Геолого-технический отчёт по пробуренным на воду скважинам 7,8, 4,9 Кишиневского водоканал треста. Харьков, 1954.
3. Шапиро А.И. Отчет по гидрогеологической и инженерно-геологической съёмке территории г. Кишинёва. Гос. фонд АGeoM, 1951.
4. Морару К.Е, Зинченко О. Подземные воды г. Кишинёва.. Кишинёв, 2005.
5. Экологические и географические проблемы г. Кишинёва. Кишинёв, Штиинца 1993.
6. Starea mediului în Republica Moldova. Chișinău, 2004.

УДК 551.31.233:552

Алексеев В.Е. *, Чербарь В.В. *, Бургеля А.Н. *, Варламов Е.Б. *

Элювиальный процесс и размеры гипергенных потерь породообразующих силикатных минералов в покровных отложениях водоразделов Молдовы

Резюме

На основании результатов минералогических исследований зональных черноземов, сформировавшихся на покровных отложениях водоразделов Молдовы, рассчитан баланс первичных, глинистых и общий баланс минералов. Установлены размеры элювиальных потерь породообразующих силикатов в зональном аспекте, которые носят закономерный характер и увеличиваются по мере роста увлажненности почв. По результатам исследований определен ряд породообразующих силикатных минералов по снижению устойчивости к выветриванию в данной климатической зоне, выраженной в условных единицах.

Abstract

The article extends series of publications on hypergenic processes in covering deposits of Moldova's watersheds. In a new report based on results of mineralogical investigations of zonal chernozems, formed on these deposits, were presented results of balance determination of primary, clay and total balance of rock-forming silicate minerals, and amounts of their eluvial losses under action of soil-formation process. As a witness of hypergenic changes in soils quartz was used as a material resistant to weathering.

Investigations were implemented in zones with different damping with hydrothermal coefficients (Visotsky-Ivanov) 0,50-0,55, 0,60-0,65, 0,65-0,70, 0,70-0,80. There were found eluvial losses of primary and clay minerals consistently growing to upper horizons of soil and in the direction from southern chernozems' subtypes to those in the north. Consistent character of changes covers both primary and clay minerals and in the aggregate reach more than 20 kg per 100 kg of rock. In upper horizons losses of primary minerals amounted 6,6-9,8 kg/100 kg of rock. Losses of clay minerals in the same horizons were within 2,3-12,3 kg/100 kg of rock. Total negative balance of silicate minerals constituted from 9,5-10,7 in ordinary chernozems of the south to 21,8 kg/100 kg of rock in leached chernozems of the Moldova's north. Dynamics of eluvial losses of silicates is mainly determined by growth of losses of clay minerals.

The obtained data represent a substantial scientific interest. They form a new vision of volumes of hypergenic transformations of surface deposits of the republic and give possibility to produce an assessment of regional geochemical elements' washing out. On the results of the investigations there was determined a series of rock-forming silicate minerals sorted by decrease of their resistance to weathering expressed in conventional units: potassium feldspats (6,5), plagioclases (5,5), mica (2,6), kaolinite fraction over 1 μm (1,5), chlorite fraction over 1 μm (1,3); among clay minerals: kaolinite fraction less than 1 μm (3,9), smectite (2,0), chlorite fraction less than 1 μm (1,7). A higher resistance to weathering of fine-dispersed chlorite and kaolinite in comparison with their coarsely dispersed analogs is facade and explained by presence of physical dispersion of these materials.

* Институт Почвоведения, Агротехники и Охраны почв им. Н.А. Димо, Молдова

Rezumat

Articolul prezent continuă seria de publicații consacrate proceselor de hipergeneză ce evoluează în depozitele supraiacente de pe cumpenele de apă ale Moldovei. În acest mesaj pe baza cercetărilor mineralogice ale cernoziomurilor zonale, formate pe depozitele menționate sunt prezentate rezultatele determinării bilanșului mineralelor primare și celor argiloase, bilanșul total al mineralelor silicate constituate ale rocilor, precum și, valorile pierderilor lor pe seama proceselor de eluviere ce evoluează în cadrul proceselor de solificare. În calitate de martor al transformărilor hipergenitice ce s-au petrecut în sol este utilizat cuarțul rezistent la alterare.

Cercetările s-au efectuat pe zone climatice cu coeficienții hidrotermici (după Vâsoșkii-Ivanov) 0,50-0,55, 0,60-0,65, 0,65-0,70, 0,70-0,80. Au fost stabilite pierderile eluviale ale mineralelor primare și celor argiloase, care cresc spre orizonturile supraiacente ale solurilor și în direcția de la subtipurile cernoziomurilor situate în extrema sudică spre cele situate în extrema nordică. Această legitate de modificări se extinde atât asupra mineralelor primare, cât și celor argiloase și atinge în total cota de peste 20 kg la 100 kg de rocă. În orizonturile de la suprafață pierderile mineralelor primare au constituit 6,6-9,8 kg/100 kg rocă. Pierderile mineralelor argiloase în cadrul aceluiași orizonturi se situează în limitele 2,3-12,3 kg/100 kg rocă. Bilanșul negativ total al mineralelor silicate a constituit de la 9,5-10,7 în cernoziomurile obișnuite de la Sud până la 21,8 kg/100 kg rocă în cernoziomurile levigate de la Nordul Moldovei. Dinamica pierderilor eluviale ale silicaților este determinată în special de creșterea pierderilor mineralelor argiloase.

Datele obținute prezintă incontestabil un interes științific substanțial prin faptul că formează o viziune nouă asupra proporțiilor modificărilor hipergenitice ale depozitelor de suprafață a Republicii și acordă oportunitatea evaluării exportului geochimic regional al elementelor. În rezultatul cercetărilor efectuate a fost stabilit șirul mineralelor silicate constituate ale rocilor – funcție a micșorării rezistenței lor la alterare, exprimate în unități convenționale: feldspații potasici (6,5), feldspații calcosodici (5,5), mice (2,6), caolinitul fracțiunii >1 μm (1,5), cloritul fracțiunii >1 μm (1,3); în cadrul mineralelor argiloase: caolinitul fracțiunii <1 μm (3,9), smectitul (2,0), cloritul fracțiunii <1 μm (1,7). Faptul că cloritul și caolinitul din fracțiunea fină manifestă o rezistență mai mare la alterare comparativ cu mineralele similare din fracțiunea mai grosieră este doar o aparență și se explică prin existența dispergării mecanice a acestor minerale.

Введение

Исследования минералогического состава четвертичных отложений на древних поверхностях выравнивания (водоразделах и высоких террасах) Молдовы позволили установить, что его изменения под влиянием процессов выветривания и черноземного почвообразования носят однотипный и однонаправленный элювиальный характер [1-5]. Он выражается в разрушении полевых шпатов, слоистых силикатов, глинистых минералов и относительном накоплении устойчивого к выветриванию кварца, в глинистой части почв - более устойчивого в сравнении с другими глинистыми минералами диоктаэдрического иллита. Элювиальный процесс закономерно развивается от обыкновенных черноземов юга республики к типичным и выщелоченным центральной и северной ее частей по мере нарастания увлажнения почв.

В этом сообщении поставлены две задачи:

1. Для более глубокого понимания генезиса минералогических профилей черноземов показать результаты расчета баланса силикатных минералов, размеры

их потерь под влиянием элювиального процесса по отдельным группам и суммарных потерь, чему и посвящена основная его часть.

2. Принимая во внимание особенности представленного аналитического материала, рассмотреть в первом приближении вопрос определения последовательности породообразующих силикатных минералов по снижению устойчивости их к выветриванию в условиях степной и лесостепной зон.

Объекты и методы

Напомним, что опубликованные ранее минералогические исследования проведены по четырем зонам увлажнения с гидротермическими коэффициентами (ГТК) 0,50-0,55, 0,60-0,65, 0,65-0,70, 0,70-0,80 (коэффициенты увлажнения по Высоцкому-Иванову). С юга на север в каждой зоне закладывалось по четыре разреза на наиболее распространенном в ней подтипе чернозема. В двух первых зонах на юге такими черноземами выступили черноземы обыкновенные. В третьей зоне ими стали типичные, в четвертой – выщелоченные черноземы.

С целью исключения влияния на результаты минералогического анализа гранулометрического состава черноземов все исследования проведены на наиболее распространенных в республике тяжелосуглинистых почвах этого типа. Влияние рельефа на минералогию черноземов снималось закладкой разрезов, по возможности, на ровных участках водоразделов и высоких (древних) террас.

На юге Молдовы почвообразующими породами изученных почв явились ниже-верхнечетвертичные делювиально-элювиальные отложения лессовидного габитуса, в центральной и северной части - верхнечетвертичные делювиально-элювиальные отложения того же габитуса [6,7,8]. Учитывая принадлежность разрезов к ровным участкам, почвообразующие породы следует отнести к сугубо элювиальным образованиям.

В связи с тем, что по четырем разрезам были получены сходные для зоны результаты, для решения поставленных в этом сообщении задач в расчеты элювиальных потерь минералов включен только один разрез из четырех, но геоморфологически расположенный наиболее удачно, т.е. принадлежащий к платообразному водоразделу. Такой подход позволяет максимально учесть местные климатические условия и местный потенциал почвообразования. Кроме того, он дает возможность избежать большого объема расчетов, результаты которых трудно было бы представить в данном сообщении. Из обыкновенных черноземов самой южной серии для дальнейшей работы взят разрез 1 (Тараклийский р-н, плато, абс. выс. 100 м), из обыкновенных черноземов второй серии – разрез 30 (Теленештский р-н, плато, абс. выс. 170 м), из типичных черноземов – разрез 50 (Рышканский р-н, плато, абс. выс. 236 м), из выщелоченных – разрез 85 (Единецкий р-н, плато, абс. выс. 256 м).

Для оценки потерь породообразующих силикатов в результате элювиального процесса нами применен метод расчета баланса минералов. Использованы при этом данные количественного рентген-дифрактометрического анализа первичных и глинистых минералов по методикам [9,10]. Повторность определения 4-кратная (два образца по две съемки). Коэффициент вариации результатов анализа, установленный по стандартным калибровочным смесям минералов, в зависимости от содержания минералов в смеси характеризуется параметрами (%): кварц -2,9-3,3;

полевые шпаты -3,8-8,9; слюды -5-20; хлорит -15-26; группа смектита -2,5-3,0; иллит -2,2-2,6; каолинит -15-25. Все расчеты произведены на минеральную и бескарбонатную часть фракций и почвы.

Балансовые расчеты предполагают исходную однородность почвообразующих пород, доказательство которой представляет непростую задачу. Для этого используются разные критерии: морфологические, гранулометрические и минералогические. Некоторые исследователи наиболее надежными в этом отношении считают полевые морфологические наблюдения в их почвенно-стратиграфическом варианте [11]. При этом, однако, признается, что исходная неоднородность может диагностироваться по содержанию устойчивых к выветриванию минералов, но трудоемкость методов существенно ограничивает возможность использования этого критерия для конкретных решений, хотя, как отмечено, его принципиальная применимость очевидна. Мы не будем входить в детали анализа данной проблемы, она подробнее рассмотрена в [12]. Здесь только отметим, что абсолютно однородных пород в природе, по-видимому, не существует и строгих критериев применимости балансового метода к почвам не разработано. В этом сообщении критериями относительной однородности исходной породы послужили известные природные свойства лессовидных пород, а также морфологические исследования в поле. Но более надежными выступили данные по характеру минералогических профилей почв. На относительную однородность пород, как мы считаем, указывает весьма постепенное и однонаправленное изменение содержания кварца, а также нормальные профили выветривания других первичных минералов грубодисперсной части почв. В качестве свидетеля или маркера произошедших изменений использован устойчивый к выветриванию кварц.

Особенностью примененного способа расчета баланса минералов является сравнение минералогического состава 100 кг силикатного материала почвенного горизонта с таковыми же материнской породы. Исходными данными для расчетов, как отмечалось, послужили результаты количественного анализа первичных минералов во фракции $>1 \mu\text{m}$ и глинистых во фракции $<1 \mu\text{m}$, а также данные по содержанию в почвах этих фракций, выраженные в весовых процентах к бескарбонатной и безгумусной почве, взятые из предыдущих публикаций [1,2,3,4]. Ниже в таблицах 1 и 2 представлены результаты расчетов. Левая часть таблиц содержит исходные данные. Средняя – те же данные, приведенные к содержанию кварца в породе. Правая часть таблиц представляет результаты по профильному балансу отдельных минералов и балансу первичных и глинистых минералов по горизонтам почв, полученные на основании данных средней части таблиц. Там же приведен общий баланс минералов. Простейшая техника расчета описана в [12].

Результаты и обсуждение

Если в предыдущих публикациях мы отмечали потери или прибавки тех или иных минералов в тех или иных горизонтах, установленные с помощью системы из 8 показателей, и говорили о том, какие группы минералов они затрагивали в большей или меньшей степени, то теперь имеем возможность увидеть совершенно конкретные цифры по этим потерям и прибавкам.

Баланс первичных минералов по выбранным разрезам приведен в таблице 1.

Общее содержание первичных минералов, представленное фракцией $> 1\mu\text{m}$, в исследуемых черноземах находится в пределах 61-68% (левая часть табл.). Распределение их по профилю почв довольно равномерное, кроме выщелоченного чернозема, в котором количество первичных минералов увеличивается с 62 в породе до 68% в верхнем горизонте. Содержание кварца в пересчете на почву находится в пределах 30-40% и во всех подтипах черноземов возрастает от породы к верхним горизонтам. Обращает на себя внимание снижение содержания кварца в породах с юга на север с 36 до 30%. Причина в увеличении в этом направлении в породах относительной доли полевых шпатов и слюд, что характеризует их на севере республики как менее выветренные. О профильной динамике полевых шпатов судить трудно, но количество слюд во всех разрезах к верхним горизонтам заметно снижается. То же самое наблюдается в отношении хлорита и каолинита.

Средняя часть таблицы представляет данные по содержанию тех же минералов в почвах, но приведенному к содержанию кварца в породе. Эти данные становятся исходными для определения баланса минералов, т.е. их потерь и прибавок. Последняя часть таблицы представляет результаты баланса. Они показывают, что по всем первичным минералам в почвенной части черноземов присутствует отрицательный баланс. По полевым шпатам он составляет 0,1-1,4 кг/100 кг породы, по слюдам несколько выше – от 0,3 до 3,9 кг/100 кг породы, по хлориту и каолиниту – имеет промежуточные значения. Во всех подтипах черноземов потери первичных минералов увеличиваются к верхним горизонтам, как результат воздействия гипергенных процессов. Суммарные их потери в верхнем горизонте почв составили от 6,6 до 9,8 кг/100 кг породы и имеют тенденцию увеличиваться в северном направлении.

Количество глинистых минералов в рассматриваемых черноземах определяется содержанием фракции $< 1\mu\text{m}$ и составляет 32-38% (табл.2). Из них 14-25% приходится на смектит, 7-14 – на иллит и от 1,4 до 4,3% - на хлорит и каолинит (левая часть табл.). В почвенной части профиля чернозема теряют смектит и накапливают иллит. Хлорит и каолинит здесь чаще обнаруживают потери. По приведенным к породному кварцу цифрам содержания глинистых минералов контрастность их профильного распределения возрастает (средняя часть табл.). Баланс минералов показывает (правая часть табл.), что потери смектита в почвенной части профиля черноземов увеличиваются с юга на север с 0,4-5,6 до 3,1-11,3 кг/100 кг породы. Только в обыкновенных черноземах зоны увлажнения с $K=0,50-0,55$, т.е. самых «сухих», на глубине 60-70 см (гор. В1) по смектиту отмечается небольшой положительный баланс. Положительный баланс по иллиту при движении на север от обыкновенных к выщелоченным черноземам проявляет тенденцию снижаться (в верхнем горизонте с 3,1-3,5 до 1-2,5 кг/100 кг породы) и смещаться глубже по профилю (выщелоченный чернозем). Это указывает, что вслед за смектитом вынос подвергается и иллит. Но процесс развивается на фоне возрастания отношения между смектитом и иллитом в пользу последнего в силу более интенсивного выноса смектита, о чем говорилось в предыдущих публикациях [4,5]. Потери хлорита составляют 0,3-1,5 кг/100 кг породы, они увеличиваются к верхним горизонтам и в направлении с юга на север. Положительный баланс по этому минералу в обыкновенном черноземе самой

Баланс первичных минералов силикатной части черноземов

Горизонт	Глубина, см	Весовой % в почве							Мгп, кг/100кг породы							Мд, кг/100кг породы						
		КВ	П	КШ	С	Х	КЛ	Фракция >1 μm	КВ	П	КШ	С	Х	КЛ	Сумма	КВ	П	КШ	С	Х	КЛ	Бпм
Чернозем обыкновенный, разрез 1, плато, абс. выс. 100 м, (K=0,50-0,55)																						
Ап	0-31	40,4	7,2	5,3	7,2	1,9	1,8	63,8	36,6	6,5	4,8	6,5	1,7	1,6	57,8	0,0	-1,0	-0,9	-1,1	-1,8	-1,9	-6,6
А	40-43	38,5	7,4	5,2	6,7	2,1	2,9	62,8	36,6	7,0	4,9	6,4	2,0	2,8	59,7	0,0	-0,5	-0,8	-1,2	-1,5	-0,7	-4,7
В1	60-70	36,4	7,2	5,1	7,1	2,2	3,4	61,4	36,6	7,2	5,1	7,1	2,2	3,4	61,7	0,0	-0,3	-0,6	-0,5	-1,3	-0,1	-2,7
ВСк	100-110	36,9	7,5	5,2	8,0	2,9	3,1	63,6	36,6	7,4	5,2	7,9	2,9	3,1	63,1	0,0	-0,1	-0,5	0,3	-0,6	-0,4	-1,3
Ск	190-200	36,6	7,5	5,7	7,6	3,5	3,5	64,4	36,6	7,5	5,7	7,6	3,5	3,5	64,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Чернозем обыкновенный, разрез 30, плато, абс. выс. 170 м, (K=0,60-0,65)																						
Ап	0-30	39,8	6,6	7,4	6,9	1,5	3,0	65,2	35,5	5,9	6,6	6,2	1,3	2,7	58,2	0,0	-1,3	-1,2	-3,9	-1,7	-1,5	-9,6
А	40-48	37,9	6,4	7,2	8,9	1,9	3,3	65,6	35,5	6,0	6,7	8,3	1,8	3,1	61,4	0,0	-1,2	-1,1	-1,8	-1,2	-1,1	-6,4
В1	60-67	37,6	6,7	7,1	9,1	2,3	3,2	66,0	35,5	6,3	6,7	8,6	2,2	3,0	62,3	0,0	-0,9	-1,1	-1,5	-0,8	-1,2	-5,5
В2	80-88	36,6	6,9	7,2	9,9	2,4	3,8	66,8	35,5	6,7	7,0	9,6	2,3	3,7	64,8	0,0	-0,5	-0,8	-0,5	-0,7	-0,5	-3,0
Ск	190-200	35,5	7,2	7,8	10,1	3,0	4,2	67,8	35,5	7,2	7,8	10,1	3,0	4,2	67,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Чернозем типичный, разрез 50, плато, абс. выс. 236 м, (K=0,65-0,70)																						
Ап	0-30	37,8	6,8	6,3	7,5	1,1	1,8	61,3	32,0	5,8	5,3	6,3	0,9	1,5	51,9	0,0	-1,2	-1,4	-2,1	-2,6	-2,6	-9,8
А	30-45	37,5	7,5	7,3	7,8	1,5	2,0	63,6	32,0	6,4	6,2	6,7	1,3	1,7	54,3	0,0	-0,6	-0,5	-1,7	-2,2	-2,4	-7,4
В1	45-55	36,5	7,4	7,2	6,9	1,6	2,0	61,6	32,0	6,5	6,3	6,0	1,4	1,8	54,0	0,0	-0,5	-0,4	-2,4	-2,1	-2,3	-7,7
В2	65-80	33,3	7,1	7,3	8,4	2,3	3,8	62,2	32,0	6,8	7,0	8,1	2,2	3,7	59,8	0,0	-0,2	0,3	-0,3	-1,3	-0,4	-1,9
С	190-200	32,0	7,0	6,7	8,4	3,5	4,1	61,7	32,0	7,0	6,7	8,4	3,5	4,1	61,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Чернозем выщелоченный, разрез 85, плато, абс. выс. 256 м, (K=0,70-0,80)																						
Ап	0-22	38,2	8,7	6,8	10,9	1,3	1,8	67,7	29,9	6,8	5,3	8,5	1,0	1,4	53,0	0,0	-0,5	-1,1	-3,1	-1,6	-3,1	-9,4
А	32-40	35,1	8,3	7,1	9,9	1,0	1,8	63,2	29,9	7,1	6,0	8,5	0,9	1,5	53,9	0,0	-0,3	-0,4	-3,2	-1,7	-3,0	-8,5
В1	50-60	34,9	8,2	7,2	11,7	1,1	2,1	65,2	29,9	7,0	6,2	10,1	1,0	1,8	55,9	0,0	-0,3	-0,2	-1,6	-1,6	-2,7	-6,5
В2	80-88	32,7	7,9	6,8	12,1	1,4	2,4	63,4	29,9	7,2	6,2	11,1	1,3	2,2	57,9	0,0	-0,1	-0,2	-0,6	-1,3	-2,3	-4,5
Ск	170-180	29,9	7,3	6,4	11,7	2,6	4,5	62,4	29,9	7,3	6,4	11,7	2,6	4,5	62,4	0,0	0	0	0	0	0	0,0

Примечание к табл. 1, 2: Мгп - содержание минерала в горизонте, приведенное к содержанию кварца в породе; Мд - убыль (прибавка) минерала в сравнении с породой; КВ - кварц; П - плагиоклазы; КШ – калиевые полевые шпаты; С - слюды; Х - хлорит; КЛ - каолинит; СМ - смектит; И - иллит; Бпм - баланс первичных минералов; Бгм - баланс глинистых минералов; Бо - общий баланс минералов; К - коэффициент увлажнения

Таблица 2.

Баланс глинистых и общий баланс минералов силикатной части черноземов

Горизонт	Глубина, см	Весовой % в почве					Мгп, кг/100кг породы					Мд, кг/100кг породы					Баланс минералов		
		СМ	И	Х	КЛ	Фракция <1 μm	СМ	И	Х	КЛ	Сумма	СМ	И	Х	КЛ	Бгм	Бпм	Бгм	Бо
Чернозем обыкновенный, разрез 1, плато, абс. выс. 100 м, (K=0,50-0,55)																			
Ап	0-31	20,0	11,0	2,6	2,5	36,2	18,1	10,0	2,4	2,3	32,7	-5,6	3,1	0,5	-0,8	-2,9	-6,6	-2,9	-9,5
А	40-43	19,3	11,9	2,9	3,2	37,2	18,3	11,3	2,8	3,0	35,5	-5,4	4,4	0,9	-0,1	-0,1	-4,7	-0,1	-4,8
В1	60-70	24,7	8,4	3,4	2,1	38,6	24,8	8,4	3,4	2,1	38,8	1,1	1,5	1,5	-1,0	3,2	-2,7	3,2	0,5
ВСк	100-110	23,9	7,2	2,1	3,0	36,2	23,7	7,1	2,1	3,0	35,9	0,0	0,2	0,2	-0,1	0,3	-1,3	0,3	-1,0
Ск	190-200	23,7	6,9	1,9	3,1	35,6	23,7	6,9	1,9	3,1	35,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Чернозем обыкновенный, разрез 30, плато, абс. выс. 170 м, (K=0,60-0,65)																			
Ап	0-30	18,7	11,5	1,5	3,2	34,9	16,7	10,3	1,3	2,9	31,1	-3,0	3,5	-0,7	-0,8	-1,1	-9,6	-1,1	-10,7
А	40-48	19,2	9,8	1,7	3,6	34,3	18,0	9,2	1,6	3,4	32,1	-1,7	2,4	-0,4	-0,3	-0,1	-6,4	-0,1	-6,5
В1	60-67	19,8	9,0	1,8	3,3	33,9	18,7	8,5	1,7	3,1	32,0	-1,0	1,7	-0,3	-0,6	-0,2	-5,5	-0,2	-5,7
В2	80-88	19,9	8,2	1,8	3,3	33,2	19,3	8,0	1,7	3,2	32,2	-0,4	1,2	-0,3	-0,5	0,0	-3,0	0,0	-3,0
Ск	190-200	19,7	6,8	2,0	3,7	32,2	19,7	6,8	2,0	3,7	32,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Чернозем типичный, разрез 50, плато, абс. выс. 236 м, (K=0,65-0,70)																			
Ап	0-30	18,5	13,5	2,3	4,2	38,5	15,7	11,4	1,9	3,6	32,6	-6,8	2,5	-0,8	-0,7	-5,8	-9,8	-5,8	-15,6
А	30-45	17,6	12,7	2,3	3,9	36,5	15,0	10,8	2,0	3,3	31,1	-7,5	1,9	-0,7	-1,0	-7,3	-7,4	-7,3	-14,7
В1	45-55	19,6	12,3	2,3	4,2	38,4	17,2	10,8	2,0	3,7	33,7	-5,3	1,9	-0,7	-0,6	-4,7	-7,7	-4,7	-12,4
В2	65-80	20,2	11,0	2,3	4,3	37,8	19,4	10,6	2,2	4,1	36,3	-3,1	1,7	-0,5	-0,2	-2,1	-1,9	-2,1	-4,0
С	190-200	22,5	8,9	2,7	4,3	38,4	22,5	8,9	2,7	4,3	38,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Чернозем выщелоченный, разрез 85, плато, абс. выс. 256 м, (K=0,70-0,80)																			
Ап	0-22	14,4	13,2	1,4	3,4	32,3	11,3	10,3	1,1	2,6	25,3	-11,3	1,0	-1,5	-0,6	-12,3	-9,5	-12,3	-21,8
А	32-40	16,6	14,6	1,4	4,3	36,8	14,1	12,5	1,2	3,7	31,4	-8,5	3,2	-1,4	0,4	-6,2	-8,5	-6,2	-14,7
В1	50-60	16,3	13,1	1,9	3,5	34,8	14,0	11,3	1,6	3,0	29,8	-8,6	2,0	-0,9	-0,2	-7,8	-6,5	-7,8	-14,3
В2	80-88	18,6	12,5	2,2	3,4	36,6	17,0	11,4	2,0	3,1	33,5	-5,6	2,1	-0,5	-0,1	-4,2	-4,5	-4,2	-8,7
Ск	170-180	22,6	9,3	2,6	3,2	37,6	22,6	9,3	2,6	3,2	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

южной серии склонны связывать с процессом оглинивания. Потери каолинита (0,1-1,0 кг/100 кг породы), напротив, в северном направлении имеют тенденцию снижаться, причина чего пока неясна. В горизонте В обыкновенного чернозема самой южной серии (разрез 1) по глинистым минералам выявлен небольшой положительный баланс (до 3,2 кг/100 кг породы), в котором участвуют смектит, иллит и хлорит. Вероятно, здесь мы имеем свидетельство прошлого реликтового оглинивания, намного сильнее выраженного в обыкновенных и карбонатных черноземах, расположенных западнее на более высоких абсолютных отметках Припрутья Молдовы [12,13]. Суммарные потери глинистых минералов в данном ряду разрезов составляют 0,1-12,3 кг/100 кг породы и закономерно возрастают вверх по профилю почв и в северном направлении от обыкновенных (1,1-2,9 кг/100 кг породы) к выщелоченному чернозему (12,3 кг/100 кг породы). При этом потери первичных минералов по подтипам черноземов остаются довольно стабильными (6,6-9,8 кг/100 кг породы) в сравнении с потерями глинистых минералов, которые в верхних горизонтах от обыкновенных черноземов к выщелоченным увеличиваются более чем в четыре раза. Таким образом, по глинистым, как и первичным, минералам в черноземах прослеживается отрицательный баланс, обусловленный гипергенными процессами. Общий отрицательный баланс первичных и глинистых минералов в верхней части их профиля составил 9,5-10,7 в обыкновенных, 15,6 в типичном и 21,8 кг/100 кг породы в выщелоченном черноземе (правая часть табл. 2). Соответственно увеличиваются потери и в более глубоких горизонтах. Динамика нарастания отрицательного баланса силикатных минералов в черноземах определяется преимущественно глинистыми минералами, в большей степени подверженных агрессивному влиянию почвенной среды.

Аналитический материал этого сообщения позволяет затронуть еще один немаловажный вопрос: установить примерное соотношение между породообразующими силикатными минералами по их устойчивости к выветриванию. Для этого нами использован простой подход: содержание минерала в породе (кг/100 кг породы) разделили на потерю этого минерала в верхнем горизонте (кг/100 кг породы). Чем меньше разрушено минерала от исходного его содержания в породе и больше частное от деления, тем выше его устойчивость к выветриванию в данных условиях. Расчет произведен по максимальным цифрам потерь из четырех представленных разрезов. Получен следующий ряд минералов по снижению их устойчивости: калиевые полевые шпаты (6,5), плагиоклазы (5,5), слюды (2,6), каолинит фракции $>1 \mu\text{m}$ (1,5), хлорит фракции $>1 \mu\text{m}$ (1,3); среди глинистых минералов: каолинит фракции $<1 \mu\text{m}$ (3,9), смектит (2,0), хлорит фракции $<1 \mu\text{m}$ (1,7). Для иллита из-за его положительного баланса в верхних горизонтах применить такой прием оценки устойчивости не было возможности. Следует также отметить, что устойчивость каолинита и хлорита в крупной фракции ниже, чем в тонкой. Объясняется это тем, что содержание тонкодисперсных каолинита и хлорита в верхней части профиля черноземов может пополняться в результате простой физической диспергации из крупной фракции, тем самым устойчивость этих минералов в тонкой фракции завышается. Данное обстоятельство может иметь отношение и к иллиту. Устойчивость к выветриванию каолинита и хлорита правильнее оценивать по результатам, полученным на крупном материале.

Выводы

На основании аналитических данных ранее проведенной серии исследований, по четырем наиболее представительным разрезам зональных черноземов, занимающих платообразные водоразделы Молдовы, произведены расчеты и определен баланс первичных, глинистых и общий баланс минералов. В качестве свидетеля произошедших в почвах гипергенных преобразований использован устойчивый к выветриванию кварц.

Установлено, что размеры разрушения первичных и глинистых минералов закономерно возрастают от почвообразующей породы вверх по профилю почв и достигают максимальных величин в их верхних горизонтах. Размеры элювиальных потерь силикатных минералов увеличиваются от обыкновенных черноземов юга к типичным и выщелоченным черноземам севера Молдовы по мере роста увлажненности почв. В верхних горизонтах потери первичных минералов достигают 6,6-9,8 кг/100 кг породы. Потери глинистых минералов в тех же горизонтах определены в пределах 2,3-12,3 кг/100 кг породы. Общий отрицательный баланс силикатных минералов составил от 9,5-10,7 в обыкновенных до 21,8 кг/100 кг породы в выщелоченном черноземе. Динамика элювиальных потерь силикатов в основном определяется ростом потерь глинистых минералов.

По результатам исследований установлен ряд порообразующих силикатных минералов по снижению их устойчивости к выветриванию, выраженной в условных единицах: калиевые полевые шпаты (6,5), плагиоклазы (5,5), слюды (2,6), каолинит фракции $>1 \mu\text{m}$ (1,5), хлорит фракции $>1 \mu\text{m}$ (1,3); среди глинистых минералов: каолинит фракции $<1 \mu\text{m}$ (3,9), смектит (2,0), хлорит фракции $<1 \mu\text{m}$ (1,7). Более высокая устойчивость к выветриванию тонкодисперсных хлорита и каолинита в сравнении с их грубодисперсными аналогами является видимостью и объясняется наличием физической диспергации этих минералов.

Литература

1. В.Е. Алексеев, А.Н. Бургеля, Е.Б. Варламов. Педогенная трансформация минералогического состава четвертичного суглинка на Юге Молдовы. Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM, N2, 2006, p. 74-81.
2. В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля и др. Сравнительная характеристика педогенных изменений минералогического состава четвертичного суглинка на Юге и в Центральной части Молдовы. Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM, N1, 2007, p. 26-36.
3. В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля и др. Сравнительная характеристика гипергенных изменений минералогического состава четвертичного суглинка в Центре и в Северной части Молдовы. Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM, N2, 2007, p. 31-39.
4. В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля и др. Сравнительная характеристика зональных гипергенных преобразований минералогического состава четвертичного суглинка на Севере Молдовы. Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM, N1, 2008, p. 43-51.
5. В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля, и др. Гипергенная зональная трансформация минералогии порообразующих силикатов четвертичных

отложений Молдовы. Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM, N2, 2008, p. 62-71.

6. Атлас Молдавской ССР. М., 1978. 131 с.
7. Почвы Молдавии. Генезис, экология, классификация и систематическое описание почв. Кишинев: Штиинца, 1984, т.1. 352 с.
8. Почвы Молдавии. География почв, описание почвенных провинций, районов и микрорайонов. Кишинев: Штиинца, 1985, т.2. 239 с.
9. В.Е. Алексеев, В.П. Грати, В.Е. Моток и др. Глинистые минералы в лесных почвах Молдавии. Генезис и рационал. использов. почв Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1977, с. 23-41.
10. В.Е. Алексеев. Способ количественного определения первичных минералов в почвах и породах методом рентгеновской дифрактометрии. Почвоведение, N1, 1994, с.104-109.
11. И.А. Соколов. Почвообразование и экзогенез. М.: 1997. 244 с.
12. В. Е. Алексеев, А. Н. Бургеля, Е. Б. Варламов. Происхождение и возраст минералогических профилей черноземов Молдавии. Почвоведение, N 4, 2008, с. 454-466.
13. В.Е. Алексеев. Минералогия почвообразования в степной и лесостепной зонах Молдовы: диагностика, параметры, факторы, процессы. Кишинев, 1999. 241 с.

УДК 550.423

Popuic A.

Aspecte generale din geochimia pământurilor rare din nord-estul Republicii Moldova

Abstract

Relatively high concentrations of Rare Earths (TR) had been found in the result of geological researches carried out in the central region of the river Nistru basin, in the basis layers of platform counterpane. On the base of correlative analysis between lanthanum, cerium, ytterbium, yttrium, scandium, and minerals, in which composition are presented these elements of TR-group, indicate that their origin may be due to the presence of monazite and zircon, in the crystalline rocks of background and in the terrigenous layers of Vendiane age. In the same time, here the problem of formation some mechanic aureoles of nominalization minerals, and of course, the some considerable accumulation of elements from TR-group, have not been solved. In the target of localization of geochemical anomalies must to study minutely migration conditions of these elements under different influence of geological processes in diverse lithological formations in the nistreane region. Thus, necessary premises for discovery of some possible deposits of monazite and zircon, rich in TR-elements which bring an actually direct result, will be established.

Резюме

В процессе геологических исследований, проведенных в различные годы в пределах центральной части бассейна р. Днестр, в базальных слоях платформенного чехла были обнаружены сравнительно большие концентрации редких земель (TR). Исходя из корреляционных связей между лантаном, церием, иттербием, иттрием, скандием и минералами, в состав которых они входят, предполагается их генетическая связь с присутствием монацита и циркона в состав кристаллических пород фундамента и терригенных образований вендского возраста. До настоящего времени проблема нахождения здесь россыпей из данных минералов и, следовательно, существенных концентраций элементов из группы TR, осталась неразрешенной. С целью оконтуривания геохимических аномалий необходимо детальное изучение условий миграции соответствующих элементов под влиянием различных геологических факторов в различных литологических формациях Приднестровья. Таким образом, будут определены условия обнаружения скоплений монацита и циркона, содержащих редкие земли, которые имеют большое практическое применение.

În prezent pământurile rare sunt folosite pe larg în cantități din ce în ce mai mari în peste 20 de ramuri industriale [1,2]. Dintre domeniile cele mai importante de aplicabilitate ale pământurilor rare se enumără: industria metalurgică și de echipament, sticlei și chimică, electronică, radiotehnică și radioelectronică contemporană, medicină și tehnica farmaceutică, tehnica optică și de iluminare, tehnica aviacosmică, navală și militară, producția de bijuterii și agricultură.

Producția de pământuri rare este larg răspândită în India, Brazilia, Austria, Anglia, Franța, Germania, Rusia, China. În SUA dezvoltarea și perfecționarea întreprinderilor producătoare de pământuri rare esențial este stimulată de către guvern și NASA. Alături

de producția și consumul pământurilor rare vom remarca și prețurile unor produse ale acestora. Astfel datele anului 2006 (din Internet) remarcă prețurile: Ceriu – 40 USD/kg, Lantan -30 USD/kg, Yterbiu - 400 USD/kg, Ytriu – 50 USD/kg, Scandiu - 70 USD/kg.

În regiunea centrală a bazinului r. Nistru pe parcursul a câtorva decenii a fost efectuat un studiu geologic complex orientat spre determinarea particularităților metalogenice ale formațiunilor geologice din această zonă. În baza datelor geologice și geochimice obținute de Institutul de Geologie și Seismologie al AȘM și Agenția Geologică de Stat din Moldova (AGeOM) teritoriul din bazinul central al r. Nistru era deja considerat perspectiv din punct de vedere al depistării unor mineralizări ale elementelor radioactive, metalelor rare, fier, zinc, plumb, baritină, inclusiv și a pământurilor rare.

Concentrații ale elementelor pământurilor rare (TR) prezentate de lantan (La), ceriu (Ce), yterbiu (Yb), ytriu (Y) și scandiu (Sc) au fost găsite în formațiunile terigene din nord-estul Republicii Moldova. În baza cercetărilor de cartare geologică și de prospecțiune a formațiunilor cristaline și a stratele bazale din cuvertura de platformă, au fost publicate mai multe lucrări privind repartitia acestor elemente importante din punct de vedere al valorificării și utilizării lor într-o anumită ramură a economiei naționale. A fost stabilită corelarea geologico-genetică dintre suma elementelor pământurilor rare și prezența monazitului și zirconului din stratele terigene vendiane [3,4]. În același timp, până în prezent nu a fost dat un răspuns univoc asupra perspectivei de a depista în regiunea respectivă concentrații semnificative ale pământurilor rare.

De regulă, elementele TR sunt sistematizate în două grupe: grupa ceriului (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm) și grupa ytriului (Y, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tu, Yb, Lu). Deseori aceste grupe sunt divizate în subgrupe: grupa ceriului în subgrupa lantanului (La, Ce, Pr) și a neodimului (Nd, Pm, Sm), și grupa ytriului în subgrupa disprosiului (Y, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho) și a yterbiului (Er, Tu, Yb, Lu).

Pământurilor rare le este atribuit și scandiul (Sc – № 21) care este un element litofil tipic cu valența +3 și raza ionică egală cu 0,83 Å [5].

Cu elementele TR (Lantanidele + Y + Sc) se asociază și toriul (Th) care are multe proprietăți comune. Originea toriului în regiunea de nord-est a Republicii Moldova este legată cu xenotimul [6], întâlnit în varietățile de gresii și argilite din stratele bazale ale cuverturii de platformă.

În grupa TR-minerale sunt incluse 54 varietăți (minerale proprii), însă în crusta terestră există peste 200 compuși naturali ce conțin elemente TR. Cele mai răspândite TR-minerale fac parte din clasa silicaților (20 din 54 varietăți); carbonaților le revine 13 minerale, oxizilor – 11, fosfaților – 6, fluoridelor – 3, sulfataților – 1.

Un interes practic îl au mineralele care formează acumulări semnificative în diferite formațiuni geologice: loparitul, fergusonitul, samarschitul, euxenitul, echinidul (fluoride); bastensitul, parisitul, ankilitul (carbonați); monazitul, xenotimul, rabdofanitul, cherchitul (fosfați); gadolinitul, brytolitul, orthitul, cheukinitul, rynkolitul, talenitul, stenstrupinul, kaynositul (silicați).

Singurul mineral al scandiului independent cunoscut până în prezent este thortveititul - $(Sc,Y)_2[Si_2O_7]$, care a fost depistat în pegmatitele din Norvegia de Sud și din Madagascar. Thortveititul conține circa 41-42 % Sc_2O_3 și este cel mai important minereu de scandiu. Însușind proprietăți chimice similare cu elementele TR, scandiul intră în compoziția a multor minerale în care sunt prezente diferite pământuri rare [7]. În felul următor, scandiul în majoritatea cazurilor este extras din zăcămintele formate din minerale improprii.

În formațiunile geologice din regiunea centrală a bazinului nistrean au fost depistate următoarele minerale cu pământuri rare: monazitul, xenotimul, orthitul (minerale proprii ale TR) și zirconul (mineral bogat în impurități izomorfe ale TR).

1. Monazitul – $(\text{Ce,La,Th,...})[(\text{P,Si})\text{O}_4]$. Compoziția chimică a monazitului din cauza impurităților izomorfe este destul de instabilă. La multe varietăți se remarcă o concentrație remarcabilă de toriu (circa 5-10% ThO_2) deoarece este frecventă substituția elementelor TR din monazit prin toriu conform schemei: $\text{ThSi} \rightarrow \text{CeP}$ sau $\text{ThCa} \rightarrow 2\text{Ce}$. E de menționat, că monazitul este unul din mineralele acestui element radioactiv, însă principalul component al monazitului este ceriul.

Compoziția medie a elementelor TR în acest mineral, dedusă în baza a 70 de analize a mostrelor de monazit colectate din diferite regiuni ale crustei terestre, se prezintă în felul următor: $\text{La}_{24,3}\text{Ce}_{44,7}\text{Pr}_{5,0}\text{Nd}_{18,8}\text{Sm}_{3,7}\text{Gd}_{1,7}\text{Y}_{3,5}$ [5].

Monazitul, probabil, este cel mai răspândit mineral al pământurilor rare și poate fi găsit în zăcăminte endogene de diferite tipuri. În același timp, majoritatea varietăților de monazite sunt genetic legate cu intruziunile și pegmatitele granitice, în care el se află în calitate de mineral accesoriu. În compoziția monazitelor din granitoide intră și alte elemente TR din subgrupa ceriului.

2. Xenotimul – YPO_4 . În afară de Y_2O_3 în compoziția mineralului sunt prezente pământurile rare (Er, Ce, ș. a.), rareori ThO_2 , UO_2 (sub 5 %), ZrO_2 (sub 3%), SnO_2 , SiO_2 (sub 9 %). Varietățile care conțin Th și U sunt radioactive.

Originea xenotimului este legată de granite și pegmatite, în care este prezent în calitate de mineral accesoriu sub formă de cristale mici dispersate în corpul intruziv sau în filonul pegmatitic. Frecvent se asociază cu zirconul, însă este obișnuită și asociația paragenetică cu apatitul, orthitul și monazitul.

În regiunea de nord și nord-est a Republicii Moldova xenotimul a fost depistat numai ocazional sub formă de impregnații în rocile profund metamorfozate ale fundamentului cristalin sau în fragmente de roci aflate în compoziția stratelor bazale ale cuverturii de platformă [6].

3. Orthitul – $(\text{Ca,Ce})_2(\text{Al,Fe})_3[\text{SiO}_4]_3(\text{O,OH})$. Compoziția chimică a orthitului este destul de instabilă. În primul rând, din elementele pământurilor rare în compoziția mineralului intră nu numai ceriul ($\text{Ce}_2\text{O}_3 \leq 6\%$), dar și alte lantanide – $(\text{La, ...})_2\text{O}_3 \leq 7\%$; în al doilea rând, în afară de elementele din formula chimică prezentată mai sus, în funcție de substituirile izomorfe, pot fi găsite Na, Fe^{+2} , Mg, Mn, Y, Th, rareori Be. Varietatea bogată în ytriu (Y_2O_3 circa 8 %) se numește ythroorthit și servește în calitate de minereu de ytriu.

Originea orthitului este legată cu intruziunile acide, dar este cunoscut și orthit metasomatitic și orthit format în rezultatul proceselor magmatice efuzive. Deseori el poate fi depistat și în gnaise, mai rar – în șisturi cristaline. Orthitul este un mineral radioactiv și se deosebește de alte minerale radioactive prin greutatea specifică mică.

4. Zirconul – $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$. În calitate de impurități chimice în compoziția zirconului intră permanent Hf, Th, U, TR. Zirconul este un mineral frecvent întâlnit în compoziția diferitelor roci magmatice, în special al varietăților intruzive bogate în sodiu. În diverse roci granitice și în pegmatite cu o compoziție similară sienitelor nefelinice, zirconul se prezintă sub forma unor cristale idiomorfe aproape ideale.

Deoarece în zona hipergenă monazitul, xenotimul, orthitul, zirconul sunt minerale foarte stabile și nu reacționează cu agenții chimici exogeni aceste minerale pot fi întâlnite în diverse roci sedimentare terigene; pot forma aureole mecanice cu concentrații semnificative ce depășesc de zeci de ori concentrațiile lor în rocile materne.

Dacă vom examina concentrațiile medii ale TR în crusta terestră, reprezentate în Tabelul 1, vom determina că unele din elementele pământurilor rare au un clark mai mare, comparativ cu alte elemente chimice, care au o utilizare practică destul de mare. Astfel, conform datelor prezentate de Fersman și Vinogradov, ytriu, ceriu și neodimul în crusta terestră se află în cantități mai mari decât cunoscutele elemente chimice cum ar fi beriliul, arsenicul, niobiul, molibdenul, argintul, plumbul, aurul, platina.

Tabelul 1.

Concentrația medie a elementelor TR

Numărul elementului	Simbolul elementului	Datele prezentate de diferiți cercetători					
		Goldschmidt, 1938		Fersman, 1938		Vinogradov, 1950	
		g / t	% în raport cu Σ TR	% în raport cu masa crustei	% în raport cu Σ TR	% în raport cu masa crustei	% în raport cu Σ TR
39	Y	31	20,66	$5 \cdot 10^{-3}$	33,7	$2,8 \cdot 10^{-3}$	20,66
57	La	19	12,65	$6,5 \cdot 10^{-4}$	4,38	$1,8 \cdot 10^{-3}$	12,65
58	Ce	44	29,33	$2,9 \cdot 10^{-3}$	19,55	$4,5 \cdot 10^{-3}$	29,33
59	Pr	5,6	3,72	$4,5 \cdot 10^{-4}$	3,03	$7 \cdot 10^{-4}$	3,72
60	Nd	24	15,99	$1,7 \cdot 10^{-3}$	11,45	$2,5 \cdot 10^{-3}$	15,99
61	Pm	?	-	?	-	?	-
62	Sm	6,5	4,33	$7 \cdot 10^{-4}$	4,71	$7 \cdot 10^{-4}$	4,33
63	Eu	1,0	0,66	$2 \cdot 10^{-5}$	0,13	$1,2 \cdot 10^{-4}$	0,66
64	Gd	6,3	4,19	$7,5 \cdot 10^{-4}$	5,05	$1 \cdot 10^{-4}$	4,19
65	Tb	1,0	0,66	$1 \cdot 10^{-4}$	0,67	$1,5 \cdot 10^{-4}$	0,66
66	Dy	4,3	2,86	$7,5 \cdot 10^{-4}$	5,05	$4,5 \cdot 10^{-4}$	2,86
67	Ho	1,2	0,80	$1 \cdot 10^{-4}$	0,67	$1,3 \cdot 10^{-4}$	0,80
68	Er	2,4	1,60	$6,5 \cdot 10^{-4}$	4,38	$4 \cdot 10^{-4}$	1,60
69	Tu	0,3	0,26	$1 \cdot 10^{-4}$	0,67	$8 \cdot 10^{-5}$	0,26
70	Yb	2,6	1,73	$8 \cdot 10^{-4}$	5,41	$3 \cdot 10^{-4}$	1,73
71	Lu	0,7	0,46	$1,7 \cdot 10^{-4}$	1,14	$1 \cdot 10^{-4}$	0,46
Σ		149,9	100	0,0146	100	0,0158	100

Elementele din grupa TR în sistematizarea geochimică a lui Goldshmidt prezintă elemente litofile. De regulă aceste elemente sunt tipice pentru magmele restante, care au un conținut redus de aluminiu și fier. În cursul cristalizării, ele se concentrează în lichide reziduale și sunt abundente în granite, sienite, roci alcaline și pegmatite.

Cantități notabile de ytriu și de lantanide pot exista în zirconiu – $Zr[SiO_4]$ și în thorit - $Th[SiO_4]$, care sunt izomorfe cu xenotimul – YPO_4 .

Deși pământurile rare formează o grupă coerentă din punct de vedere geochimic, abundența lor în mineralele menționate mai înainte variază considerabil. Goldshmidt și Thomassen [8] au împărțit toate mineralele care conțin elemente TR în șase tipuri, caracterizate de grafice de abundență (figura 1)

În figura 1 tipul monazitic și tipul allanitic (allanitul este un sinonim al orthitului) sunt unite într-o singură diagramă de abundență.

După gradul de diferențiere tipurile de abundență sunt grupate în două categorii principale: *asociații complete și asociații selective*.

Asociațiile complete conțin aproape toate lantanidele, de la lantan la lutețiu, și în cadrul lor nu există diferențieri pronunțate între abundența TR din grupa ceriului și TR

din grupa ytriului. Aceste asociații se găsesc adeseori în minerale care conțin TR numai sub formă de constituenți accesorii, de exemplu în apatit și gadolinit.

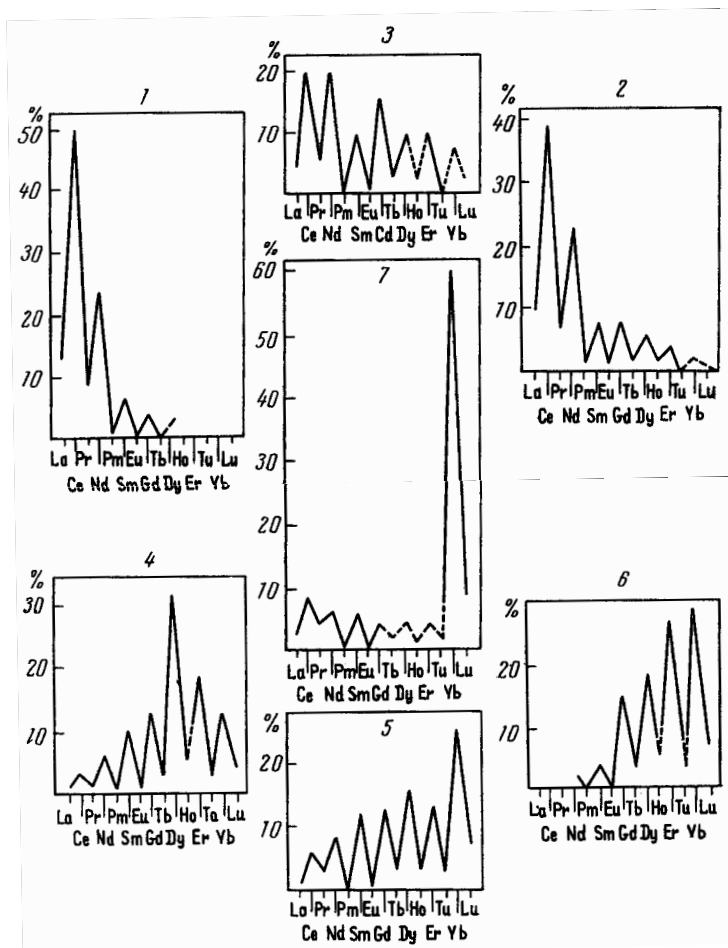


Fig. 1. Tipuri de compoziție lantanidică a mineralelor (Goldshmidt, 1924).

- 1 – tipul selectiv orthit-monazitic (allanit-monazitic), 2 – tipul complet apatitic,
 3 – tipul complet ytrofluoritic, 4 – tipul selectiv thalenitic, 5 – tipul selectiv wiikitik,
 6 – tipul selectiv xenotimic, 7 – tipul selectiv thortveititic.

În asociațiile selective, dimpotrivă, predomină fie TR din grupa ytriului, fie TR din grupa ceriului. Pentru zona pericratonică din partea de sud-vest a Platformei Est-Europene prezintă un interes asociațiile selective allanitic-monazitică și xenotimică.

În tipul monazitic după cum se vede în diagrama 1 din figura 1 predomină ceriul. Acest tip cuprinde metale de la lantan până la samariu, au un conținut apreciabil de gadoliniu și adeseori, mici cantități de pământuri de ytriu. Relațiile de abundență dintre elementele cu numere pare sunt următoarele: $Ce > Nd > Sm \geq Gd$.

E de menționat că din toate varietățile de monazit, acestui tip îi aparțin monazitele care au legături geologico-genetice cu pegmatitele granitice.

Tipul allanitic (sau orthitic) este asociația ceriului cea mai bine individualizată și se caracterizează prin prezența seriei La – Nd, mici cantități de samariu și gadoliniu, și uneori, urme din celelalte pământuri rare din subgrupa ceriului. Pe lângă orthit, acest tip include și alți silicați cu pământuri de ceriu prezenți în pegmatitele nefelin-sienitice.

Deoarece tipul monazitic este un intermediar între asociațiile complete și tipul allanitic, iar ambele asociații sunt caracterizate de o însărăcire bine pronunțată în elemente din seria de la samariu la yterbiu, Goldshmidt le prezintă împreună.

Tipul xenotimic este caracterizat prin predominanța erbiului și yterbiului, prin prezența unui conținut important de gadoliniu și disproziu și prin conținuturi foarte mici de lantanide, care preced gadoliniul. Ytriul, în comparație cu alte tipuri selective, în asociația xenotimică se află în concentrații relativ mai mari.

Cele mai multe minerale independente de pământuri rare sunt constituenți ai pegmatitelor granitice și nefelin-sienitice. În mineralele pegmatitelor granitice de regulă predomină elementele TR din subgrupa ytriului, în timp ce în mineralele sienitelor și nefelin-sienitelor cea mai mare parte a TR constă din elementele din subgrupa ceriului. Însă, majoritatea mineralelor independente ale TR întâlnite în pegmatite sunt rare din punct de vedere geochimic și conțin numai o parte nesemnificativă din cantitatea totală de ytriu și lantanide a litosferei superioare. În cea mai mare parte, ytriul și lantanidele (la fel ca și scandiul) sunt incluse în stadia principală de cristalizare magmatică și astfel, numai o mică parte intră în pegmatite.

Ytriul și lantanidele, chiar când sunt prezente în cantități mici, arată o tendință accentuată de a forma minerale independente în rocile magmatice. Minerale ca orthitul și monazitul, care sunt constituenții accesorii obișnuiți ale multor roci magmatice, sunt de mare importanță geochimică, pentru că ele conțin o parte foarte însemnată a ytriului și ale lantanidelor existente în litosfera superioară. În plus, monazitul este cel mai important minereu pentru aceste metale. Un alt mineral de importanță potențială pentru conținutul de ytriu și lantanide, este xenotimul. Este stabilită și ocurența comună a monazitului și xenotimului în calitate de minerale accesorii în compoziția formațiunilor granitice.

Concentrații industriale de minerale ale TR există atât de tip endogen, cât și de tip exogen și metamorfogen. După cum a fost menționat, originea mineralelor proprii ale TR este legată cu granitoidele și formațiunile nefelin-sienitice. În același timp, sunt cunoscute zăcăminte endogene ale TR aflate în relații geologico-genetice cu formațiunile intruzive ultrabazice alcaline, cu sienitele (bogate în piroclor), cu formațiunile pneumatolit-hidrotermale.

Conform sistematizării tipurilor de zăcăminte minerale utile [9], zăcămintele hipergene ale TR sunt grupate în trei tipuri:

1. *Reziduale*, care se formează în rezultatul alterării rocilor granitice, sienitice, nefelin-sienitice bogate în monazit, sfen, piroclor, thorianit, cerianit și formării în scoarța de eroziune concentrații mărite de TR din subgrupa ceriului, Nb, Zr, Th, Y.

2. *Sedimentar-detritice*:

- a) terenuri aluviale formate din concentrații de minerale stabile în zona hipergenă, cum ar fi monazitul, ilmetorutilul, zirconul, uranotoritul ș.a. (zăcăminte ale TR din subgrupa ceriului, Sn, Th, Au, Ti, Zr);
- b) terenuri eluvial-deluviale cu concentrații mari de xenotim, piroclor, fergusonit, thorit (zăcăminte ale TR din subgrupa ceriului și subgrupa ytriului);

c) terenuri mineralifere din zona de litoral formate din acumulări semnificative de monazit, ilmenit, rutil, zircon (zăcăminte ale TR din subgrupa ceriului, Th, Ti, Zr, U).

3. *Sedimentare și sedimentar-biogene:*

- a) fosforite;
- b) nisipuri bogate în minerale ale TR;
- c) șisturi bituminoase;
- d) reminiscente fosile.

Există și zăcăminte metamorfogene ale pământurilor rare. Acest tip de zăcăminte este caracterizat prin distribuția relativ omogenă a elementelor TR pe arii de o extindere considerabilă și sunt prezentate în general de migmatite, paragnaise și conglomerate metamorfozate cu monazit.

Originea elementelor din grupa TR, depistate în regiunea de nord și nord-est a Republicii Moldova, este legată cu prezența monazitului și a zirconului în rocile fundamentului de platformă și fragmentelor de roci cristaline aflate în compoziția formațiunilor terigene din stratele bazale ale cuverturii. În baza datelor cercetărilor mineralogice și geochimice a fost constatat că ponderea monazitului în formarea aureolelor geochimice ale TR este comparativ mai mare decât cea a zirconului.

De exemplu, într-un foraj de cartare geologică, săpat în apropierea s. Cușmirca (Șoldănești), a fost depistată o anomalie geochimică cu concentrații maxime de lantan (0,1 %) și ceriu (0,08 %) generată de monazit a cărui concentrație în stratele Olcedaev variază între 0,5 și 21,8 g/t [6]. În regiunea satelor Volovaea, Trifăuți, Vasilcău și Răcovăț (Soroca) pe o arie de circa 16x10 km a fost localizată o anomalie a pământurilor rare (ceriu cu o concentrație maximală de 0,02% și lantan – 0,015 %). Concentrații de ceriu ce depășesc 0,01% au fost depistate în apropierea satelor Sănătăuca și Severinovca (Camenca). În baza cercetărilor mineralogice aceste anomalii sunt provocate de monazitul aflat în compoziția gresiilor din stratele de Căsăuți [10].

După cum s-a menționat, în zona hipergenă monazitul este un mineral destul de stabil. Fiind rezistent la acțiunea agenților exogeni, el nu se descompune și în felul următor, sub formă de granule detritice, se păstrează perioade de timp geologic foarte îndelungate. Din această cauză monazitul prezent în rocile cristaline de vârstă arhaică și proterozoică timpurie, este depistat și în rocile sedimentare ale cuverturii de platformă din regiunea centrală a bazinului r. Nistru. Deoarece greutatea specifică a monazitului este destul de mare (depășește 5,0 g/cm³) în procesul de eroziune a rocilor materne și sedimentogeneză deseori se formează aureole mecanice de origine maritimă sau continentală cu concentrații mari ale acestui mineral. Astfel se explică, că monazitul în stratele sedimentare detritice, poate fi prezent în concentrații mult mai mari comparativ cu concentrațiile lui în rocile singenetice. Într-un proces similar se formează și aureolele mecanice ale zirconului. E de menționat, că în compoziția mineralogică a unor varietăți de roci cristaline și a unor varietăți litologice a fost găsit și xenotimul, care conține anumite cantități de elemente TR izomorfe.

În rezultatul cartărilor geologice ale formațiunilor cristaline și a stratelor bazale ale cuverturii de platformă în regiunea centrală a bazinului r. Nistru, pe segmentul s. Bursuc - s. Bădiceni, în stratele vendiane au fost depistate diferite concentrații ale elementelor din grupa TR: scandiu, ytriu, lantan, ceriu, yterbiu (Tabelul 2; figura 2).

Tabelul 2.

Concentrațiile medii ale pământurilor rare în stratele terigene de vârstă vendiană din regiunea centrală a bazinului r. Nistru (segmentul s. Bursuc – s. Bădiceni) [11]

Stratele terigene de vârstă vendiană	Concentrațiile, g/t / Abaterile $(C - C_f)/C_f$				
	Sc	Y	La	Ce	Yb
Stratele Șebutinet (Vsb)	0,570 /- 0,28	1,500 /- 0,16	2,026 /- 0,15	1,895 /- 0,15	0,038 /- 0,75
Stratele Pilipov (Vpl)	0,995 /+ 0,25	2,129 /+ 0,21	2,419 /+ 0,02	-	0,164 /+ 0,04
Stratele Kalius (Vkl)					
- gresii	0,919 /+ 0,15	1,574 /- 0,12	2,057 /- 0,13	2,140 /- 0,04	0,171 /+ 0,09
- argilite	0,799 /+ 0,00	1,943 /+ 0,09	2,136 /- 0,10	1,307 /- 0,41	0,159 /+ 0,01
Stratele Giurgev (Vdz)	1,140 /+0,43	1,643 /- 0,08	2,265 /- 0,05	1,393 /- 0,37	0,172 /+ 0,10
Stratele Zincoveț (Vzn)					
- argilite	0,949 /+ 0,19	1,691 /+ 0,05	2,062 /- 0,13	-	0,166 /- 0,06
- tufite	0,792 /+ 0,01	1,655 /- 0,07	2,225 /- 0,06	2,162 /- 0,03	0,143 /- 0,09
Stratele Bronița (Vbr)					
- argilite	0,748 /+ 0,06	1,855 /+ 0,04	2,210 /- 0,07	2,202 /- 0,01	0,157 /0,00
- gresii	0,949 /+ 0,19	1,902 /+ 0,07	2,322 /- 0,02	2,271 /+ 0,02	-
Stratele Bernașev (Vbrn)	0,625 /- 0,21	1,948 /+ 0,09	2,356 /- 0,01	2,398 /+ 0,08	0,245 /+ 0,56
Stratele Leadov (Vld)	0,846 /+ 0,06	1,724 /- 0,03	2,105 /- 0,11	-	0,166 /+ 0,06
Stratele Căsăuți (Vks)	0,509 /- 0,36	1,351 /- 0,24	2,755 /+ 0,16	2,435 /+ 0,09	0,102 /- 0,35
Stratele Lomozov (Vlm)	0,711 /- 0,11	2,485 /+ 0,40	3,576 /+ 0,51	3,353 /+ 0,51	0,221 /+ 0,41
Stratele Olcedaev (Vol)	0,586 /- 0,26	1,523 /- 0,14	2,741 /+ 0,15	2,917 /+ 0,31	0,147 /- 0,06
Fondul geochemic C_f	0,796	1,780	2,375	2,225	0,157

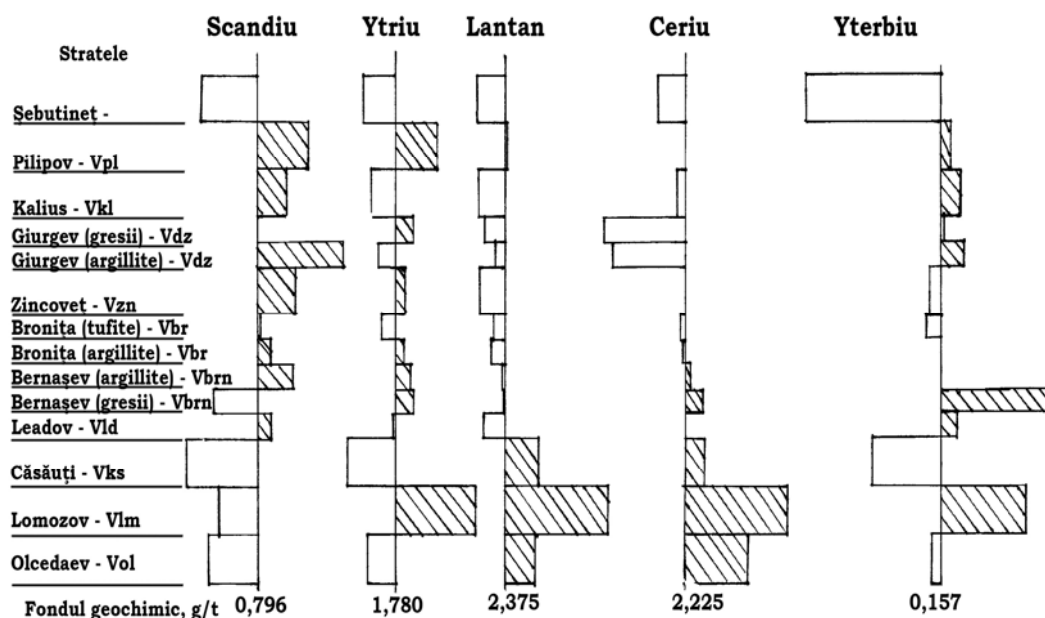


Fig. 2. Repartiția generală a pământurilor rare în stratele terigene de vârstă vendiană din regiunea centrală a bazinului r. Nistru (datele din Tabelul 2)

Concentrațiile elementelor chimice sunt reprezentate în unități condiționate determinate de fondul geochemic.

În anii 1982-1987 pe teritoriul raioanelor administrative Camenca, Rezina, Șoldănești și Florești, au fost efectuate cartări geologice la scara 1:200000 a fundamentului cristalin și a formațiunilor sedimentare din cuvertura de platformă. În rezultatul cercetărilor geochemice și mineralogice în formațiunile precambriane, au fost descoperite diverse concentrații ale elementelor din grupa TR (La, Ce, Yb, Y și Sc) și ale zirconului și monazitului (Tabelul 3).

Tabelul 3.

Concentrațiile în g/t ale pământurilor rare și ale zirconului (Zr) și monazitului (Mz) depistate în procesul cartărilor geologice din zona centrală a bazinului r. Nistru (segmentul s. Bursuc – or. Rezina) [6]

№		Sc	Y	La+Ce	Yb	Zr	Mz	№	Sc	Y	La+Ce	Yb	Zr	Mz
1	max	3,2	4,0	7,2	0,32	25	+	16	1,5	2,0	16,0	0,15	+	+
	min	0,63	1,0	4,5	0,12	10	+		0,8	1,5	5,0	0,15	+	+
	med	1,13	1,95	5,6	0,15	18	+		0,86	1,60	7,4	0,15	+	+
2	max	1,5	3,0	30,0	0,3	200	70	17	1,00	3,0	130,0	0,25	148	122
	min	0,8	1,5	5,0	0,15	10	-		0,8	1,5	5,0	0,15	-	+
	med	0,83	1,63	7,5	0,17	65	35		0,80	1,86	10,6	0,17	37	25
3	max	1,00	5,0	11,0	0,4	200	-	18	1,00	2,5	16,0	0,2	+	30
	min	0,8	1,5	5,0	0,15	29	-		0,8	1,5	5,0	0,15	+	+
	med	0,93	1,68	5,6	0,18	114	-		0,81	1,89	9,0	0,16	+	11
4	max	1,00	15,0	25,0	0,5	29	48	19	1,00	3,0	30,0	0,3	125	-
	min	0,8	1,5	5,0	0,15	-	-		0,63	1,0	4,5	0,1	17	-
	med	0,82	1,86	8,4	0,18	18	20		0,75	1,45	7,4	0,15	71	-
5	max	1,00	4,0	9,0	0,3	12	-	20	1,5	6,0	50,0	0,5	+	+
	min	0,8	1,5	5,0	0,15	12	-		0,8	1,5	5,0	0,15	-	-
	med	0,81	1,66	5,8	0,18	12	-		0,82	2,22	8,6	0,21	+	+
6	max	3,2	12,0	32,0	1,0	331	75	21	2,00	3,0	25,0	0,25	29	33
	min	0,63	1,0	4,5	0,1	+	-		0,8	1,5	5,0	0,15	+	-
	med	1,00	2,06	10,3	0,17	78	30		0,86	1,67	8,4	0,16	20	11
7	max	1,00	3,0	10,0	0,2	-	+	22	1,5	3,0	103,0	0,3	-	-
	min	0,8	1,5	5,0	0,15	-	+		0,8	1,5	5,0	0,15	-	-
	med	0,83	1,62	5,4	0,16	-	+		0,81	1,67	6,6	0,17	-	-
8	max	1,00	3,0	30,0	0,25	45	185	23	0,8	2,0	16,0	0,2	30	+
	min	0,8	1,5	5,0	0,15	7	18		0,8	1,5	5,0	0,15	20	-
	med	0,81	1,62	11,0	0,16	23	74		0,80	1,57	8,1	0,16	25	+
9	max	2,5	10,0	35,0	1,0	10	+	24	1,00	5,0	25,0	0,5	60	40
	min	0,63	1,2	4,7	0,1	10	-		0,8	1,5	5,0	0,15	+	-
	med	0,99	1,95	8,6	0,28	10	+		0,81	1,69	7,2	0,16	22	9
10	max	1,00	3,0	40,0	0,25	211	59	25	3,2	8,0	12,6	0,5	+	-
	min	0,8	1,5	5,0	0,15	+	+		0,63	1,0	4,7	0,1	+	-
	med	0,81	2,07	19,2	0,18	52	26		1,18	1,95	5,6	0,20	+	-
11	max	1,00	3,0	13,0	0,25	10	30	26	4,00	6,3	18,3	0,5	+	+
	min	0,8	1,5	5,0	0,15	+	-		0,63	1,0	4,7	0,1	+	+
	med	0,81	1,67	6,6	0,18	5	6		1,16	1,86	5,8	0,17	+	+
12	max	1,5	2,0	25,0	0,2	530	30	27	3,2	3,2	18,3	0,25	+	+
	min	0,8	1,5	5,0	0,15	5	-		0,63	1,0	4,5	0,15	+	-
	med	0,84	1,57	6,7	0,16	161	8		0,98	1,52	6,0	0,16	+	+
13	max	1,00	2,5	25,0	0,2	+	-	28	1,5	3,0	9,0	0,3	60	20
	min	0,8	1,5	5,0	0,15	+	-		0,8	1,5	5,0	0,15	+	+
	med	0,81	1,69	8,0	0,18	+	-		0,99	1,97	6,3	0,21	30	10
14	max	1,00	2,0	20,0	0,2	200	250	29	1,00	3,0	9,0	0,3	150	30
	min	0,63	1,0	5,0	0,1	150	60		0,63	1,0	4,5	0,1	+	-
	med	0,72	1,44	9,3	0,14	175	155		0,73	1,35	6,0	0,14	19	5
15	max	1,00	8,0	180,0	0,6	200	450	30	2,5	4,0	25,0	0,4	40	+
	min	0,8	1,5	5,0	0,15	190	50		0,63	1,0	4,7	0,1	+	-
	med	0,88	3,47	32,9	0,30	195	250		0,91	1,49	7,1	0,25	14	-

După cum se vede, în unele foraje (în tabel indicele forajelor este marcat condiționat) concentrațiile lantanului și ceriului sunt destul de mari, depășind uneori valoarea 100 g/t, iar concentrațiile zirconului și monazitului ajung la circa 500 g/t.

Mai mulți autori leagă originea elementelor din grupa TR din regiunea nistreană cu prezența monazitului și a zirconului accesoriu aflat în compoziția diferitor varietăți petrologice și litologice de vârstă arhaică târzie, proterozoică timpurie și vendiană [3,4]. Analizând gradul de corelare dintre elementele TR și mineralele ce conțin aceste elemente într-o măsură oarecare această tendință se constată (Tabelul 4).

În primul rând, vom menționa o corelare stabilă dintre concentrațiile zirconului și a monazitului. Referindu-ne la concentrațiile acestor minerale în toate formațiunile precambriene, vom constata că ele sunt prezente aproape în aceleași proporții și în cele mai vechi roci din fundamentul cristalin (Formațiunea gnaiselor de vârstă arhaică târzie) și în enderbitele, plagiogranitele, migmatitele, granitoidele, alaskitele din Formațiunea enderbitelor și Formațiunea alaskitelor de vârstă proterozoică timpurie. Se produce impresia că multiplele acte de metamorfism progresiv, ultrametamorfism și metamorfism retrograd, care a avut loc pe parcursul a unei perioade de timp geologic enormă, și au modificat într-un mod cardinal toate varietățile petrologice din fundamentul de platformă, nu au influențat asupra redistribuirii în spațiul subsolului a zirconului și a monazitului. În același timp, se observă o concentrație relativ mai mare a acestor minerale în metasomatitele depistate în regiunea Faliei Nistrene [6].

În stratele terigene vendiane din regiunea bazinului r. Nistru prezența monazitului și a zirconului a fost confirmată în procesul a diverselor cercetări geologice [6, 10, 11], însă problema probabilității formării aici a unor aureole mecanice din mineralele nominalizate mai sus, și în consecință, depistarea unor acumulări semnificative de elemente TR asociate cu aceste minerale, până în prezent a rămas nerezolvată.

Tabelul 4.

Rezultatele analizelor corelative dintre elementele TR și minerale (zircon și monazit) (datele din Tabelul 3)

Tipul corelării	Coefficientul de corelare, ρ	Gradul de corelare, η
$C_{Sc} = f(C_Y)$	0,26	1,6 < 3
$C_{Sc} = f(C_{La+Ce})$	- 0,14	-7,9 < 3
$C_{Sc} = f(C_{Yb})$	0,24	1,4 < 3
$C_Y = f(C_{La+Ce})$	0,78	11,3 > 3
$C_Y = f(C_{Yb})$	0,70	7,8 > 3
$C_{Yb} = f(C_{La+Ce})$	0,14	1,9 < 3
$C_{Sc} = f(C_{Zr})$	- 0,19	- 1,1 < 3
$C_{Sc} = f(C_{Mz})$	- 0,18	- 1,0 < 3
$C_Y = f(C_{Zr})$	0,35	2,2 < 3
$C_Y = f(C_{Mz})$	0,62	5,6 > 3
$C_{La+Ce} = f(C_{Zr})$	0,52	4,2 > 3
$C_{La+Ce} = f(C_{Mz})$	0,80	12,6 > 3
$C_{Yb} = f(C_{Zr})$	0,19	1,1 < 3
$C_{Yb} = f(C_{Mz})$	0,37	2,4 < 3
$C_{Zr} = f(C_{Mz})$	0,73	8,6 > 3

Remarcând coeficientul de corelare înalt dintre zircon și monazit ($\rho = 0,73$), și gradul lor de corelare satisfăcător ($\eta = 8,6 > 3$), putem presupune că aceste două minerale din

punct de vedere geologic sunt singenetice, și probabil, în calitate de minerale accesorii s-au format în același timp în una și aceeași formațiune petrologică. O corelare stabilă se observă între ytriu și suma La + Ce: ($\rho = 0,78$, $\eta = 11,3 > 3$); ytriu și yterbiu: ($\rho = 0,70$, $\eta = 7,8 > 3$). În același timp, vom accentua absența unei corelări dintre yterbiu și suma La+Ce ($\rho = 0,14$, $\eta = 1,9 < 3$).

În baza datelor analizei corelative dintre elementele TR (La, Ce, Yb și Y) se constată o corelare bună dintre ytriu, La + Ce și monazit (respectiv $\rho = 0,62$, $\eta = 5,6 > 3$ și $\rho = 0,80$, $\eta = 12,6 > 3$). Suma La+Ce se corelează satisfăcător și cu zirconul ($\rho = 0,52$, $\eta = 4,0 > 3$).

Probabil, cantități semnificative de lantan, ceriu în calitate de element izomorf intră în compoziția monazitului, iar ytriul este un element comun atât pentru monazit cât și pentru zircon.

Originea scandiului frecvent întâlnit în compozițiile chimice ale diferitor tipuri de roci din regiunea bazinului r. Nistru – roci cristaline din fundament și sedimentare din cuvertură, inclusiv și cele de vârstă mezozoică-cainozoică, este indefinită.

După cum este cunoscut, migrarea scandiului în spațiul subsolului este mult mai activă în comparație cu elementele TR cu care el se aseamănă. În felul următor se pot explica formarea unor concentrații semnificative de scandiu în rocile sedimentare. Între formațiunile crustei terestre sunt frecvent întâlnite minerale cu ytriu care conțin o cantitate semnificativă de scandiu izomorf (circa 1 % Sc_2O_3). Nu este exclus, că o bună parte din scandiul depistat în stratele bazale ale cuverturii de platformă, se asociază anume cu ytriul: o corelare destul de slabă dintre scandiu și ytriu se observă în stratele vendiane aflate în zăcământ mai sus de gresiile de Căsăuți (figura 2). Vom remarca o concentrație relativ mai mare a scandiului în argilele de Giurgev.

Din cele menționate vom deduce următoarele concluzii:

1. În formațiunile geologice din regiunea centrală a bazinului r. Nistru, mineralele care prezintă un interes practic din punct de vedere al formării unor acumulări semnificative ale elementelor din grupa TR (Sc, Y, La, Ce și Yb) sunt următoarele: fosfatele – monazitul și xenotimul, și silicatele – orthitul și zirconul; probabil zirconul și monazitul sunt asociate paragenetic.

2. În scopul de a localiza în spațiul subsolului aureolele geochimice ale elementelor nominalizate mai sus, este necesar de a studia minuțios condițiile de migrare și concentrare a acestor elemente în diverse procese de mineralogeneză; în condițiile bazinului r. Nistru – în procesul metamorfismului progresiv și retrograd, ultrametamorfismului, proceselor metasomatice, proceselor de formare a stratelor bazale ale cuverturii de platformă.

3. În baza datelor geologice și geochimice acumulate în procesul cartărilor geologice de a contura aureole și anomalii geochimice, care ar putea servi în calitate de indici direcți a prezenței în formațiunile cristaline și litologice a unor aureole mecanice de monazit și (sau) zircon.

4. Studiul geochimic al elementelor din grupa TR are o importanță deosebită în descifrarea și restabilirea proceselor geologice din trecutul geologic [12]. Din cauza aceasta este important de a cerceta concentrațiile acestor elemente în diferite varietăți de roci de diferite vârste și origini. În special, este important de a stabili anumite tipuri de microparageneză dintre elementele TR pentru a rezolva unele probleme geologico-genetice:

- de a stabili legăturile corelative dintre anumite tipuri de elemente TR și anumite tipuri de roci cristaline sau sedimentare;

- de a stabili originea rocilor care conțin aceste elemente (s-au format ele într-un proces magmatic unic, într-un facies metamorfic comun, în unul și același ciclu de sedimentogeneză).

Dacă depistarea unui zăcământ de zircon sau monazit care conțin pământuri rare aduce un rezultat practic direct, studiul geochemic din orice regiune a crustei terestre este de o importanță deosebit de mare în prospecțiunile geologice, deoarece se rezolvă o problemă amplă în ceea ce privește determinarea asociațiilor paragenetice dintre minerale și elementele chimice, se determină tipul provinciilor petrografice, se precizează aspectul geotectonic al teritoriilor, se determină legăturile dintre procesele de litogeneză și condițiile paleogeografice din zonă, se rezolvă probleme stratigrafice. Evident, toate aceste date geologice servesc în primul rând pentru rezolvarea unor probleme geologice aplicative cum ar fi depistarea și a altor tipuri de zăcăminte minerale utile.

Bibliografie

1. Поп, I. Magnetismul pământurilor rare. Ed. Academică, București, 1968.
2. Милованов, Г.Н., Черносветов, Ю.Л. Редкоземельные элементы. Госгеолтехиздат. Москва, 1959.
3. Лвина, Д. А. Отчет по теме: Закономерности распределения цветных, редких и редкоземельных элементов в докембрийских образованиях Севера Молдавии. Fondurile AGeoM, 1972.
4. Жеру, М. И. Отчет по теме: Изучение основных вопросов петрологии и геохимии докембрия Среднего Приднестровья с целью обеспечения поисков руд редких и цветных металлов, а также высокоглиноземистого сырья. Fondurile AȘM, 1966.
5. Семенов, Е. И. Минералогия редких земель. Изд. АН СССР. Москва, 1963.
6. Захаров, А., Сергеев, В., Чоботару, В. Геологическое строение и полезные ископаемые Резинского горно-промышленного района. Fondurile AGeoM, 1987.
7. Щербина, В.В. Особенности геохимии скандия и типы его месторождений. // Геология месторождений редких элементов. Госгеолтехиздат, 1960.
8. Rankama, K., Sahama, Th. G., Geochimia. Ed. Tehnică. București, 1970.
9. Щербина, В.В. Особенности геохимии скандия и типы его месторождений. Госгеолтехиздат. Москва, 1960.
10. Захаров, А.Д. Геологическое строение и полезные ископаемые Среднего Приднестровья. Отчет о групповой геологической съемке масштаба 1:50000 листов М-35-127-Г; М-35-128-В,Г,Г-б; М-35-140-А,Г и геологическом доизучении площади масштаба 1:50000 листа М-35-140-Г с общими поисками. Fondurile AGeoM, 1992.
11. Рыборак, В.М. Геологическое строение и полезные ископаемые Среднего Приднестровья. Отчет о групповой геологической съемке масштаба 1:50000 листов М-35-141-В; М-35-142-В,Г и геологическом доизучении площадей масштаба 1:50000 листов М-35-141-А,Г с общими поисками. Fondurile AGeoM, 1990.
12. Ферсман, А.Е. Геохимия, т. 4. Госхимиздат. Ленинград, 1939.

УДК 581.524 + 911.5.52

Капитальчук И. П.³

Оценка влияния геоморфологического каркаса на дифференциацию почвенного покрова территории Молдовы

Резюме

Анализируются распределения относительных частот и площадей распространения различных типов почв в зависимости от высотных характеристик рельефа. Показано, что, по мере понижения высотных параметров рельефа характер этих распределений существенно изменяется. При этом, как для относительных частот, так и для соотношения площадей происходит постепенный переход доминирующего положения от почв верхнего высотного уровня к почвам нижнего высотного уровня.

Abstract

In work the formalized methods for the analysis of law of distribution of various types soils in territory of Moldova are used. This private problem is a part of the general model which consists of elements "a background - a skeleton - pattern". Parameters of a background - these are climatic characteristics of territory. They define latitude ash value soils. However the territory of Moldova has small extent from the north on the south. Therefore parameters of a background influence spatial distribution of elements of a landscape a little. Here the leading role in formation of a various environment belongs to a geology-geomorphological skeleton of territory. As parameters of a skeleton three parameters of a relief of soil areas are considered: K1 - the maximal absolute altitude; K2 - the minimal absolute altitude; K3 - average altitude territories. The pattern of a soil cover is presented by a parity of the areas of various types soils in territory of areas. Soil the pattern of territory is formed during interaction of a climatic background and a geology-geomorphological skeleton.

On the basis of the analysis of interrelation between characteristics of a geomorphological skeleton of territory and a pattern of a soil cover it is shown, that known law for considered territory of differentiation of types of soils can be displayed and quantitatively described by means of:

- 1) distributions of average values of parameters of a geomorphological skeleton for microdistricts with areas of distribution of corresponding types of soils;*
- 2) relative frequencies of distribution of types of soils for various intervals of values of parameters of a geomorphological skeleton of territory;*
- 3) parities of the areas of various types of soils for various intervals of values of parameters of a geomorphological skeleton of territory.*

In process of downturn of parameters of a relief character of distribution of types of soils essentially changes. Thus, both for relative frequencies, and for a parity of the areas there is a gradual transition of a leading position from of soils the top level to soils the bottom level. The maximal absolute altitude of a relief serves as the factor limiting "from below" distribution of soils the top level while the minimal absolute altitude of a relief limits "from above" distribution of soils the bottom level.

It is established, that in most cases between size of the relative area of distribution of the certain types of soils and value of considered characteristics of a relief the correlation interrelation rather weak or is not shown at all at statistically significant level.

³ НИИ экологии и природных ресурсов (г. Бендеры), Республика Молдова

Rezumat

In lucrare se explică posibilitate aplicării metodelor formalizate pentru analiza răspândirii diferitelor feluri a solurilor pe teritoriei Moldovei în dependența de la caracteristici înalte a reliefului.

Această sarcină proprie se rezolvă în limitele elaborării a modelului total. Care constă din elementele "ambianța-carcas-desen". În calitate parametrilor ambianței se folosesc factorii hidroclimaterice. Pentru organizația naturală a teritoriei Moldovei sensurile de fond se schimbă înconsiderabil din cauza dimensiunilor mici de la nord spre sud. Afară de acest fapt sensul de fond a parametrilor devine diferențiat de spațiu sub influența carcasului geologo-geomorfologic. Ca o urmare, factorul geologo-geomorfologic este determinantul în formare structurii învelișului de sol teritoriei date.

In calitate parametrilor carcasului geomorfologic se consideră trei indicii reliefului sectoarelor de sol: K1- înălțime absolută maximală a teritoriei; K2- înălțime absolută minimală a teritoriei; K3- vioiciune medie a teritoriei.

Desenul învelișului de sol este prezentat în felul atitudinii suprafețelor diferitelor feluri a solurilor pentru sectoarele de sol.

Pe baza analizei interlegăturii între caracteristice înălțimilor a carcasi geomorfologice și desenului învelișului de sol este prezentat ca legitățile răspândirii spațial a diferitelor soluri pot fi cantitativ descrise cu ajutorul:

- 1) răspândirii semnificații medii a parametrilor carcasului geomorfologic pentru sectoarele cu răspândirea solurilor;*
- 2) desime relative răspândirii felurilor de soluri pentru diferite semnificații parametrilor carcasului geomorfologic teritorial;*
- 3) atitudinile suprafețelor diferite feluri de sol pentru diferite intervale a semnificații parametrilor carcasului geomorfologic teritorial.*

După scăderea înălțimilor reliefului caracterul răspândirii felurilor de soluri se schimbă esențial. Prin aceea că pentru desime relative și pentru corelație suprafețelor provine traversarea treptată a așezării dominante de la solurile nivelului înalt (soluri cenușii-silvice) spre solurile nivelului de jos (cernoziomuri obișnuite și carbonatate). Înălțime absolută maximală a reliefului este un factor care mărginește jos răspândirea solurilor nivelului înalt a înălțimilor, în timpul că înălțimea absolută minimală a reliefului limitează de sus răspândirea solurilor nivelului de jos a înălțimilor. Interval semnificațiilor vioiciunei mediei a 150 – 200 m putem socoti tranzitiv din punct de vedere a schimbării felurilor soluri dominante. Este instalat că în majoritatea cazuri între mărimea suprafeței relative răspândirii felurilor de soluri și însemnătății caracteristicilor înălțimilor, legătura reciprocă de corelație este slabă ori nu este manifestată pe nivelul de semnificație.

Введение

В характере природной организации любой территории проявляются континуальные и дискретные свойства. Закономерное изменение с севера на юг фоновых значений гидроклиматических факторов проявляется в формировании широтной зональности почв, растительности и других компонентов ландшафтов. Однако для субрегионального уровня природной организации геопространства, соизмеримого с масштабом территории Молдовы, фоновые значения факторов, обуславливающих проявление широтной зональности, изменяются не значительно в силу ее малой протяженности с севера на юг. Кроме того, фоновое значение многих параметров становится пространственно-дифференцированным под воздействием геолого-geomorfологического каркаса. Вследствие этого геолого-geomorfологический фактор является определяющим в формировании разнообразных природных условий рассматриваемой территории, в том числе структуры ее почвенного покрова. Как справедливо отмечает А.Ф. Урсу [1], для

территории Молдавии геоморфологические уровни являются рубежами смены или высотной дифференциации многих ландшафтных компонентов.

Почвенный покров территории Молдовы был детально изучен и описан в многочисленных научных статьях и монографиях. В частности, важным итогом многолетних исследований молдавских почвоведов явилось издание в 1988 году Атласа почв Молдавии [2], в котором наряду с описанием различных почв, дано их пространственное и высотное распространение.

Вместе с тем накопленному на сегодняшний день значительному объему количественных данных о почвообразующих и экологических факторах, на наш взгляд, явно не хватает высоко формализованных моделей и методов, где эти данные могли бы эффективно использоваться для количественного анализа природно-территориальной организации.

Цель настоящей работы - показать возможность использования формализованных методов для анализа высотной дифференциации почвенного покрова в зависимости от параметров геоморфологического каркаса территории.

Материалы и методы

Данная частная задача решается в рамках разработки более общей модели для субрегионального иерархического уровня организации геопространства, которая состоит из структурных элементов «фон – каркас – узор» [3, 4]. Параметры фона в настоящей работе не рассматриваются. В качестве параметров геоморфологического каркаса рассматриваются три показателя рельефа почвенных районов и микрорайонов:

K1 – максимальная абсолютная высота;

K2 – минимальная абсолютная высота;

K3 – средняя приподнятость территории.

Узор почвенного покрова представлен соотношением площадей ($V5/i$, %) различных типов почв для соответствующих районов и микрорайонов.

Количественные данные для указанных выше параметров позаимствованы нами из монографии [1]. Для обработки и анализа данных использовались общепринятые статистические методы [5], а также теория графов [6]. Статистические расчеты выполнялись с применением встроенных функций программы Excel.

Результаты и обсуждение

По данным, приведенным в работе [1], нами рассчитаны статистические характеристики для параметров геоморфологического каркаса микрорайонов, содержащих различные типы и подтипы почв, а также для относительной площади ареалов распространения соответствующих типов почв ($V5/i$). Эти данные представлены в таблице 1, из которой следует, что один и тот же тип почв может встречаться в районах, существенно различающихся по величине параметров геоморфологического каркаса.

Однако, как показано на рисунке 1, при рассмотрении средних значений высотных характеристик рельефа, наблюдается тенденция к уменьшению всех рассматриваемых параметров геоморфологического каркаса при переходе от микрорайонов, содержащих бурые и серые лесные почвы, к микрорайонам с ареалами распространения оподзоленных и, далее, выщелоченных, типичных, обыкновенных, карбонатных и, наконец, южных черноземов.

Таблица 1.

Статистические характеристики параметров геоморфологического каркаса почвенных микрорайонов, содержащих различные типы и подтипы почв

Статистические характеристики	Параметры каркаса, м			V5/i, %
	K1	K2	K3	
1 – бурые лесные почвы (n = 1)				
Среднее значение	430	80	239	28,7
2 – серые лесные почвы (n = 37)				
Диапазон изменения	239,0 – 430,0	12,0 – 230,0	130,0 – 278,0	0,5 – 99,2
Среднее значение	303,3±41,2	124,1±43,7	210,8±33,5	43,9±29,2
Коэффициент вариации	0,14	0,35	0,16	0,66
3 – черноземы оподзоленные (n = 41)				
Диапазон изменения	145,0 – 400,0	12,0 – 230,0	73,0 – 278,0	0,2 – 71,9
Среднее значение	293,3±51,1	106,6±44,3	196,9±41,1	10,6±16,9
Коэффициент вариации	0,17	0,42	0,21	1,59
4 – черноземы выщелоченные (n = 60)				
Диапазон изменения	145,0 – 430,0	12,0 – 230,0	73,0 – 278,0	0,2 – 47,8
Среднее значение	267,5±59,5	83,5±45,8	172,3±46,3	11,1±11,7
Коэффициент вариации	0,22	0,55	0,27	1,05
5 – черноземы типичные (n = 41)				
Диапазон изменения	112,0 – 430,0	12,0 – 179,0	44,0 – 24,2	0,1 – 48,6
Среднее значение	266,6±63,2	60,1±32,0	151,6±39,5	11,2±13,4
Коэффициент вариации	0,24	0,53	0,26	1,20
6 – черноземы обыкновенные (n = 74)				
Диапазон изменения	112,0 – 430,0	5,0 – 230,0	35,0 – 25,2	0,2 – 62,3
Среднее значение	237,7±62,0	54,3±32,8	136,2±45,4	18,7±15,6
Коэффициент вариации	0,26	0,60	0,33	0,84
7 – черноземы карбонатные (n = 70)				
Диапазон изменения	112,0 – 430,0	5,0 – 100,0	35,0 – 239,0	0,2 – 88,2
Среднее значение	231,3±58,3	47,5±23,2	127,2±38,4	20,3±21,7
Коэффициент вариации	0,25	0,49	0,30	1,07
8 – черноземно-луговые намывные (n = 70)				
Диапазон изменения	15,0 – 430,0	2,0 – 230,0	5,0 – 278,0	0,1 – 100
Среднее значение	232,5±77,6	72,7±46,2	146,0±60,5	15,6±21,5
Коэффициент вариации	0,33	0,64	0,61	1,38
9 – черноземы слитые и солонцеватые (n = 60)				
Диапазон изменения	145,0 – 430,0	10,0 – 220,0	44,0 – 277,0	0,1 – 45,3
Среднее значение	257,9±64,8	66,5±46,2	155,0±45,9	4,7±8,2
Коэффициент вариации	0,25	0,70	0,30	1,75
10 – перегнойно-карбонатные почвы (n = 26)				
Диапазон изменения	112,0 – 349,0	12,0 – 210,0	68,0 – 250,0	0,1 – 68,9
Среднее значение	250,7±61,5	75,4±61,1	160,3±55,6	6,8±15,3
Коэффициент вариации	0,25	0,81	0,35	2,25
11 – ксерофитно-лесные почвы (n = 4)				
Диапазон изменения	180,0 – 300,0	20,0 – 40,0	112,0 – 183,0	0,6 – 11,7
Среднее значение	250,0±52,9	30,0±11,5	138,8±20,8	3,4±5,5
Коэффициент вариации	0,24	0,38	0,15	1,63
12 – черноземы южные (n = 1)				
Среднее значение	180,0	5,0	35,0	1,6

Эта тенденция является отражением общей для рассматриваемой территории закономерности высотной дифференциации в генетическом ряду типов и подтипов почв [1, 2]. Существенное отклонение от общей тенденции величины K2 для бурой лесной почвы и чернозема южного обусловлено малым объемом выборок для этих типов почв.

Необходимо отметить, что рассматриваемые параметры $K1$, $K2$ и $K3$ не представляют собой в полном смысле высотные рубежи распространения конкретных типов почв. Эти параметры характеризуют геоморфологические особенности почвенных районов и микрорайонов, где наряду с доминирующим типом присутствуют и другие типы почв.

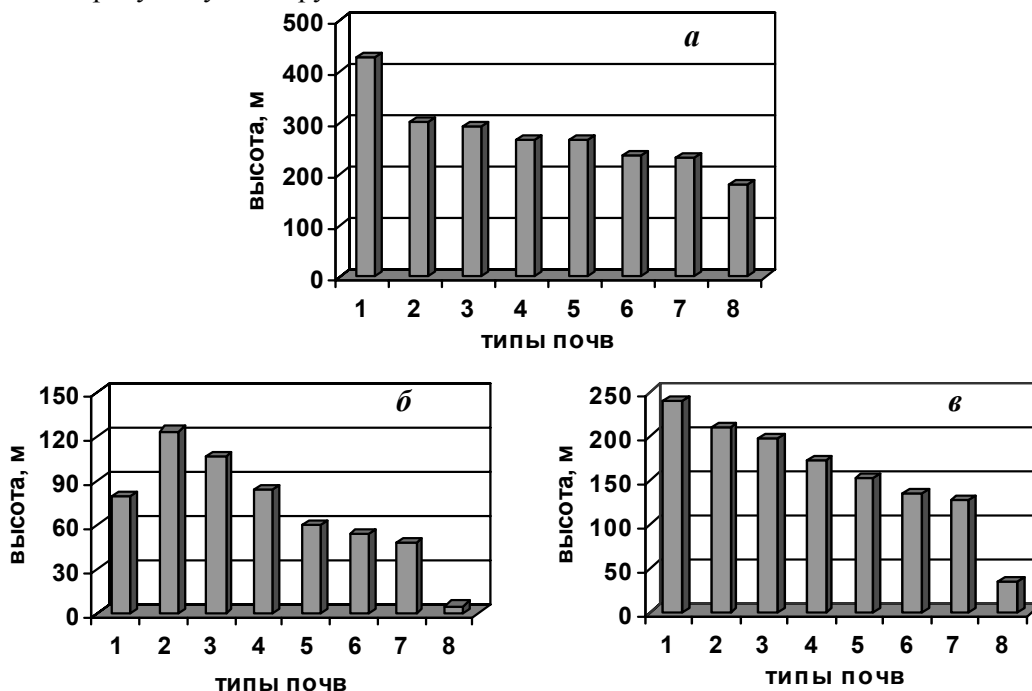


Рис.1. Средние значения параметров $K1$ (а), $K2$ (б) и $K3$ (в) для микрорайонов с ареалами распространения типов и подтипов почв:

- 1 - бурые лесные, 2 - серые лесные, 3 - черноземы оподзоленные,
- 4 - черноземы выщелоченные, 5 - черноземы типичные, 6 - черноземы обыкновенные, 7 - черноземы карбонатные, 8 - черноземы южные.

Наряду с количественным описанием общей закономерности в характере высотной дифференциации почвенного покрова, определенный интерес представляет соотношение различных типов почв в зависимости от значения параметров геоморфологического каркаса территории. Такие соотношения представлены на рисунках 2, 3, 4.

График, изображенный на рисунке 2, демонстрирует влияние максимальной высоты рельефа на распределение типов почв. Этому распределению присущи некоторые особенности. Так, бурые лесные почвы встречаются только в одном почвенном районе, где максимальная высота рельефа превышает 400 м. В то же время чернозем южный, наоборот, отмечается в почвенном микрорайоне, попадающем в нижний интервал значений $K1$ (100 – 200 м). Черноземы слитые и солонцеватые наблюдаются при всех рассматриваемых диапазонах значений максимальной высоты рельефа, при этом относительная частота распределения этого типа почв не зависит от параметра $K1$. Перегнойно-карбонатные и ксерофитно-лесные почвы встречаются в условиях рельефа с максимальными

абсолютными отметками ниже 400 м, однако, явной зависимости частоты распределения этих типов почв от максимальной высоты рельефа не прослеживается.

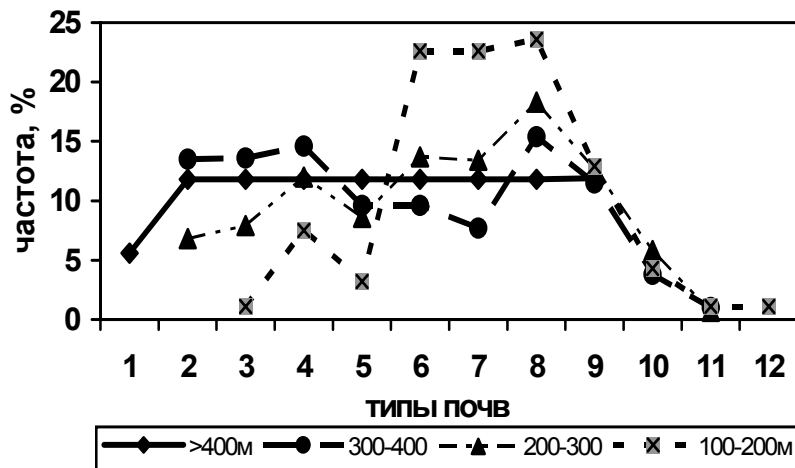


Рис. 2. Относительные частоты (%) распределения типов почв для различных интервалов значений максимальной абсолютной высоты (KI) почвенных микрорайонов:

1 - бурые лесные почвы, 2 - серые лесные почвы, 3 - черноземы оподзоленные, 4 - черноземы выщелоченные, 5 - черноземы типичные, 6 - черноземы обыкновенные, 7 - черноземы карбонатные, 8 - черноземно-луговые намывные почвы, 9 - черноземы слитые и солонцеватые, 10 - перегнойно-карбонатные почвы, 11 - ксерофитно-лесные почвы, 12 - черноземы южные.

На рассматриваемой территории максимальная абсолютная высота рельефа является параметром, ограничивающим распространение почв верхнего высотного уровня: бурых и серых лесных почв. При прочих равных условиях возрастание значения параметра KI сопровождается увеличением почвенного разнообразия. В принципе, для гипотетического почвенного района при максимальных значениях параметра KI и достаточной глубине расчленения рельефа вероятность наличия для всех типов почв, встречающихся на рассматриваемой территории, должна быть примерно одинаковой. Это утверждение наглядно демонстрирует частота распределения типов почв для значений $KI > 400$ м (рис.2).

Для более низких значений параметра KI характер распределения повторяемости различных типов почв существенно отличается (см. рис.2). В условиях рельефа с абсолютными максимальными отметками 300 – 400 м доминируют почвы верхнего (типы 2, 3,) и среднего (тип 4) высотного уровня, в то время как почвы нижнего высотного уровня (типы 6, 7) здесь встречаются значительно реже. Второй максимум частоты распределения приходится на черноземно-луговые намывные почвы (тип 8).

Для интервала значений KI , равного 200–300 м, наблюдается уменьшение относительных частот для почв верхнего высотного уровня (типы 2 и 3) с одновременным возрастанием частоты для почв нижнего высотного уровня (типы 6, 7) и черноземно-луговых намывных почв (тип 8).

При снижении максимальных абсолютных отметок ниже 200 м в генетическом ряду почв наибольшей частотой обладают обыкновенные и карбонатные черноземы, а также черноземно-луговые намывные почвы (типы 6, 7 и 8).

Из рассмотрения характера частоты распределения отдельных типов почв в разных геоморфологических условиях (рис.2), следует, что их можно разделить на два вида. Так, для почв верхнего и среднего высотного уровня (типы 2, 3, 4, 5) наблюдается уменьшение частоты их встречаемости по мере уменьшения максимальной высоты рельефа. Частота встречаемости почв нижнего высотного уровня (типы 6, 7) наоборот возрастает при уменьшении параметра $K1$. Такой же характер высотной зависимости имеет относительная частота встречаемости черноземно-луговых намывных почв (тип 8).

Как видно из рисунка 3, минимальная абсолютная высота рельефа рассматриваемой территории является ограничивающим фактором для почв среднего (тип 5) и нижнего (типы 6, 7) высотного уровня, которые выше 200 м практически не встречаются.

Черноземно-луговые намывные почвы (тип 8), черноземы слитые и солонцеватые (тип 9) и перегнойно-карбонатные почвы (тип 10) встречаются при всех значениях параметра $K2$ и при этом не обнаруживают тенденции к зависимости от этого параметра. Для почв верхнего (типы 2, 3) и среднего (тип 4) высотного уровня проявляется тенденция к уменьшению частоты их встречаемости по мере снижения минимальной высоты рельефа. Относительная частота для почв нижнего высотного уровня (типы 6, 7), наоборот, стремится к росту при уменьшении параметра $K2$.

Следует отметить, что параметр $K2$, в сочетании с параметром $K1$, характеризует глубину расчленения территории, влияя таким образом на разнообразие почвенного покрова.

Важной характеристикой рельефа является средняя приподнятость территории ($K3$), так как этот показатель характеризует геоморфологическую особенность всего почвенного района в целом. Из рисунка 4 видно, что для интервала значений параметра $K3 > 200$ м наблюдается уменьшение относительной частоты распределения при переходе от почв верхнего высотного уровня (типы 2, 3) к почвам среднего (типы 4, 5) и нижнего (типы 6, 7) высотного уровня и локальный максимум частоты встречаемости черноземно-луговых намывных почв.

Выше мы рассмотрели относительную частоту встречаемости различных типов почв в зависимости от параметров геоморфологического каркаса территории. Однако такой анализ не дает полного представления о структуре почвенного покрова в связи с тем, что в этом анализе отсутствуют данные о площади, занимаемой различными типами почв, в зависимости от высотных характеристик рельефа. Этот пробел восполняет график, изображенный на рисунке 5, где представлены соотношения площадей различных типов почв для различных интервалов значений средней приподнятости территории.

Как видно из рисунка 5, в условиях средней приподнятости рельефа более 200 метров 79,5 % площади занимают почвы верхнего высотного уровня (типы 1, 2, 3), причем, около 65 % площади приходится на серые лесные почвы (тип 2), которые являются доминирующими на этом высотном уровне. Относительная площадь под почвами среднего высотного уровня (типы 4, 5) составляет около 8,5 %, а под почвами нижнего высотного уровня

(типы 6, 7) - всего 2,6 %. Оставшиеся типы почв, не связанные непосредственно с высотной дифференциацией, занимают чуть более 10 % площади территории со средней приподнятостью более 200 м.

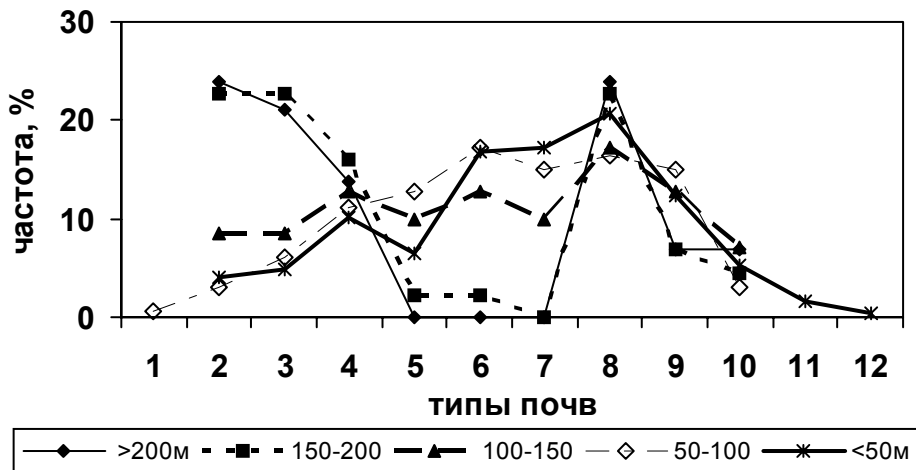


Рис. 3. Относительные частоты (%) распределения типов почв для различных интервалов значений минимальной абсолютной высоты (K_2) почвенных микрорайонов (условные обозначения см. на рис.2).

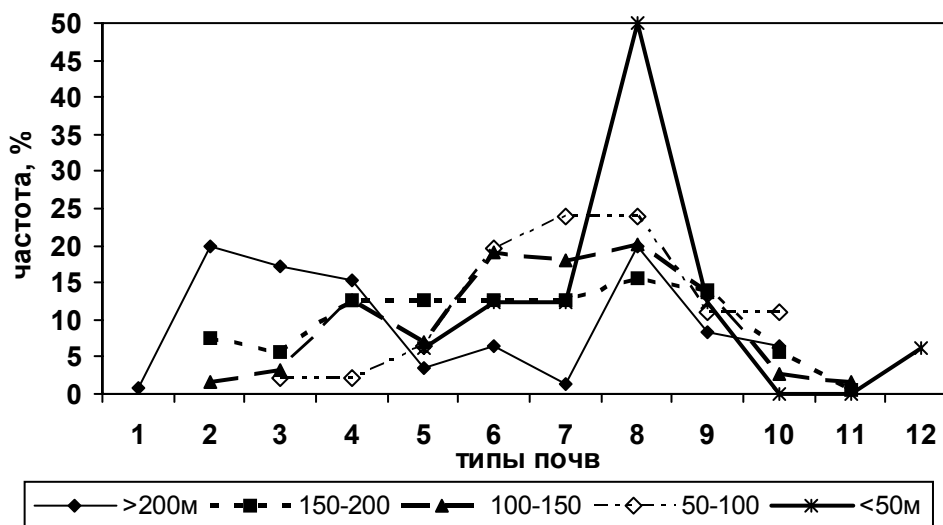


Рис 4. Относительные частоты (%) распределения типов почв для различных интервалов средней приподнятости территории (K_3) почвенных микрорайонов (условные обозначения см. на рис.2)

Для территорий со средней приподнятостью 150 – 200 м характер соотношения площадей занятых разными типами почв существенно меняется. Напомним, что выше этот уровень средней приподнятости территории по характеру распределения относительных частот мы назвали переходным. Основные особенности в характере распределения остаются и для случая соотношения площадей, занятых различными типами почв. Действительно, здесь относительная площадь почв верхнего высотного уровня уменьшается до 20 %, доля почв

среднего уровня увеличивается примерно до 40%, при одновременном увеличении доли почв нижнего уровня до 22 %. На оставшиеся типы почв приходится 18 % площади, среди которых наибольший вклад (13,9 %) вносят черноземно-луговые намытые почвы.

При понижении средней приподнятости территории до 150 – 100 м начинают доминировать почвы нижнего высотного уровня (типы 6, 7), относительная площадь которых составляет 50,2 %. При этом доля почв среднего высотного уровня (типы: 4, 5) уменьшается до 15 %, а доля почв верхнего высотного уровня (типы: 2, 3) составляет менее 1 %. Среди оставшихся типов почв наибольшую площадь занимают черноземно-луговые намытые почвы (более 17 %).

При дальнейшем понижении средней приподнятости рельефа до 100 – 50 м, доминирование почв нижнего высотного уровня продолжает нарастать, относительная площадь, занимаемая обыкновенным и карбонатным черноземом, увеличивается почти до 80 %, а доля почв среднего и верхнего высотных уровней снижается до 0,6 %.

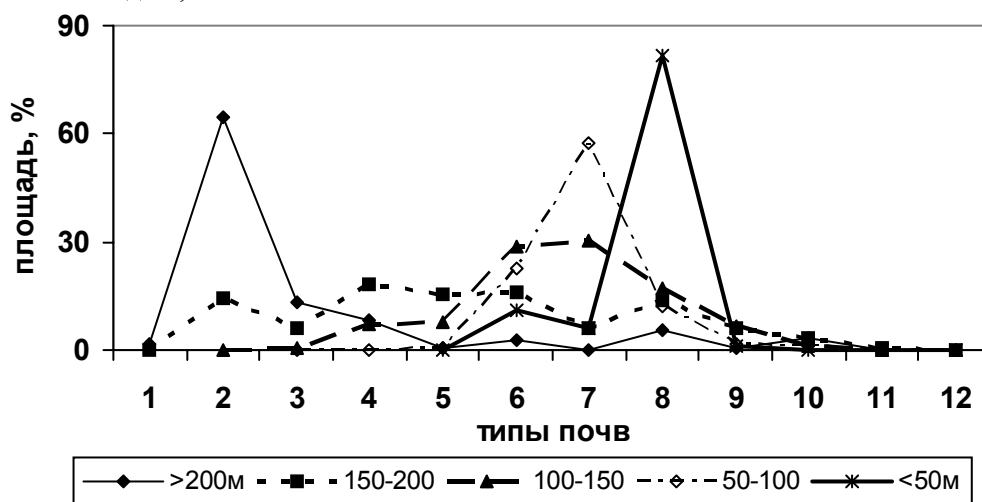


Рис. 5. Среднее соотношение площадей (%), занятых различными типами и подтипами почв в зависимости от средней приподнятости территории (КЗ) (условные обозначения см. на рис.2)

Для крупных понижений рельефа со средней приподнятостью территории менее 50 м доминирующими становятся черноземно-луговые намытые почвы, доля которых составляет здесь 81,5 %. Относительная площадь сопутствующих почв нижнего высотного уровня снижается до 17 %. Оставшаяся часть территории занята черноземами слитыми и солонцеватыми.

Для оценки тесноты взаимосвязи между высотными характеристиками геоморфологического каркаса территории и величиной относительной площади ($Y5/i$), занимаемой различными типами почв, нами были рассчитаны парные коэффициенты корреляции для этих параметров. Результаты оценки для случаев, где парные коэффициенты корреляции оказались значимы относительно нуля на уровне значимости $p = 0,05$, приведены на рисунке 6 в виде графа взаимосвязи между параметрами геоморфологического каркаса и относительной площадью для различных типов почв.

Выводы

На основе анализа взаимосвязи между высотными характеристиками геоморфологического каркаса территории и узором почвенного покрова показано, что известная для рассматриваемой территории закономерность высотной дифференциации типов и подтипов почв может быть отображена и количественно описана с помощью:

- 1) распределения средних значений параметров геоморфологического каркаса для микрорайонов с ареалами распространения соответствующих типов и подтипов почв;
- 2) относительных частот распределения типов почв для различных интервалов значений параметров геоморфологического каркаса территории;
- 3) соотношения площадей различных типов почв для различных интервалов значений параметров геоморфологического каркаса территории.

По мере понижения высотных параметров рельефа характер распределения типов почв существенно изменяется. При этом, как для относительных частот, так и для соотношения площадей происходит постепенный переход доминирующего положения от почв верхнего высотного уровня к почвам нижнего высотного уровня. Максимальная абсолютная высота рельефа служит фактором, ограничивающим «снизу» распространение почв верхнего высотного уровня, в то время как минимальная абсолютная высота рельефа ограничивает «сверху» распространение почв нижнего высотного уровня.

Установлено, что в большинстве случаев между величиной относительной площади распространения определенных типов почв и значением рассматриваемых высотных характеристик рельефа корреляционная взаимосвязь относительно слабая либо вообще не проявляется на статистически значимом уровне.

Литература

1. Урсу А.Ф. Почвенно-экологическое микрорайонирование Молдавии. / Отв. ред. д-р геогр. наук, проф. И.А. Крупеников. - Кишинев. «Штиинца», 1980, 208 с.
2. Атлас почв Молдавии./ Отв.ред. И.А. Крупеников.- Кишинев. «Штиинца», 1988. 176 с.
3. Капитальчук И.П. Ландшафтная организация геопространства Молдавии как кибернетическая модель.// Математическое моделирование в образовании, науке и производстве. Тезисы V Международной конференции.- Тирасполь. Изд-во Приднестр. ун-та, 2007, с.42-43.
4. Капитальчук И.П. Кибернетический подход к изучению полиструктурности геозкосистем бассейна Днестра.//Материалы Международной конф. «Управление бассейном трансграничной реки Днестр и Водная рамочная директива Европейского Союза». Кишинев. 2-3 окт.2008г. – Кишинев, «Есо-TIRAS». 2008. с.148 – 151.
5. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988, 239 с.
6. О. Оре Графы и их применение. Пер. с англ./ Под ред. И.М. Яглома. Изд. 4-е. М.: Изд-во ЛКИ, 2008, 168 с.

УДК 551.491.4:551.496(478)

Морару К.Е., Матвеева Е.Н.

Макро- и микрокомпоненты грунтовых вод Молдовы

Резюме

Цель данной работы дать наиболее полную характеристику макро- и микрокомпонентного состава грунтовых вод Молдовы на настоящий момент. В работе дается полная геохимическая характеристика грунтовых вод в зависимости от различных природных и искусственных факторов, а также указываются методы, используемые в процессе исследований. Отдельное рассмотрение макро- и микрокомпонентного состава обусловлено различными условиями их формирования, а также методиками изучения последних.

Abstract

In the present publication detailed characteristics of major and minor inorganic chemical elements distribution in unconfined ground water is done. Major and minor elements are analyzed in part because of their different condition of accumulation and methodology of study.

Hydrogeochemical investigations were based on case – study territories located in the basins of rivers Ciugur, Ialpug, Reut, Botna, Prut and Nistru. For spatial correlation additional points were added outside of these territories.

AAS, flame photometry and photo colorimetric methods were used for chemical determination of major and minor elements. Helium was detected by the unit INGEM-1 which is based on helium diffusion via silicon membrane and registration in the magneto-resonance module. Final chemical data were assessed using updated concepts of the modern hydrogeochemistry.

The basic conclusions consist from (a) the major compounds in the unconfined horizon are controlled by terrestrial relief, (b) chemical composition of the unsaturated (aeration) zone influence hardly on the water chemical composition, (c) ascendant water penetration in the freatic horizon is also considered. Helium is an informative natural tracer for this phenomenon, (d) relationship between water quality and climatic conditions is multifactor, (e) water chemical composition is very changeable and at present is difficult to distinguish one main factor; such process is complex, (f) territorial distribution of chemical elements in water is irregular in the most cases; for instance Selenium is found everywhere, (g) existing data for minor chemical elements are not enough complete and that is way their territorial distribution is probable and (h) high minor elements concentration in the unconfined horizon is the indicator of sure pollution.

Rezumat

În prezent calitatea apei potabile, inclusiv și a celei subterane, este o problemă stringentă a secolului XXI. Studiul proceselor de formare a componenței chimice a apelor și modalitățile de păstrare a calității lor ecologice sunt foarte importante printre direcțiile internaționale de cercetare. Pentru Moldova această problemă este actuală datorită faptului, că calitatea nesatisfăcătoare a apelor subterane limitează mult utilizarea lor.

Scopul lucrării în cauză este prezentarea unei caracteristici ample a componenților majori și a microcompenenților apelor freatice din Moldova la zi.

În lucrare dată este inclusă caracteristica geochimică completă a apelor freatice, în dependență de diferiți factori naturali și artificiali, fiind indicate și metodele utilizate în procesul de studiu. Prezentarea separată a componenților majori și a macrocompenenților a fost condiționată de multitudinea factorilor de formare a lor, cât și de metodele de studiu.

Cercetarea componenților majori și a microcomponenților apelor freatice a fost efectuată pe eșantioane de probe de apă recoltate de pe sectoare reprezentative din Moldova. Important este faptul, că aceste sectoare sunt amplasate în bazinele de acumulare ale râurilor Ciugur, Ialpug, Răul, Botna, Prut și Nistru. Totodată au fost recoltate probe și din prize de apă amplasate uniform în diferite localități din țară.

Metodele de bază la determinarea elementelor chimice utilizate la studiul în cauză sunt următoarele: spectroscopia de absorbție atomică, fotometria în flacără și fotocolorimetria. Efectuarea controlului selectiv a determinărilor analitice au arătat rezultate statistice bune și care corespund standardelor internaționale. Heliul, în apele subterane, a fost determinat la aparatul INGEM-1, ce funcționează în baza principiului de difuzie a acestui gaz printr-o membrană subțire de cuarț, cu înregistrarea ulterioară în modulul de rezonanță magnetică. Rezultatele obținute au fost generalizate, utilizând metode hidrogeochimice tradiționale și cele contemporane.

În rezultatul studiului au fost evidențiate următoarele concluzii:

a) Componenții majori ai apelor freatice sunt prezenți în dependență de elementele reliefului de suprafață. Influența reliefului asupra formării chimismului apelor freatice se evidențiază prin diferențierea lui în următoarele elemente: cumpână-pantă-lunca râului. Totodată compoziția chimică a apelor se modifică de la bicarbonatice până la sulfatice și sulfato-cloratică.

b) O influență semnificativă asupra formării compoziției chimice a apelor freatice o are complexul iono-salin din rocile zonei de aerare. În zona de aerare se diferențiază trei nivele de spălare a sărurilor: cel superior (0,25 -1,0 m), mediu (0,5 -0,5 m) și inferior (0,5 – 3,0 m). Aceste nivele sunt purtătoare ale substanțelor din contul cărora se formează componenții majori ai apelor freatice de infiltrație.

c) În procesul de formare a componenței chimice a apelor freatice un rol important îl are infiltrarea ascensională din straturile acvifere inferioare sub presiune. Ca indicator al acestor procese servesc concentrațiile de heliu în apele freatice.

Sectoare cu infiltrație ascensională a apelor sub presiune în straturile acvifere freatice sunt caracteristice pentru luncile râurilor Răul, Botna, Ialpug, Prut, Nistru etc. Aici se remarcă modificări bruște a compoziției chimice și a miner alizației apelor freatice.

d) Procesele ce leagă condițiile climaterice de compoziția chimică a apelor subterane sunt dependente de mai mulți factori. Faptul stabilirii legității lor la nivelul actual de informare este dificil și neunivoc. În dependență de factorul climateric de pe teritoriul Moldovei se evidențiază trei zone geochimice: de nord, de centru și de sud.

e) Până în prezent a fost colectat un bogat material factologic referitor la hidrogeochimia apelor freatice din Moldova. Analiza lor demonstrează, că compoziția chimică a apelor freatice se deosebesc printr-un tablou pestriț, atât la nord cât și la sud. În același timp este greu de evidențiat un factor oarecare de baza ei manifestându-se într-o formă complexă.

f) Distribuția microelementelor în apele freatice nu au o legătură bine determinată. Unele din ele, ca de exemplu seleniul, formează anomalii preponderent în limitele localităților.

Procesele de migrare și de acumulare a microelementelor în apele freatice, în mare parte sunt determinate de absorbția prin schimb ionic a Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} cu formațiunile argiloase din zona de aerare și straturile acvifere. O capacitate de absorbibilitate majoră față de Cu, Pb, Zn, o au argilele din grupa montmorilonitei.

g) Evaluările existente a conținuturilor naturale de microelemente în apele freatice din Moldova sunt nedesăvârșite. Aceasta se explică prin insuficiența materialului factologic, cât și incompatibilitatea lui legată de utilizarea diferitor metode de determinare a microelementelor din sursele acvatice, avîndși o sensibilitate diferită.

h) Trebuie de menționat, că studiul microelementelor din sursele acvatice are un rol important la soluționarea problemelor de protecție contra poluării. Majorarea conținutului de microelemente în apele freatice este un prim semnal al metamorfozării antropogene.

Введение

Высокая плотность населения в республике Молдова и при этом максимальный уровень хозяйственного освоения земель, применение удобрений и пестицидов, рост урбанизации и развитие промышленности – все это привело на многих участках к непригодности грунтовых вод для питьевых целей и создало серьезную опасность загрязнения основных глубокозалегающих эксплуатируемых водоносных горизонтов. Все выше сказанное говорит о насущной необходимости углубленного изучения грунтовых вод и, в частности, их химизма и фильтрационных особенностей.

1. Методы исследований

Исследование содержания макро и микрокомпонентов грунтовых вод проводилось на образцах воды отобранных на репрезентативных участках территории Молдовы. Главным образом, такие участки были расположены в бассейнах рек Чугур, Ялпуг, Реут, Ботна, Прут и Днестр. Также были отобраны пробы из водопунктов расположенных равномерно и системно в различных местах страны.

Химические определения выполнялись в аналитической лаборатории Института химии (ранее входящая в составе Центра автоматизации и метрологии АН РМ). Методы определения – атомно-абсорбционная спектроскопия, пламенная фотометрия и фотоколориметрия. Проведенный выборочный контроль химико-аналитических определений, показал хорошие статистические результаты, которые соответствуют мировым стандартам. Пробы зоны аэрации анализировались этими же методами.

Гелий в подземных водах определялся с помощью прибора ИНГЕМ-1, работающего по принципу диффузии этого газа через тонкую кварцевую мембрану, с последующей регистрацией в магнитно-резонансном модуле.

Полученные результаты обобщались, используя методы традиционной современной гидрогеохимии.

2. Общая характеристика макрокомпонентного состава грунтовых вод

Химический состав грунтовых вод формируется под воздействием естественных и искусственных факторов. Краткое описание естественных условий формирования химического состава грунтовых вод приводится в целом ряде работ [1 – 7, 10, 13 – 18].

Общая тенденция в изменении химического состава грунтовых вод в зависимости от рельефа, состоит в следующем. К прибрежным частям водоразделов приурочены маломинерализованные воды (0,5 – 1,0 г/л), по анионному составу гидрокарбонатные или гидрокарбонатно-сульфатные. Катионный состав смешанный, но в большинстве случаев преобладают натриевые и магниевые воды (здесь и далее классификация Курлова). В поймах химический состав грунтовых вод разнообразный. По преобладающим анионам воды гидрокарбонатно-сульфатные, сульфатно-гидрокарбонатные, сульфатные, сульфатно-хлоридные и хлоридно-сульфатные. Среди катионов преобладают натрий и кальций, иногда натрий и магний или сочетания натрия, кальция, магния. Минерализация грунтовых вод составляет 1,0 -10,0 г/л, редко более 10,0 г/л.

Влияние рельефа на формирование химизма грунтовых вод проявляется также в дифференциации их по качественному составу по элементам: водораздел – склон – пойма реки. Принципиальная схема такого процесса представляет собой изменение химического состава по схеме: HCO_3^- - HCO_3^- - SO_4^{2-} - HCO_3^- - SO_4^{2-} - SO_4^{2-} - Cl^- - Cl^- - SO_4^{2-} с возрастанием минерализации от 0,5 до 10,0 – 15,0 г/л.

Для северной части Молдовы, в качестве примера, рассмотрим отрезок водораздела и долины р. Чугур. Грунтовые воды, в покровных элювиально делювиальных отложениях, на водоразделах характеризуется минерализацией 0,3 - 0,7 г/л, гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные смешанного катионного состава. Воды пойменного аллювия преимущественно гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниевого (иногда натриевого). Минерализация их составляет 0,8 – 1,3 г/л. В отдельных населенных пунктах (с.с. Друца, Варатик) минерализация варьирует в пределах 2,0 – 3,2 г/л, при гидрокарбонатно-сульфатном и сульфатно-гидрокарбонатном составе.

Для южной части Молдовы наиболее четко гидрогеохимические закономерности по элементам водораздел – склон – долина реки проявляются в бассейне р. Ялпуг. На водоразделах, грунтовые воды, приуроченные к плиоцен-четвертичным отложениям, характеризуются преимущественно гидрокарбонатным составом и минерализацией до 1 г/л. Плейстоценовые аллювиальные отложения надпойменных террас содержат гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатно-гидрокарбонатные, реже сульфатно-хлоридные, хлоридно-сульфатные воды со смешанным катионным составом. Величина минерализации колеблется от 1,0 до 5,0 – 15,0 г/л.

Отмечается тенденция к закономерному изменению химического состава пойменных грунтовых вод от верховьев к устьям рек. В верховьях грунтовые воды слабо минерализованы (0,5 – 1,0 г/л - север, 1,0 – 2,0 г/л - юг) и по химическому составу гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные смешанного катионного состава. Далее к устьевым частям рек увеличивается минерализация грунтовых вод (1,0 – 4,0 г/л - север, 4,0 – 10,0 г/л - юг) и происходит смена химических типов вод, от гидрокарбонатных до сульфатно-хлоридных с разнообразным катионным составом.

Существенное влияние на формирование химического состава грунтовых вод оказывает ионо-солевой комплекс пород зоны аэрации. В зоне аэрации различают 3 горизонта вымывания солей: верхний (0,25 – 1,0 м), средний (0,5 – 1,5 м) и нижний (0,5 – 3,0 м) [15]. Эти горизонты являются носителями вещества за счет которого, образуется макрокомпонентный состав грунтовых вод инфильтрационного генезиса. Принципиальная схема засоления пород зоны аэрации Молдовы представлена на рис. 1.

Для пригребневых частей водоразделов характерны все три горизонта засоления пород зоны аэрации. В связи с этим, грунтовые воды мало минерализованы (до 1 г/л) и в их составе преобладают гидрокарбонаты. В долинах рек и днищах балок третий, часто и второй отсутствуют. Это приводит к интенсивному вымыванию солей из первого горизонта непосредственно в грунтовые воды. Подтверждением данного факта является высокая минерализация (1,0 – 10,0 г/л) и специфические сульфатный, сульфатно-хлоридный типы грунтовых вод.

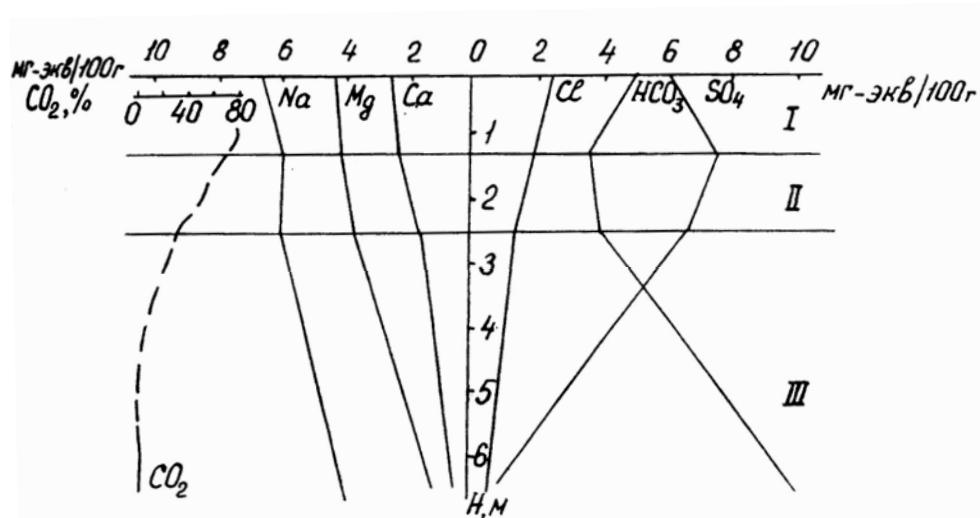


Рис. 1. Схема засоления зоны аэрации.

Горизонты вымывания солей: I – верхний; II – средний; III – нижний.

В процессе формирования химизма грунтовых вод немаловажную роль имеет восходящая фильтрация из нижележащих напорных водоносных горизонтов. Индикатором этого процесса служит содержание гелия в грунтовых водах. Выявлено, что аномально высокие содержания гелия являются показателями местонахождения зон тектонических разломов, к которым приурочены очаги разгрузки глубоких подземных вод [9].

Участки восходящей фильтрации напорных вод в грунтовые водоносные горизонты характерны для долин рек Реута, Ботны, Ялпуга, Прута, Днестра и др. Здесь отмечаются резкие изменения химического состава и минерализации грунтовых вод. Например, в северной части Молдовы отчетливо выделяются воды Реутско-Чулукского участка, где они сульфатно-натриевые, сульфатно-хлоридные, натриево-магниевые с минерализацией 4,4 - 6,5 г/л (с.с. Кирилень, Бравичень). Воды всего этого участка отличаются повышенной гелиеиностью (до $20 \cdot 10^{-5}$ мл/л).

Механизм влияния восходящей фильтрации напорных вод на примере долины р. Реут (отрезок между селами Ордашей - Брынзены) показан на рис. 2. Воды в известняках нижнего сармата по химическому составу сульфатно-гидрокарбонатные, натриево-магниевые или магниевые-калиево-натриевые с минерализацией около 2 г/л. Грунтовые воды в аллювиальных отложениях этого участка – сульфатно-гидрокарбонатные, магниевые-натриевые или смешанного катионного состава с минерализацией 2,0 – 7,0 г/л. Содержание гелия в нижнесарматских водах более $1000 \cdot 10^{-5}$ мл/л, в грунтовых – $17 \cdot 10^{-5}$ - $38 \cdot 10^{-5}$ мл/л (фоновое содержание гелия в грунтовых водах равно нулю). Уровень нижнесарматских вод на этом участке находится на несколько метров выше уреза реки, уровень воды верхнемелового горизонта на 15 м выше нижнесарматского, а воды силурийского горизонта самоизливаются. Совокупность данных гидрогеологических показателей однозначно подтверждает наличие восходящей фильтрации напорных вод по тектоническому разлому в грунтовый водоносный горизонт.

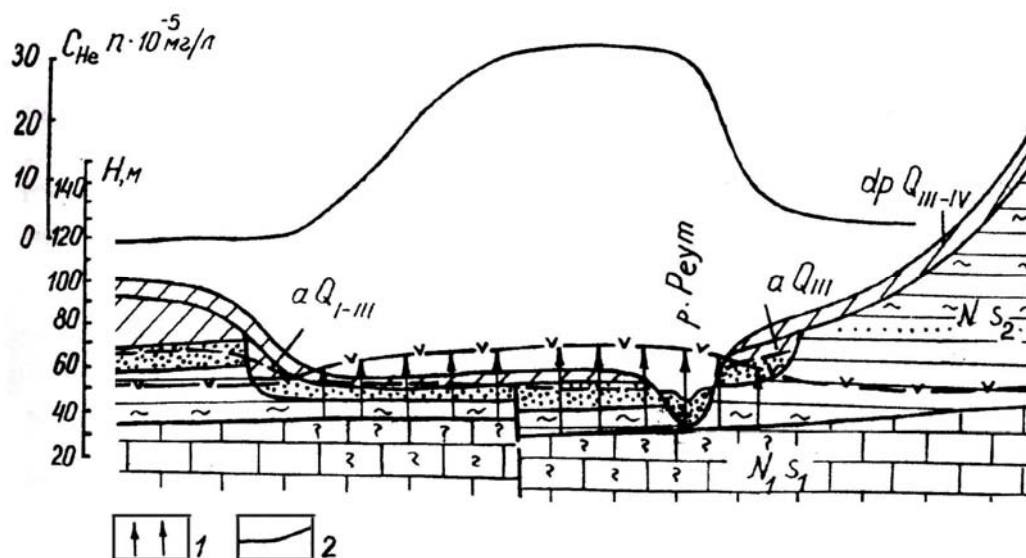


Рис. 2. Схема восходящей фильтрации

1 – направление вертикальной фильтрации; 2 – содержание гелия в грунтовых водах.

Процессы, связывающие климатические условия с химическим составом грунтовых вод являются многофакторными. Диагностика соответствующих им закономерностей при современном уровне информации весьма сложна и неоднозначна. Авторы [14] в зависимости от климатического фактора выделяют три геохимические зоны на территории Молдовы:

1. Северная зона обильного увлажнения с гидрокарбонатными мало минерализованными грунтовыми водами;
2. Центральная зона умеренного увлажнения с сульфатными водами, минерализация которых не превышает 2,6 г/л;
3. Южная семиаридная зона с высоко минерализованными хлоридными и хлоридно-сульфатными водами.

К настоящему времени собран значительный фактический материал по гидрогеохимии грунтовых вод Молдовы. Анализ его показывает, что химический состав грунтовых вод отличается пестротой, как в северной, так и в южной частях республики. При этом трудно выделить какой-либо ведущий фактор – их проявление комплексное.

3. Фоновая характеристика содержания микрокомпонентов в грунтовых водах

Микрокомпонентный состав грунтовых вод Молдовы до настоящего времени, наиболее полно исследован Э.В. Козловой, В.С. Самариной, К.Е. Морару и др. [10, 14, 18]. Ими проведено региональное районирование качества грунтовых вод для хозяйственно-питьевых целей, включая микро- и некоторые мезокомпоненты (фтор, стронций, бор, фосфор) и дана характеристика регионального распространения микроэлементов в грунтовых водах.

Известно, что одной из важных причин увеличения концентраций нормируемых химических компонентов в грунтовых водах Молдовы является сельскохозяйственная деятельность. Как следствие этого, увеличивается концентрация ионов фосфорной кислоты, бора, нитратов. Возможно увеличение концентраций и некоторых микрокомпонентов, таких как, свинец, медь, цинк, особенно на участках, где грунтовые воды получают питание и от возвратного стока с орошаемых массивов, фильтрации с отстойников крупных животноводческих комплексов и др.

Сведений об аномальных концентрациях микроэлементов в водах мало. Авторами [14] приводятся только единичные случаи высоких содержаний микроэлементов в водах колодцев: свинца – 125 и 964 мкг/л, меди – до 257 мкг/л, цинка – от 800 до 1700 мкг/л при ПДК, соответственно для Pb (30 мкг/л), Cu (1000 мкг/л) и Zn (5000 мкг/л).

Такие высокие концентрации свинца, меди, цинка, вероятнее всего, имеют локальный, очаговый характер. Кроме того, наиболее часто встречаемые содержания свинца (до 10 мкг/л) и меди (до 20 мкг/л), завышены по сравнению с данными, полученными нами при опробовании грунтовых вод по колодцам и родникам. Это различие, возможно, связано с разной чувствительностью спектрального эмиссионного анализа с концентрированием (до 0,1 мкг/л), применяемым нами и спектральным анализом сухих остатков (до 10 мкг/л).

Поэтому характеристика содержания микрокомпонентов приводится по данным, полученным нами, кроме бора, фосфора, которые не определялись, и приводятся по данным [14]. Среди потенциальных загрязнителей грунтовых вод (Pb, Cu, Zn) следует выделить, и высокие концентрации селена (до 100 мкг/л), при ПДК – 10 мкг/л.

Бор в грунтовых водах Молдовы обычно содержится в п мг/л. Повышенные значения до 20 мг/л приурочены к водам с высокой минерализацией.

Присутствие ионов кальция и магния ограничивает миграционную способность бора, переводя его в труднорастворимые соединения.

Соединения бора с натрием и калием обладают хорошей растворимостью. Главным источником бора в водах являются его минералы в водовмещающих породах и рассеянное содержание в осадочных комплексах.

Основными формами миграции бора являются ортоборная, тетраборная, метаборная кислоты и их анионы. При низких концентрациях бора в воде и при pH до 7, он мигрирует, обычно, в виде молекул ортоборной кислоты и ее анионов, а при более высоких концентрациях ортоборная кислота полимеризуется с образованием – $H_2B_4O_7$.

Фосфор присутствует в грунтовых водах в виде ионов – HPO_4^{2-} , в меньшей степени в виде $H_2PO_4^-$ и PO_4^{3-} . Незначительная часть фосфора входит в состав органического вещества вод. Содержание фосфора в грунтовых водах Молдовы колеблется в широких пределах: от 0,06 мг/л до 0,2 мг/л, максимальные значения до – 1,0 мг/л.

Селен в грунтовых водах обычно содержится до единиц и реже до первых десятков мкг/л. Повышенные содержания селена (до 100 мкг/л) приурочены к водам с высоким содержанием сульфатов, с минерализацией до 4 г/л.

В нейтральных и щелочных условиях, при высоких (>200 мВ) значениях окислительно-восстановительного потенциала, селен мигрирует в ионной форме (SeO_3^{2-} и SeO_4^{2-}) и в виде солеобразных соединений со щелочами [17].

Содержание свинца в грунтовых водах обычно составляет от сотых долей до единиц мкг/л, редко увеличиваясь до 10 мкг/л, медь – обычно до 6 мкг/л, редко до 20 мкг/л. Содержание цинка варьирует от единиц до первых сотен мкг/л.

В грунтовых водах орошаемых участков содержание Pb, Cu, Zn находится в пределах выявленных для неорошаемых территорий.

На миграцию свинца, меди, цинка существенное влияние оказывает химический состав вод, т.к. образуемые ими соединения с анионами (OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^-) обладают разной растворимостью. Соединения Cu и Zn с карбонат-ионом обладают наименьшей растворимостью, наибольшей – с хлор-ионом, промежуточное положение по растворимости занимают соединения с сульфат-ионом.

Чаще всего медь содержится в следующих комплексах: CuOH^+ , $\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}$, CuSO_4^0 , CuCl^+ , CuCl^0 , CuCO_3^0 , $\text{Cu}(\text{CO}_3)^{2-}$, $\text{Cu}(\text{OH})_2^0$. В гидрокарбонатных водах с pH до 7, медь мигрирует преимущественно в форме катиона – Cu^{2+} и в незначительном количестве в составе комплексов CuOH^+ и CuSO_4^0 . В более щелочных (pH >7,5) гидрокарбонатных водах преобладают комплексы – CuCO_3^0 и $\text{Cu}(\text{CO}_3)^{2-}$, а также гидрокомплексы.

В водах сульфатного и хлоридного типа с pH до 7, медь находится, в основном, в виде простых катионов и сульфатных комплексов [4].

Свинец может мигрировать в водах, как в форме двухвалентного катиона, так и в форме разнообразных комплексов: PbOH^+ , $\text{Pb}(\text{OH})_2^0$, PbNO_3^+ , PbCl^+ , PbCl_2 , PbCl_3^- , PbCl_4^{2-} , PbCO_3^0 , PbSO_4^0 и др. В кислой и нейтральной среде преобладают простые катионы свинца, при pH > 8,5 преобладающая часть свинца содержится в форме гидроксо- и карбонатных комплексах. В водах сульфатного и хлоридного типов при pH ~ 7,0 свинец мигрирует в сульфатных соединениях [13].

Процессы миграции и накопления микроэлементов в грунтовых водах большей мере определяются ионно-обменной сорбцией Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} глинистыми образованиями зоны аэрации и водоносных горизонтов. Наибольшей поглощающей способностью по отношению к Cu, Pb, Zn, обладают глины монтмориллонитовой группы.

По степени сорбции на глинах эти элементы располагаются в ряд $\text{Pb} > \text{Cu} > \text{Zn}$ [8]. В результате ионно-обменных реакций поглощенные катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ обмениваются на ионы тяжелых металлов и их катиогенные органические соединения, при этом жесткость инфильтрующихся вод увеличивается.

Сорбция ионов тяжелых металлов глинами в определенной мере уменьшается в результате комплексообразования этих элементов и образованием анионных форм типа HMeO_2^- [8].

В заключение следует отметить, что исследование микрокомпонентного состава вод имеет большое значение для решения вопросов охраны их от загрязнения. Согласно [16] появление (возрастание) микроэлементов является первым сигналом техногенной метаморфизации подземных вод.

Выводы

а) Макрокомпонентный состав грунтовых вод контролируется элементами рельефа дневной поверхности. Влияние рельефа на формирование химизма грунтовых вод проявляется в дифференциации их по качественному составу по элементам: водораздел – склон – пойма реки. При этом состав воды изменяется от гидрокарбонатного до сульфатного, сульфатно-хлоридного.

б) Распределение микроэлементов в грунтовых водах не имеет четкой закономерности. Некоторые из них, как например, селен, формируют аномалии преимущественно в пределах населенных пунктов.

Процессы миграции и накопления микроэлементов в грунтовых водах в большей мере определяются ионно-обменной сорбцией Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} с глинистыми образованиями зоны аэрации и водоносных горизонтов. Наибольшей поглощающей способностью по отношению к Cu , Pb , Zn , обладают глины монтмориллонитовой группы.

в) Существующие оценки естественных содержаний микроэлементов в грунтовых водах Молдовы несовершенны. Это объясняется недостатком фактических данных, а также их несопоставимостью, связанной с применением различных методов определения макрокомпонентного состава вод, обладающих к тому же разной чувствительностью.

Литература

1. Антощенко И.О. и др. Изучение условий загрязнения подземных вод в Слободзейском и Григориопольском районах МССР: Отчет / ПО «Молдавгеология», Кишинев, 1985.
2. Бобринский В.М. Геохимическая характеристика грунтовых вод и зоны аэрации южной части Приднестровской террасовой степной равнины: Отчет о НИР (промежуточный) / И-т геофизики и геологии АН МССР, Кишинев, 1987, 140 с.
3. Бобринский В.М., Морару К.Е., Негруца П.Н. О распространении нитратов в подземных водах продуктивных водоносных горизонтов Молдавии // Тез. докл. I Всес. съезда инж.-геологов, гидрогеологов и геокриологов. Киев, 1989, ч. 3, с. 31 – 32.
4. Бондарук Н.Т. Нитраты в природных водах и породах Молдавии: Дис. канд. геол.-мин. наук. Л., 1981.
5. Евдокимов Ю.А. и др. Стационарное изучение условий загрязнения подземных вод в Вулканештском р-не МССР: Отчет / ПО «Молдавгеология», Комрат, 1986.
6. Козлова Э.В., Бондарук Н.Т. О распределении нитратов в породах зоны аэрации Молдавского артезианского бассейна // Вестник Ленинградский гос. у-т; 1979. Серия геол. и географ. Вып. 3, с. 31 – 38.
7. Козлова Э.В., Саргсянц Н.А., Самарина В.С. О естественном и антропогенном загрязнении подземных вод (на примере Молдавского артезианского бассейна) // Вестник Ленинградского гос. у-т; 1979. Серия геол. и географ. Вып. 18, с. 39 - 47.
8. Крайнов С.Р., Швец В.М. Основы геохимии подземных вод. М.: «Недра», 1980, 285 с.

9. Морару К.Е. Гидрогеохимия гелия и его роль как индикатора взаимосвязи водоносных горизонтов (на примере Молдавского артезианского бассейна): Дис. канд. геол.-мин. наук. М., 1987.
10. Морару К.Е. Условия формирования химического состава подземных вод Молдовы. - Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AS a Moldovei, 2008, № 1.
11. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М.: «Недра», 1972, 288 с.
12. Питьева К.Е. Гидрогеохимические аспекты охраны геологической среды. М.: «Наука», 1974, 220 с.
13. Самарина В.С., Козлова Э.В., Саргсянц Н.А. Нитратное загрязнение верхнего водоносного горизонта северной Молдавии. // Гидрогеология и гидрогеохимия. Ленинградский гос. у-т; 1976, с. 30 - 36.
14. Самарина В.С. и др. Гидрохимическая характеристика верхнего водоносного горизонта Молдавского артезианского бассейна: Отчет / ПО «Молдавгеология», Ленинградский гос. у-т; Л., 1977; 302 с.
15. Самарина В.С. и др. Распространение нитратов в породах зоны аэрации с целью выявления основных источников и путей проникновения нитратных загрязнителей: Отчет о НИР / ПО «Молдавгеология», Ленинградский гос. у-т; Л., 1978; 221 с.
16. Тукало А.М. Об антропогенной метаморфизации химического состава грунтовых вод Молдавии // Гидрогеология и гидрогеохимия / Ленинградский гос. у-т; 1983, вып. 2, с. 132 - 141.
17. Черняев А.М., Черняева Л.Е., Бобченко В.Н. Гидрохимия малых, редких и рассеянных элементов. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1970, 162 с.
18. Moraru C., Budesteanu S., Jousma G. Typical shallow ground water geochemistry in the Republic of Moldova. - Buletinul Institutului de Geofizica și Geologie al AS a Moldovei, 2005, № 1, p. 59 – 74.

УДК 550.343

Буртиев Р.З.

Применение линейной регрессии для преобразования разных магнитуд в шкалу магнитуды m_b

Резюме

Для оценки сейсмической опасности достаточно предсказать место возникновения и магнитуду будущих землетрясений. При решении этой задачи используются каталоги землетрясений ISC, PDE, NEIC, USGS, которые содержат значения m_b , M_W , M_S , M_L , M_D , M_{LH} магнитуд. Закон затухания интенсивности связывает с каждым землетрясением интенсивность сейсмических сотрясений в точках земной поверхности. Для применения закона затухания нужно привести значения магнитуд к единой оценке. В данной работе сделана попытка преобразования значений магнитуд M_W , M_S , M_L , M_D , M_{LH} в магнитуду m_b . Была составлена выборка землетрясений по каталогам Международного сейсмологического Центра (ISC). При составлении статистической выборки предпочтение отдавалось значениям магнитуд ISC. Разница в оценке магнитуды одного и того же землетрясения на разных станциях доходила до одной единицы. Для улучшения регрессионной связи составлялись подвыборки для разных интервалов магнитуд.

Abstract

For estimation of seismic hazard is enough to predict a place of occurrence and magnitude of the future earthquakes. For solution this problem catalogues of earthquakes ISC, PDE, NEIC, USGS, which contain the values of m_b , M_W , M_S , M_L , M_D , M_{LH} magnitudes are used. The equation of macroseismic field connects with each earthquake intensity of seismic shakes in points of the terrestrial surface. For application of the intensity attenuation formula it is necessary to convert values of magnitude in the uniform estimation. In the given work the attempt of transformation values of M_W , M_S , M_L , M_D , M_{LH} magnitudes in m_b magnitude is done. The sample from catalogue of earthquakes of the International seismological Center (ISC) has been made. By compiling of statistical sample the values of magnitudes of ISC where preferred. The difference in estimation of magnitude, for the same earthquake at different stations reached one unit. For improvement of regression relationship the undersamples for different intervals of magnitude where made.

Rezumat

Pentru a evalua riscul seismic este suficient prognosticul locului și magnitudinii cutremurilor viitoare. Pentru rezolvarea acestei probleme, sunt folosite cataloagele de cutremure ISC, PDE, NEIC, USGS, care conțin valorile magnitudinelor m_b , M_W , M_S , M_L , M_D , M_{LH} . Legea de atenuare a intensității conectează pentru fiecare cutremur intensitatea zguduirilor seismice a punctelor pe suprafața pământului. Pentru a aplica legea de atenuare este necesar de a aduce valorile magnitudinelor la un numitor comun. În lucrare se încearcă o transformare a valorilor M_W , M_S , M_L , M_D , M_{LH} în valoarea magnitudinii m_b . A fost întocmită o selecție a cutremurilor din cataloagele Centrului Internațional de Seismologie (ISC). La elaborarea selecției statistice magnitudinea preferată a fost ISC. Diferența în evaluarea magnitudinii unui și aceluiași cutremur la diferite stații atinge o unitate. Pentru a ameliora relația de regresie au fost întocmite selecții pentru diferite intervale de magnitudine.

Введение

Одной из основных задач математической статистики является оценивание тесноты линейной связи между двумя случайными величинами. Регрессионный анализ применяется тогда, когда все факторы являются количественными. Если факторы являются качественными, то применяется дисперсионный анализ. При смешанной модели, когда одни факторы являются количественными, а другие качественными применяется ковариационный анализ. В сейсмологии находят применение все три метода анализа статистической связи. Для выявления статистической связи между разными шкалами магнитуд использовались регрессионные методы [1,2]. Необходимость данной работы вызвано желанием использовать каталоги землетрясений для вычисления и картирования долговременной сейсмической опасности.

1. Оценка параметров линейной одномерной регрессии

Простейшей моделью регрессии является одномерная линейная модель:

$$y = \alpha + \beta x + \varepsilon_i, \quad (1)$$

где: x – регрессор, y – отклик.

В данном случае переменная x также является случайной величиной. В этом уравнении параметр α – свободный член; он представляет отрезок ординаты в системе прямоугольных координат. С точки зрения аналитической геометрии параметр β – коэффициент регрессии, определяет наклон линии регрессии по отношению к осям координат. В области регрессионного анализа этот параметр показывает, насколько, в среднем, величина зависимой переменной изменяется при изменении на единицу меры корреляционно связанной с Y независимой переменной X . Нанося наблюдаемые значения (x_i, y_i) , $i=1, \dots, n$, двумерной дискретной случайной величины (X, Y) на координатную плоскость, можно предварительно определить форму связи. Впредь, y обозначает магнитуду m_b , а x – одну из оценок M_w , M_s , M_L , M_D , M_{LH} магнитуд. В основе сейсмологии заложены сейсмические измерения, которые подвержены систематическим и случайным погрешностям. Статистическими методами удастся уменьшить вклад случайных погрешностей в эксперимент. Типичные источники случайных погрешностей в сейсмологии – это небольшие ошибки регистрации, помехи и неточности самой сейсмической аппаратуры. Наблюдаемые значения магнитуды землетрясений определяются с некоторой погрешностью $m = M + \varepsilon$, где M – истинное значение магнитуды, ε – погрешность. На значение погрешности влияют многие независимые факторы, и можно применить центральную предельную теорему. Предполагается, что ошибки являются случайными с математическими ожиданиями равными нулю, и не зависят от самих переменных, и их распределений. Для анализа моделей, где случайны и отклик и регрессоры, применяется метод условной регрессии зависимой переменной. Можно использовать обычные оценки наименьших квадратов, работая в терминах математических ожиданий [3-6]. Среди совокупности наблюдений случайной величины (X, Y) есть повторяющиеся точки, что соответствует эксперименту с повторными наблюдениями.

1.1. Регрессия магнитуды m_b на M_S

При составлении выборки из 1015 значений m_b и M_S магнитуд использовались данные центра ISC. Коэффициенты регрессии оценивались по формулам [3-7]:

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}, \quad \alpha = \bar{Y} - \beta \bar{X} \quad (2),$$

где \bar{X} и \bar{Y} - среднеарифметические значения регрессора и отклика соответственно.

Простой мерой соответствия модели линейной регрессии выборочным данным является коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})(X_i - \bar{X})}{n \sigma_x \sigma_y}, \quad (3),$$

где σ_x , σ_y - среднеквадратические отклонения отклика и регрессора.

Для проверки гипотезы о равенстве нулю коэффициента корреляции:

$$H_0: r=0$$

$$H_1: r \neq 0$$

использовалось t -распределение с $n-2$ степенями свободы [4]. Для проверки гипотезы о значимости регрессии $H: \beta=0$ использовалось также t -распределение Стьюдента [2-4]:

$$T = \frac{r}{\sqrt{\frac{(1-r^2)}{n-2}}} \quad (4)$$

Для проверки гипотез относительно параметров и значимости регрессии вычисляется остаточная сумма квадратов. Например, гипотеза H_0 может заключаться в том, что регрессия незначима. В случае линейной регрессии $y=\alpha+\beta x$, это означает, что параметр $\beta=0$.

Выборочные коэффициенты регрессии и корреляции составляют: $\alpha=2,266$, $\beta=0,5508$, $r=0,8825$ соответственно. Гипотеза о значимости регрессии и корреляции оказалась правдоподобной. Выборочные значения t -распределений превосходят пороговое значение $t_q=1,96$, соответствующие 5%-ному уровню значимости с числом степеней свободы более 120.

Выборочные оценки статистических параметров являются случайными величинами с некоторым априорным распределением вероятностей. В практических приложениях для значений параметров нужно привести вероятностные оценки. В общем случае очень сложно определить точное распределение выборочных характеристик. Часто, как и в данном случае, определению подлежит просто неизвестная постоянная. Для практических приложений достаточно указать доверительный интервал, который с некоторой

доверительной вероятностью накрыл бы неизвестные значения параметров. В одномерном случае, доверительные интервалы для параметров регрессии α , β выражаются формулами:

$$\hat{\alpha} \pm u_{2,n-2,\rho}^{\alpha} S \left\{ \frac{\sum x_i^2}{n \sum (x_i - \bar{x})^2} \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad \hat{\beta} \pm u_{2,n-2,\rho}^{\alpha} S \left\{ \frac{1}{n \sum (x_i - \bar{x})^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (5),$$

$$\rho = \frac{-n\bar{x}}{(n \sum x_i^2)^{1/2}}, \quad S^2 = \frac{1}{n-2} \left\{ \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 - \beta^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right\},$$

где $u_{2,n-2,\rho}^{\alpha}$ определяется из соотношения:

$$P\{U \geq u_{2,n-2,\rho}^{\alpha}\} = \alpha$$

U -максимум абсолютных величин k случайных переменных имеющих t -распределение Стьюдента с $n-2$ -степенями свободы и корреляция, между которыми равна ρ [3]. Вычисленные 95%-ные доверительные интервалы для коэффициентов регрессии α , β получились равными: [2,179; 2,358] и [0,530; 0,5718] соответственно. Величина r^2 – коэффициент детерминации – характеризует степень соответствия аппроксимирующей линии выборочным данным. Следовательно, предсказанные значения магнитуды m_b объясняет 77,89% колебаний оценок магнитуды M_S .

Средняя ошибка оценки коэффициента корреляции равная $E(R)=0,0070$, вычисляется по формуле [8]:

$$E(r) = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-p-1}},$$

где:

n – объем выборки,

p – число параметров регрессии.

Качество регрессии можно оценить по остаточному среднеквадратическому отклонению, вычисленному по формуле:

$$\sigma_{y/x} = \sigma_y \sqrt{(1-r^2)} \quad (6),$$

где:

σ_y - остаточное среднеквадратическое отклонение зависимой переменной,

r - коэффициент корреляции.

Оценка (6) абсолютна, следовательно, невозможно сравнить линии регрессии соответствующие разным выборкам. Поэтому оценивается относительная погрешность уравнений, которая выражается в процентах и служит для точности предсказания результатов одного показателя по заранее известным значениям другого. Относительная погрешность линейной регрессии, равная $\delta=10,21\%$, определялась по формуле:

$$\delta_{y/x} = \frac{\sigma_y \sqrt{(1-r^2)}}{\bar{y}} 100\%$$

Остаточное среднеквадратическое отклонение характеризует колебания Y относительно линии регрессии по X , следовательно, чем меньше относительная погрешность уравнения регрессии, тем точнее прогноз значений зависимой переменной по известным значениям независимой переменной. Относительная погрешность $\delta=10,21\%$ является незначимой. Следовательно, регрессия значений магнитуд m_b на M_S имеет вид:

$$m_b = 2,266 + 0,5508M_S$$

1.2. Регрессия магнитуды m_b на M_W

Коэффициенты: регрессии $\alpha=0,660$, $\beta=0,8339$, корреляции $r=0,9006$. Относительная погрешность оказалась незначительной $\delta=6,98\%$. Предсказанные значения магнитуды m_b объясняет 77,89 % колебаний оценок магнитуды M_W . 95%-ные доверительные интервалы для коэффициентов регрессии α , β равны: [0,287; 1,0326] и [0,760; 0,9075] соответственно. По критерию Стьюдента выявлена значимость регрессии и корреляции между магнитудами m_b и M_W . Регрессия значений магнитуд m_b на M_W имеет вид:

$$m_b = 0,660 + 0,8339M_W$$

1.3. Регрессия магнитуды m_b на M_D

Коэффициенты: регрессии $\alpha=0,599$, $\beta=0,8585$, корреляции $r=0,7640$. Относительная погрешность оказалась незначительной $\delta=8,21\%$. Предсказанные значения магнитуды m_b объясняет 58,37% колебаний оценок магнитуды M_D . 95%-ные доверительные интервалы для коэффициентов регрессии α , β равны: [0,017; 1,1814] и [0,711; 1,0063] соответственно. По критерию Стьюдента выявлена значимость регрессии и корреляции между магнитудами m_b и M_D . Регрессия:

$$m_b = 0,599 + 0,8585M_D$$

1.4. Регрессия магнитуды m_b на M_L

Коэффициенты: регрессии $\alpha=0,665$, $\beta=0,8788$, корреляции $r=0,8767$. Относительная погрешность оказалась незначительной $\delta=7,53\%$. Предсказанные значения магнитуды m_b объясняет 76,87% колебаний оценок магнитуды M_D . 95%-ные доверительные интервалы для коэффициентов регрессии α , β равны: [0,354; 0,9759] и [0,808; 0,9496] соответственно. По критерию Стьюдента выявлена значимость регрессии и корреляции между магнитудами m_b и M_L . Выборочное значение t -статистики равно $T=28,1796$. Регрессия:

$$m_b = 0,665 + 0,8788M_L$$

Доверительной полосой Уоркинга-Хотеллинга для предсказанных значений является [3]:

$$\bar{\beta} = (X'X)^{-1} X'Y. \quad (6)$$

Остаточная сумма квадратов вычисляется из выражения:

$$\varepsilon' \varepsilon = Y'Y - \beta' X' X \bar{\beta} \quad (7)$$

Для проверки гипотез относительно параметров и значимости регрессии вычисляется остаточная сумма квадратов. Например, гипотеза H_0 может заключаться в том, что регрессия незначима. В случае линейной регрессии $y = \alpha + \beta x$, это означает, что параметр $\beta = 0$. Общая задача проверки гипотез приводится к системе уравнений:

$$\alpha' \beta = c,$$

где $\alpha' \beta$ - некоторая линейная комбинация параметров β .

Если рассматривается линейная модель $y = X\beta + \varepsilon$, где X - (n, p) матрица ранга p , $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I)$. Если нужно проверить гипотезу $H: A\beta = c$, где A - (q, p) матрица ранга q , а c - заданный вектор размера q . В общем случае для проверки гипотезы H используется F - статистика:

$$F = \frac{\frac{RSS_H - RSS}{q}}{\frac{RSS}{n-p}},$$

где $RSS_H = (Y - X \hat{\beta}_H)' (Y - X \hat{\beta}_H)$, $RSS = (Y - X \hat{\beta})' (Y - X \hat{\beta}) = (n-p)s^2$.

Если гипотеза H верна, то F - статистика имеет распределение $F_{q, n-p}$.

Когда ошибки ε_i независимы, и имеют одинаковое распределение $N(0, \sigma^2)$, то оценка (6) совпадает с оценкой максимального правдоподобия. Плотность вероятности вектора (7) выражается формулой:

$$L(\beta, \sigma^2) = (2\pi\sigma^2)^{-\frac{n}{2}} e^{-\frac{(y-x\beta)'(Y-X\beta)}{2\sigma^2}}$$

Оценками максимального правдоподобия:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'Y, \quad \hat{\sigma}^2 = \frac{RSS}{n},$$

являются решения уравнений:

$$\frac{\partial \log L}{\partial \beta} = 0, \quad \frac{\partial \log L}{\partial \sigma^2} = 0$$

В случае линейной одномерной регрессии $y = \alpha + \beta x + \varepsilon$, для проверки гипотезы $H: \beta = 0$ необходимые вычисления в матричной форме имеют вид [3]:

$$X'X = \begin{pmatrix} n & n\bar{x} \\ n\bar{x} & \sum x_i^2 \end{pmatrix}, (X'X)^{-1} = \frac{1}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum x_i^2 & -\bar{x} \\ -\bar{x} & 1 \end{pmatrix}, X'Y = \begin{pmatrix} \sum Y_i \\ \sum x_i Y_i \end{pmatrix}$$

Для проверки гипотезы о значимости регрессии вычислялась статистика:

$$T = \frac{\beta^2}{s^2 \left(\sum (x_i - \bar{x})^2 \right)^{-1}},$$

где $(n-2)S^2 = \sum (Y_i - \bar{Y})^2 - \sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$.

В общем случае, если задана множественная линейная модель регрессии, то для проверки гипотезы $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = 0$, применяется F -критерий:

$$F = \frac{(RSS_H - RSS)/(p-1)}{RSS/(n-p)},$$

где n - число наблюдений, p - число параметров.

Если $F > F_{p-1, n-p}^\alpha$ то гипотеза H_0 отвергается, это означает, что регрессия значима, и все регрессоры следует учесть. Гипотеза H_0 - есть гипотеза о том, что регрессоры x_1, \dots, x_n не влияют на значения зависимой переменной, то есть поведение зависимой переменной определяется постоянной:

$$y_i = \bar{y}, i=1, \dots, n.$$

В регрессионном анализе часто проверяется гипотеза о равенстве нулю каждого из коэффициентов регрессии в отдельности $H_i: \beta_i = 0$. Для этого вычисляется статистика:

$$T_i = \frac{\hat{\beta}_i}{s \sqrt{d_{ii}}}$$

и определяется выборочная статистика:

$$P(|t_{n-p}| > t_{\alpha/2}^*) = \alpha_q,$$

из таблиц t -распределения с $(n-p)$ степенями свободы. Правдоподобие гипотезы H_0 не означает, что данный регрессор нужно исключить из модели.

Простой мерой соответствия модели линейной регрессии выборочным данным является множественный коэффициент корреляции:

$$R = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})(\hat{Y}_i - \bar{\hat{Y}})}{\left\{ \sum (Y_i - \bar{Y})^2 \sum (\hat{Y}_i - \bar{\hat{Y}})^2 \right\}^{1/2}}$$

Величина R^2 - коэффициент детерминации. Практический смысл коэффициента детерминации заключается в том, что он показывает, какая доля зависимой переменной y объясняется построенной функцией регрессии. Например, при коэффициенте детерминации 0,81 регрессионная модель объясняет 81% дисперсии зависимой величины, остальные же 19% обусловлены факторами, не включенными в регрессионную модель. Следовательно, чем больше значение R^2 , тем меньше остаточная сумма квадратов, и тем лучше регрессия.

$$RSS = D_{yy}(1 - R^2), \quad D_{yy} = \sum (Y_i - \bar{Y})^2$$

где D_{yy} - сумма квадратов отклонения от среднего для зависимой переменной.

Средняя ошибка оценки коэффициента множественной корреляции $E(R)$ вычисляется по формуле [8]:

$$E(R) = \frac{1 - R^2}{\sqrt{n - p - 1}} \quad (8),$$

где: n - объем выборки,
 p - число параметров регрессии.

Оценка существенности значений коэффициентов регрессии и расчет доверительных границ генерального коэффициента корреляции осуществляется, так же как и для коэффициента регрессии. Если значение R близко к единице, то необходимо использовать преобразование Фишера.

Величина смещения в векторе параметров

$$\hat{\beta}_\Delta = (X'X)^{-1} X'Y,$$

зависит от степени близости $X'X$ к вырожденности. Для матриц, близких к вырожденным смещение может быть значительным.

Если мерой соответствия модели линейной регрессии выборочным данным является множественный коэффициент детерминации R^2 : то мерой значимости каждого регрессора может являться его коэффициент корреляции с независимой переменной. Если совокупность регрессоров упорядочить по модулю коэффициента корреляции:

$$|R(y, x_{i1})| \geq |R(y, x_{i2})| \geq \dots |R(y, x_{ip})|,$$

то из этого ряда можно отобрать некоторое число значимых регрессоров. В уравнение линейной многомерной регрессии добавлялись степени значений магнитуд и глубина очага землетрясений. Как следует из основной теоремы алгебры многочлен степени n можно провести через все точки выборки объема n . Гипотеза о равенстве нулю коэффициента корреляции между магнитудой m_b и глубиной очага оказалась правдоподобной. Добавление новых регрессоров в виде степени, логарифма, корня значений магнитуд, и глубины очага не оказало существенного влияния на остаточную сумму квадратов и на коэффициент корреляции. Для подбора оптимального числа регрессоров вычислялась остаточная сумма квадратов $RSS_{(i)}$, для $i=1, \dots, k$. Далее строился вариационный ряд первых k значений RSS .

Если остаточная сумма квадратов продолжала расти, то в модель включался новый регрессор.

Выводы

В уравнение зависимости магнитудных шкал можно включить разные регрессоры. Целью данной работы является преобразование различных магнитудных оценок к m_b магнитуде, для применения уравнения макросейсмического поля при оценке сейсмической опасности. Поэтому определялась линейная одномерная регрессия магнитуды m_b на другие шкалы магнитуд. Для построения регрессионной модели разработаны алгоритм и вычислительная программа на языке “ФОРТРАН”.

Литература

1. Gottfried Grunthal, Rutger Wahlstrom. An M_W based earthquake catalogue for central, northern and northwestern Europe using a hierarchy of magnitude conversions Journal of Seismology 7: 507–531, 2003. 2003 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. 507
2. Mihnea C. Oncescu, Vasile I. Marza, Mihaela Rizescu. The Romanian earthquake catalogue between 984-1997. Vrancea earthquakes: Tectonics, Hazard and Risk Mitigation. 1997. Kluwer Academic Publishers. p.43-47.
3. Дж. Себер. Линейный регрессионный анализ. Мир. Москва. 1980. 456с.
4. Jean Welkowitz, Robert B. Ewen, Jacob Cohen. Introductory Statistics. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. Printed in the USA.
5. M. Fisz. Wahrscheinlichkeitsrechnung und Mathematische Statistik. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin. 1966. 551s.
6. М. Дж. Кендалл, А. Стьюарт. Статистические выводы и связи. Наука. Москва. 1973. 898с.
7. Дж. Никс. Бейсик: Решение производственных задач. Машиностроение. Москва. 1987. 243с.
8. А.А. Аргучинцева. Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений. Учебное пособие. Иркутск. 2007. 105с.
9. Дж. Бендат, А. Пирсол. Прикладной анализ случайных данных. Москва. Мир. 1989. 540с.
10. С. Уилкс. Математическая статистика. Москва. Наука. 1967. 631с.
11. Дж. Райс. Матричные вычисления и математическое обеспечение. Москва. Мир. 1984. 262с.

УДК 550.423:546.23:550.47 (478.9)

Капитальчук⁴ М.В., Капитальчук И.П.⁵, Измайлова Д.Н.

Биологическая роль кадмия и его содержание в элементах природной среды долины Днестра

Резюме

Выполнен обзор литературы относительно биологической роли кадмия для растений, животных и людей. Представлены данные по содержанию кадмия в пробах почвы и подсолнечника, отобранных в долине реки Днестр, а также в пробах поверхностных вод города Тирасполя. Целью исследования являлось определение содержания кадмия в указанных объектах, а также анализ влияния загрязнения окружающей среды кадмием на здоровье населения.

Содержание кадмия в пробах почвы из средней и нижней частей долины реки Днестр приблизительно равно кларку. Это наблюдается для всей территории Молдовы. Для исследуемой территории фоновая концентрация кадмия является гомогенной и находится в интервале 0,42-0,5120 мг/кг почвы. Наличие региональных природных аномалий кадмия отмечено не было. Повышенное содержание кадмия может быть обусловлено источниками антропогенного характера.

Для оценки степени извлечения кадмия растениями из почвы для условий Молдовы была исследована культура подсолнечника. Для указанной культуры по сравнению с другими растениями была отмечена достаточно высокая степень извлечения кадмия. Наблюдалось накопление кадмия в наземных частях растения в количестве $1,0 \pm 0,072$ мг/кг сухого веса. Фактор биоаккумуляции (отношение концентрации кадмия в растении к концентрации кадмия в почве (BAF) для почвы с фоновым содержанием кадмия составил 2). Для загрязненных участков литературные данные для подсолнечника указывают на потенциальное значение BAF, равное 52.

Abstract

The review of literature data by biological role of Cd for plants, animals and people is summarized. The results by Cd concentration in soil and sunflowers from Nistru river valley and surface water from Tiraspol town are presented. The aim of the article is a review of Cd pollution impact to the population health and an evaluation of Cd content in the environmental samples from Dnister river valley.

The Cd content in soil from middle and low Dnister valley is close to the Clark concentration. This fact is defined for all territory of Moldova. This homogeneous background concentration is characterized for all investigated territory and is in the interval 0,42 -0,50 mg/kg. There is no regional natural Cd pollution source. The determination of any higher Cd content can be explained by anthropogenic sources.

The Sunflower was studied for the extraction efficiency for Cd from soil in Moldova condition. Sunflower has relative high extraction efficiency in the comparison with other plants. The Cd accumulation in surface plant parts is $1,0 \pm 0,072$ mg/kg of dry weight. The bioaccumulation factor (BAF) for soil with the background concentration is 2 (relation of Cd concentration in plant to Cd concentration in soil). The potential BAF for sunflowers from literature data is 52 for polluted sites.

⁴ ПГУ им. Т.Г. Шевченко, Республика Молдова

⁵ НИИ экологии и природных ресурсов (г. Бендеры), Республика Молдова

Resumat

A fost generalizată informația din literatura despre rolul biologic al cadmiului pentru plante, animale și populație. Rezultatele analizei cadmiului în sol și floarea soarelui din valea râului Nistru și apele de suprafața din Tiraspol au fost prezentate. Scopul articolului a fost analiza influenței poluării cu cadmiu asupra sănătății populației precum și evaluarea conținutului de cadmiu în probele din mediul ambiant din valea râului Nistru.

Conținutul de cadmiu în sol din partea de mijloc și de jos a văii Nistrului este aproximativ egal cu clark. Situația indicată este observată pentru tot teritoriul republicii Moldova. Conținutul de fon de cadmiu este omogen și constituie 0,42-0,5 mg/kg pentru tot terenul examinat. Sursele naturale de poluare cu cadmiu în scară regională nu sunt determinate. Prezența concentrații înalte al cadmiului poate fi determinată ca antropogena.

Pentru evaluarea eficienței de extragere al cadmiului din sol în Moldova a fost examinată floarea soarelui. În comparație cu alte plante, eficiența de extragere pentru floarea soarelui este foarte înaltă. Cadmiu este acumulat în părțile de suprafață ale plantei în cantitate de $1,0 \pm 0,072$ mg/kg de masă uscată. Factorul de bioacumulare (BAF) pentru solul cu concentrația de cadmiu fon este 2 (concentrație de cadmiu în plantă relativ de concentrația de cadmiu în sol). În sursele bibliografice valoarea BAF pentru terenuri poluate constituie 52.

Введение

Кадмий – токсичный элемент, представляющий серьезную опасность для человека и животных. По своим свойствам кадмий очень сходен с цинком, является его постоянным спутником в природных соединениях, однако его содержание в земной коре примерно в 700 раз меньше, чем цинка, и составляет всего $1,3 \times 10^{-5}$ %. Эти элементы сильно различаются по биологической роли. Если цинк – жизненно необходимый элемент и только в сравнительно больших концентрациях обладает токсичностью, то Cd – примесный токсичный элемент. Повышенная концентрация кадмия в окружающей среде связана преимущественно с антропогенной деятельностью [1].

Потенциальными антропогенными источниками поступления кадмия в элементы природной среды на территории Молдовы являются, прежде всего, цементное, металлургическое, гальваническое, стекольное производства. Выделение кадмия в атмосферу происходит также при сжигании каменного угля и в меньшей степени – нефти. Кадмий содержится в мазуте и дизельном топливе, в твердых бытовых отходах, минеральных и органических удобрениях, входит в состав противогрибковых ядохимикатов (фунгицидов). Одним из основных источников кадмиевого загрязнения почв является внесение удобрений, в особенности суперфосфата, куда кадмий входит в качестве примеси. Так, в суперфосфате российского производства обычное содержание кадмия составляет от 2,2 мг/кг в простом и до 3,5 мг/кг в двойном суперфосфате [2]. Органические удобрения Молдовы содержат 0,2-0,6 мг кадмия на кг сухого вещества [3].

В пластиковые изделия кадмий добавляется для прочности. Он является обязательным компонентом красных красок (к примеру, реклама знаменитой Кока-Кола).

При сжигании мусора, содержащего этот элемент, кадмий попадает в атмосферу. Кадмий в почве присутствует в основном в подвижной форме, что определяет его негативное экологическое значение. Подвижная форма

обуславливает сравнительно высокую миграционную способность, что приводит к сравнительно быстрому поступлению кадмия в организм человека по биологической цепи «почва-растение-человек».

Целью данной работы является обзор проблемы влияния повышенного содержания кадмия на здоровье человека и оценка его содержания в различных объектах окружающей среды долины реки Днестр.

Материалы и методы

Содержание и пространственное распространение кадмия в компонентах экосистем на территории Молдовы изучено не столь системно по сравнению с жизненно необходимыми микроэлементами, такими как медь, цинк, никель, кобальт и другие. Для изучения содержания кадмия в долине Днестра авторами были взяты почвенные образцы в слое 0 - 40 см для крупных ареалов распространения типов и подтипов почв - от с.Косоуцы на севере и до с. Незавертайловка на юге. При этом для лабораторного анализа составлялась усредненная проба из 10 образцов, взятых в пределах отдельного почвенного ареала. В местах взятия почвенных образцов отбирались также растения подсолнечника. Выбор этой культуры определялся тем, что плантации подсолнечника имелись во всех местах сбора почвенных образцов. Для лабораторных анализов использовалась наземная часть растений. Образцы измельчались, просушивались без доступа солнечных лучей, а затем перемалывались в травяную муку. Кроме того, были взяты пробы воды и донных отложений из водотоков, водоемов на территории г. Тирасполя. Содержание кадмия в полученных образцах определялось в лаборатории геохимии Института геологии и сейсмологии АНМ.

Для проведения анализа предварительно была выполнена кислотная экстракция кадмия из гомогенизированных образцов почв и растений с помощью установки для микроволновой деструкции VARSAL V-800 (США). Анализ полученных растворов проводился атомно-абсорбционным методом с использованием спектрофотометра AAnalyst 800 фирмы Perkin Elmer. Правильность полученных результатов контролировалась с помощью аттестованных стандартных образцов СБМП-02 (зерна пшеницы), СБМТ-02 (злаковая травосмесь) и донного осадка (BS-1/ТМ).

Относительная стандартная неопределенность метода, учитывающая суммарный вклад погрешностей для всех этапов (пробоподготовка, погрешности взвешивания и взятия объемов, градуировка прибора) в общую погрешность результата определения кадмия в почвах и донных осадках составляет 0,042, в растениях – 0,036 [21]. Всего проанализировано 12 усредненных проб почв, 12 образцов растений, 9 проб воды и образцы донных отложений из 5 водоемов.

Биологическая роль кадмия

Биологическая роль кадмия изучена очень слабо. Обычно отмечается, прежде всего, токсичность этого элемента [1, 4]. По Дж. Эмсли [5], кадмий – токсикант, канцероген, тератоген.

Общеизвестно, что в микродозах тяжелые металлы биологически активны, в больших дозах – яды. Практически все металлы, в том числе и кадмий, в малых количествах являются катализаторами или непосредственными участниками

протекающих в растениях и животных естественных биологических процессов [6]. Избыток кадмия негативно влияет на рост и развитие растений. Основным в механизме его токсичности для растений, как и других тяжелых металлов, является инактивация метаболически важных белков и других макромолекул, выполняющих каталитические и регуляторные функции [7]. Главными реакциями растительного организма, связанными с токсическим действием избытка кадмия являются изменения проницаемости клеточных мембран [8].

В многочисленных экспериментах установлено, что практически все растения в той или иной степени способны защищаться от вредного влияния избытка тяжелых металлов в почве и обладают адаптивными свойствами, которые описаны разными авторами [8, 9, 10].

А. Кабата-Пендиас и Х. Пендиас [8] выделяют несколько сторон в механизмах защиты. Это внешние факторы, такие как низкая растворимость и низкая подвижность катионов в окружающей корню растений среде, а также антагонистическое действие ионов металлов. Внутренние факторы они считают, истинной толерантностью, основанной на комплексе механизмов защиты метаболического порядка.

В целом проблема металлоустойчивости растений пока еще слабо разработана. Способность растений накапливать высокие концентрации тяжелых металлов представляет опасность для здоровья людей и животных в связи с проникновением токсикантов в пищевые цепи. Высокая фитотоксичность кадмия объясняется его близостью по химическим свойствам к цинку. Поэтому кадмий способен замещать цинк во многих биохимических процессах, нарушая работу большого количества ферментов [1, 8, 9, 10].

Концентрация кадмия в окружающей среде не столь велика по сравнению с другими металлами, однако он обладает способностью накапливаться в организме человека. Считается, что оптимальная интенсивность поступления кадмия в организм человека должна составлять 1-5 мкг/сутки, при поступлении менее 0,5 мкг/сутки развивается дефицит кадмия (замедляется рост живых организмов). Ежедневно с пищей и воздухом при дыхании в организм взрослого человека может поступить около 50 мкг Cd, из них – 2 мкг задерживается, остальное выводится. При систематическом поглощении в течение нескольких лет его концентрация в организме человека превысит исходную в несколько раз. Если в среднем человек накапливает около 30 мг кадмия, то из них – 33% накапливается в почках, 14% - в печени, 2% - в легких, 0,3% в поджелудочной железе, остальные – в других органах. Связываясь с металлотионином, кадмий в виде белкового комплекса накапливается в наибольшей степени в коре надпочечников. Кадмий, как и ртуть, оказывает ингибирующее действие на многие ферменты и в результате тормозит процессы с их участием [1].

Избыток кадмия нарушает усвоение и обмен других микроэлементов (Zn, Cu, Se, Fe), что может вызывать их дефицит. Хроническое воздействие кадмия на человека приводит к нарушениям функции печени и почек, легочной недостаточности, анемии, повышению кровяного давления и развитию сердечно-сосудистых заболеваний. Одним из отрицательных последствий накопления кадмия в организме человека является болезнь «итай-итай». Это специфическое костное заболевание впервые было открыто в Японии. Оно связано с тем, что кадмий, подобно кальцию, откладывается в костях, образуя фосфат

кадмия $Cd_3(PO_4)_2$. Одновременно вымываются из костей ионы Ca^{2+} , что сопровождается болезненным усыханием скелета. Этот недуг выражается в нарушениях различных функций организма, в необычайной хрупкости и ломкости костей [1, 4]. Наряду с воздействием на костную систему систематическое отравление кадмием приводит к появлению на зубах желтоватого налета (это CdS -«кадмиевая кайма»), патологическому изменению слизистой оболочки носоглотки, к снижению числа эритроцитов [1].

При изучении обмена микроэлементов по результатам определения микро- и макроэлементов в волосах жителей Новосибирска установлено, что на фоне накопления кадмия наиболее частым дефицитом из группы эссенциальных элементов является цинк. При изучении влияния кадмия на процессы беременности в ходе экспериментальных исследований с крысами выявлено, что на фоне кадмиоза происходит достоверный рост общей эмбриональной смертности более чем в 10 раз по сравнению с контролем, преимущественно за счет увеличения более чем в 6 раз доимплантационной смертности плодов. Постимплантационная гибель плодов растет более чем в два раза. Следует отметить, что при хроническом поступлении кадмия в организм крыс вес плода, его размер, а также общее количество уменьшается. На фоне введения кадмия наблюдается уменьшение среднего количества самцов в помете почти в 3 раза. Это позволяет сделать вывод, что кадмий вызывает прерывание беременности, причем преимущественно резорбируются мужские плоды [12].

Высокая концентрация в моче нефротоксичных металлов свинца и кадмия может быть причиной токсической нефропатии у жителей, проживающих вблизи нефтегазоконденсатного месторождения [13].

Опасность кадмия для человека и животных заключается еще и в его канцерогенности. Считают, что с кадмием могут быть связаны все формы рака. В этом его отличие от других тяжелых металлов, которые обычно «специализируются» на определенном виде рака. В частности, доказана роль кадмия в развитии рака легких и почек у курящих [1].

Содержание кадмия в элементах природной среды долины Днестра

Поверхностные воды. Содержание кадмия в водоемах г. Тирасполя определялось при проведении комплексной оценки загрязнения поверхностных вод этого города, результаты которой изложены в работе [14]. Для условий городской среды концентрация кадмия в поверхностных водах оказалась достаточно низкой и варьировала в диапазоне от 0,02-0,07 мкг/л (ПДК составляет 3 мкг/л [23]). В донных отложениях городских водоемов отмечается аккумуляция этого микроэлемента, и его содержание в седиментах составило 0,06 – 0,37 мг на кг сухого вещества.

Почвы. Кларк кадмия в литосфере - 0,13 мг/кг; в почвах – 0,5 [15, 16], что свидетельствует о способности почв аккумулировать этот элемент. Данная закономерность проявляется и в геохимических условиях Молдовы. Так, содержание кадмия в почвообразующих породах здесь составляет [8]: 0,02 мг/кг в элювии третичных песков, 0,04 мг/кг в известняках и 0,3 мг/кг в коренных третичных глинах. В то время как среднее содержание кадмия в почвах Молдовы достигает 0,5 мг/кг, варьируя в пределах от 0,2 до 0,84 мг/кг [17, 18]. Содержание кадмия в почвах долины Днестра представлено в таблице 1.

Таблица 1.

Содержание кадмия в почвах (0 – 40 см) долины Днестра

№ п/п	Место взятия пробы	Тип почвы	Содержание Cd, мг/кг
1.	с. Косоуцы	Чернозем типичный	0,49 ± 0,041
2.	г. Сороки	Чернозем выщелоченный	0,50 ± 0,042
3.	с. Н. Кугурешты	Серая лесная почва	0,43 ± 0,036
4.	с. Фрунзовка	Чернозем карбонатный	0,46 ± 0,038
5.	с. Подоймица	Чернозем карбонатный	0,47 ± 0,039
6.	с. Рашково	Чернозем типичный	0,46 ± 0,038
7.	с. Катериновка	Чернозем выщелоченный	0,42 ± 0,035
8.	с. Бутучены	Чернозем обыкновенный	0,50 ± 0,042
9.	с. Фрунзе	Чернозем обыкновенный	0,46 ± 0,039
10.	с. Н. Андрияшевка	Чернозем обыкновенный	0,47 ± 0,039
11.	с. Чобручи	Чернозем карбонатный	0,47 ± 0,039
12.	с. Незавертайловка	Чернозем южный	0,49 ± 0,041

Как следует из данных этой таблицы, диапазон колебаний концентрации кадмия в почвах долины Днестра заключен в интервале значений 0,42-0,50 мг/кг. Среднее содержание микроэлемента в почвах исследуемого района с учетом расширенной стандартной неопределенности составило $0,47 \pm 0,039$ мг/кг, что близко к среднему значению в целом для Молдовы [17, 18] и к кларку кадмия в почве [16]. Наблюдается однородный фон пространственного распределения кадмия на всем протяжении рассматриваемого участка долины Днестра. Следует отметить, что даже вблизи Молдавской ГРЭС (с. Незавертайловка, с. Чобручи), работавшей долгое время на угле, не наблюдается заметного увеличения кадмия в почве.

Растения. По абсолютному содержанию в растениях кадмий относят к элементам низкой концентрации, наряду с Mo, Se, Co [19]. Содержание кадмия в растениях зависит от концентрации его подвижных форм в почве. Установлено, что корневой барьер снижает поступление кадмия в листья, причем этот эффект сильнее проявляется на черноземах [8].

Среди сельскохозяйственных культур, выращиваемых в Молдове, повышенной способностью накапливать кадмий отличается подсолнечник. Пределы нормального содержания кадмия в надземной части этой культуры от 0,1 до 2,0 мг на кг сухого вещества. Для сравнения эти пределы для надземной части злаковых зерновых составляют 0,01-0,8 мг/кг, а для кукурузы - 0,1-0,3 мг/кг [20]. Коэффициент извлечения кадмия из почвы различными растениями, в том числе и подсолнечником, достаточно высок, по сравнению с другими тяжелыми металлами [22].

Таблица 2.

Содержание кадмия в надземной части подсолнечника
(воздушно-сухая масса) в долине Днестра

№ п/п	Место взятия пробы	Тип почвы	Содержание Cd в подсолнечнике, мг/кг
1.	с. Косоуцы	Чернозем типичный	$1,0 \pm 0,072$
2.	г. Сороки	Чернозем выщелоченный	$0,9 \pm 0,065$
3.	с. Н. Кугурешты	Серая лесная почва	$1,1 \pm 0,079$
4.	с. Фрунзовка	Чернозем карбонатный	$0,9 \pm 0,065$
5.	с. Подоймица	Чернозем карбонатный	$0,8 \pm 0,067$
6.	с. Рашково	Чернозем типичный	$1,2 \pm 0,086$
7.	с. Катериновка	Чернозем выщелоченный	$0,9 \pm 0,065$
8.	с. Бутучены	Чернозем обыкновенный	$1,0 \pm 0,072$
9.	с. Фрунзе	Чернозем обыкновенный	$0,9 \pm 0,065$
10.	с. Н. Андрияшевка	Чернозем обыкновенный	$1,0 \pm 0,072$
11.	с. Чобручи	Чернозем карбонатный	$1,1 \pm 0,079$
12.	с. Незавертайловка	Чернозем южный	$1,1 \pm 0,079$

Из анализа представленных в таблице 2 данных следует, что содержание кадмия в надземной части подсолнечника примерно вдвое выше, чем его содержание в почве. При этом диапазон концентрации микроэлемента в этой культуре, так же как и в почве, остается достаточно узким, изменяясь от 0,8 до 1,2 мг/кг, при среднем значении $1,0 \pm 0,072$ мг/кг воздушно-сухого вещества. Как показали расчеты, между валовым содержанием кадмия в почве и его концентрацией в подсолнечнике корреляции не наблюдается ($r = 0,105$).

Выводы

1. Содержание кадмия в почвах долины Среднего и Нижнего Днестра близко к его кларковому содержанию, что характерно для всей территории Молдовы. При этом наблюдается однородный фон пространственного распределения кадмия на всем протяжении рассматриваемого участка долины Днестра в интервале значений 0,42-0,50 мг/кг. В результате чего можно говорить об отсутствии регионального источника загрязнения этим элементом. Обнаружение повышенного содержания кадмия в любом объекте окружающей среды может быть связано только с искусственным происхождением антропогенного характера.
2. Подсолнечник имеет относительно хорошее извлечение кадмия из почв. Накопление кадмия в надземной части подсолнечника в среднем составляет

1,0±0,072 мг/кг воздушно-сухой массы, изменяясь в узком диапазоне значений: от 0,8 до 1,2 мг/кг. Таким образом, коэффициент экстракции подсолнечником из почв с кларковым содержанием этого элемента равен 2 (отношение концентрации кадмия в растении к его содержанию в почве), при потенциальном росте этого показателя до 52 для загрязненных участков. Взаимосвязь содержания кадмия в почве и подсолнечнике не наблюдается из-за низкого содержания его в указанных объектах.

Литература

1. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды. – 3-е изд. – М.: Мир; БИНОМ.ЛЗ. 2008. 295 с
2. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии.// Учебн.пособ.- М.: Изд-во МГУ. 1988. 285 с.
3. Цуркан М.Ф., Жильцова М.Ю., Данилов Н.И. Микроэлементный состав органических удобрений // Эффективность использования удобрений в земледелии Молдавии.- Кишинев: Штиинца. 1988. с.40-47.
4. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. – М.: Наука, 1985. 263 с.
5. Эмсли Д. Элементы. – М.: Мысль, 1993. 256 с.
6. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь.- Кишинев: Гл. ред. МСЭ, 1990, - 408 с.
7. Растения в экстремальных условиях минерального питания./ Под ред. М.Я. Школьника и Н.В. Алексеевой-Поповой.- Л.: Наука, 1983. 177 с.
8. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. 439 с.
9. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение.- Новосибирск: Наука, 1991. 151с.
10. Павлов Б.К., Грошева Е.И., Бейм А.М. Оценка уровней техногенных накоплений тяжелых металлов компонентами растительности лесных экосистем, существенно различающихся геохимическим фоном.// Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 1989. т.12. с.204-210
11. Залавина С.В., Скальный А.В., Ефимов С.В., Скальная М.Г. Многоэлементный портрет жителей Новосибирска в условиях накопления кадмия.// Микроэлементы в медицине. 2008. Т.9. Вып.12. с.70.
12. Залавина С.В., Скальный А.В., Ефимов С.В., Скальная М.Г. Эмбриональные показатели на фоне кадмиоза.// Микроэлементы в медицине. 2008. Т.9. Вып.12. с.71.
13. Мамбеталин Е.С., Курмангалиев О.М., Молдахметов О.К., Мамбеталина А.К., Байменов Ш.Б. Содержание Pb, Cd, Zn, Fe в волосах и моче у жителей техногенной зоны нефтегазоконденсатного месторождения.// Микроэлементы в медицине. 2008. Т.9. Вып.12. с.74.
14. Измайлова Д.Н., Капитальчук М.В., Капитальчук И.П., Богдевич О.П. Оценка загрязнения поверхностных вод и донных отложений на территории г. Тирасполя.// Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья. М-лы II Междунар.научно-практ.конф. Тирасполь. 15-16 сент.2005.- Тирасполь: Изд-во Прижнестр.ун-та. 2005. с. 125-127.
15. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры.// Геохимия. 1962. 7. с.555-571.

16. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах.- М.: Изд-во АН СССР. 1957. 237 с.
17. Тома С.И., Рабинович И.З., Велисар С.Г. Микроэлементы и урожай.- Кишинев: Штиинца. 1980. 172 с.
18. Рабинович И.З. Кадмий в почвах Молдавии.// Изменение плодородия почв Молдавии под влиянием сельскохозяйственного использования.- Кишинев: Штиинца. 1984. с.67-74.
19. Второва В.Н. Изменчивость элементного состава у представителей родов *Populus*, *Lycium* и *Tamarix* на засоленных почвах.// Ботанический журнал. 1993. т.78.№ 8, с. 17-33.
20. Кирилюк В.П. Микроэлементы в компонентах биосферы Молдовы.- Ch:Pontos. 2006р.
21. Д.Измайлова, О.Богдевич. Расчет неопределенности при анализе почв методом атомной абсорбции. // Труды научно-практической конференции “Аналитический контроль качества безопасности веществ и материалов”.- Одесса, 2006, с.99.
22. Introduction to Phytoremediation (2000) EPA/600/R-99/107 National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio 45268.
23. Санитарные нормы по качеству питьевой воды (Постановление Правительства РМ № 934 от 15 августа 2007 г.). Monitorul Oficial al RM, N 131-135.

УДК 556.551.555

Арнаут Н.А., Ботнару В.Б., Морару О.К.

Процессы смешения минерализованных подземных вод из карьера с. Крива и р. Прут

Резюме

На основе натурных данных измерений общей минерализации сбрасываемых из Кривского гипсового карьера по р. Гипсовая подземных вод в р. Прут, проанализированы и выявлены особенности перемешивания вод различной минерализации, распространения облака смешения по глубине, ширине и длине реки. Выявлена дифференциация по глубине р. Прут на участке ниже впадения р. Гипсовая смешиваемых подземных вод, связанная с различной плотностью вод. Получены простые эмпирические уравнения связи расстояния от места сброса до створа полного смешения поверхностных и глубинных вод и удаленностью от берега, а также связи общей минерализации и расстоянием от места сброса.

Abstract

Processes of mixing and spreading of waters with different chemical concentrations (including pollution) in rivers is very complex and insufficiently studied. Therefore, field investigation in the frame of high mineralized water damping from village Criva's quarry by River Gipsovaia to River Prut and obtained results may describe the nature of mixing in real condition. The field study included measurements of conductivity (total water mineralization) from surface and bottom river intervals for different distances from injection point to left Prut river bank. MultiLine F-set (Germany) was used for conductivity measurements. Some hydrometric characteristics (averaged velocities and depths) were measured too. The averaged total mineralization of injected water from River Gipsovaia into r. Prut was 2 g/l and background Prut river water mineralization (upper injection location) consists no more than 0,3 g/l. Analysis of data shows that there exists differentiation between surface and bottom water mineralization below of damping point. This is the result of mixing plume bottom migration along the left Prut river bank. Data analysis elicits linear relationship between the distance from injection site and Prut river bank dimension. It can be roughly described by function $L_{cm} = 282 - 19,7 X$, where L_{cm} is the distance from injection site (m) and X is a distance from Prut river bank (m).

The downstream change of total water mineralization in spreading mixing zone may be in a good agreement with empirical power type equation: $M = 1,80 L^{-0,29}$ - for surface water and $M = 1,80 L^{-0,25}$ - for bottom water, where M is total mineralization value (g/l). The downstream change of M in a dimensionless form was described by following equations: $M = 1,01(L_{cm}/X)^{-21}$ - for surface water, and $M = 0,85(L_{cm}/X)^{-21}$ - for bottom water. These empirical relationships were tested by comparing with same experimental and field results based equation like $S_m \sim (L/X)^{-1/2}$ of other authors, where S_m is the peak concentration of mineralization and L is the longitudinal coordinate, X is the transversal coordinate. Collation of results shows that values of power for function equation is 2 times less compared with experiment data.

Discrepancies may be explained by different time regimes of high mineralization water damping from quarry and ranges of dimensionless parameters L_{cm}/X , for which were obtained those equations. Present study results characterize the quantitative and qualitative nature of depth, longitudinal and transversal change of mixed water injection along Prut river bank. This particularity is confirmed by graphics and empirical equations. They may be used for probable assessment of maximum distance from damping point to place where full 3D dimension mixing with Prut River water is reached.

Rezumat

Procesele de amestecare și distribuire a apelor cu conținut chimic diferit în cursurile de apă ale râurilor au caracter complex și sunt insuficient studiate. În legătură cu aceasta, studiul efectuat pe teren, unde are loc deversarea apei din r. Ghipsovaia în r. Prut și rezultatele obținute, ne permit să descriem unele particularități ale proceselor amintite mai sus, pentru condițiile concrete din r. Prut. Metodica lucrărilor efectuate pe teren au inclus măsurarea conductibilității (mineralizarea totală) apei la suprafață și la fund, având puncte de prelevare amplasate la diferite distanțe de la gura de vărsare. Conductibilitatea apei a fost măsurată la aparatul portabil MultiLine F-set (Germania). Conform datelor obținute la măsurarea conductibilității, a fost calculată valoarea mineralizării totale. În afară de aceasta au fost efectuate și alte măsurători hidrologice (adâncimea apei, viteza medie a cursului de apă). Valoarea medie a mineralizării totale la gura r. Ghipsovaia ce se varsă în r. Prut constituie 2 g/l, pe când concentrația de fond a r. Prut, amonte de locul în cauză, nu depășea 0,3 g/l. Analiza datelor măsurătorilor a constatat diferențierea mineralizației totale a apei din r. Prut, aval de gura de vărsare a r. Ghipsovaia la adâncime, ceea ce poate confirma amestecarea „norului” de apă mineralizată din carieră pe fundul r. Prut de-a lungul malului stâng. Analiza datelor măsurătorilor a evidențiat pe sectorul de amestecare caracterul liniar a dependenței dintre distanța de la locul vărsării și distanța de la mal. Ea poate fi aproximativ descrisă prin ecuația $L_{cm} = 282 - 19,7 X$, unde L_{cm} - distanța de la gura de vărsare a r. Ghipsovaia în aval până la locul amestecării totale a apelor, m; X - distanța de la mal, m. Modificarea mineralizației apei de la suprafață și a celei de la adâncime de-a lungul r. Prut, aval de gura de vărsare a r. Ghipsovaia, este suficient de bine descrisă de funcțiile valorilor puterii: $M = 1,80 L^{-0,29}$ pentru apele de suprafață și $M = 1,80 L^{-0,25}$ pentru apele de fund, unde M - mineralizația totală a apei. În afară de aceasta au fost obținute și analizate funcțiile $M = 1,01(L_{cm}/X)^{-21}$ pentru mineralizarea de la suprafața apei și $M = 0,85(L_{cm}/X)^{-21}$ a apele de fund, care sunt contrapuse cu ecuațiile analoge de felul: $S_m = (L/X)^{-1/2}$, după alți autori, unde S_m - concentrația maximă de săruri (mineralizația), L - coordonata longitudinală, X - coordonata transversală. Compararea a evidențiat minimizarea mai mult de 2 ori a valorii puterii în ecuațiile empirice obținute, raportate la datele experimentale și naturale. Aceste deosebiri pot fi explicate prin regimurile diferite de vărsare și a diapazonului de valori nelimitate L_{cm}/X , pentru care au fost obținute aceste ecuații. Rezultatele obținute au permis de a evidenția particularitățile procesului de amestecare la adâncime, în lățime și de-a lungul r. Prut a apelor mineralizate din cariera de gips în aval de gura de vărsare. Aceste particularități cantitative și calitative sunt caracterizate de graficele și ecuațiile empirice din lucrare. Ele permit aproximativ de estimat distanța maximă de la gura de vărsare, unde are loc amestecarea totală atât în adâncime cât și în lățime în r. Prut, pe sectorul unde are loc vărsarea apelor din carieră prin intermediul r. Ghipsovaia.

Изучение процессов, определяющих перемешивание и распространение по длине реки сбрасываемых загрязненных сточных вод либо вод, содержащих повышенную концентрацию химических веществ, представляет научный интерес для выявления условий загрязнения, обоснования методики проведения наблюдений за качеством воды и размещения водозаборов, разработки количественных методов прогноза этих процессов во времени и в пространстве. Однако механизм указанных процессов имеет сложный характер и до конца не изучен [1-7]. Особенно остро ощущается недостаток натурных данных, характеризующих особенности перемешивания вод при различных гидравлических и морфометрических условиях реки. В связи с этим, выполненные натурные исследования на участке сброса минерализованных подземных вод из гипсового карьера (с. Крива) в р. Прут, и полученные результаты позволяют описать некоторые особенности указанных выше процессов для конкретных условий р. Прут

Материалы и методика

Для исследования особенностей трансформации и перемещения минерализованных вод из р. Гипсовая по реке Прут, были выполнены измерения электропроводности воды у поверхности и у дна реки на различных расстояниях от берега и от места впадения р. Гипсовая (поперечниках). Электропроводность измерялась в полевых условиях портативными приборами MiltiLine F-Set (Германия). Значения электропроводности (Эп) были переведены в единицы общей минерализации (М) воды используя метод калибровочных кривых. Химические анализы воды выполнялись в соответствии со стандартными требованиями. Для выявления области смешения вод р. Гипсового и р. Прут проводились измерения пробы воды с поверхности реки и у дна, взятые на различных расстояниях от берега. Расстояние, где минерализация поверхностной и придонной воды были одинаковы, принималось за внешнюю границу распространения минерализованной воды из карьера по ширине реки. Такие поперечные профили выполнены на различных расстояниях от впадения р. Гипсовая выше и ниже места сброса. Параллельно с отбором проб воды, на некоторых поперечниках были измерены также глубины, средние скорости течения и вычислены расходы воды.

Результаты и анализ

При сбросе подземных вод из карьера (с. Крива) по р. Гипсовая в р. Прут происходит их перемещение вниз по течению от места сброса и перемешивание с водой р. Прут.

Средняя величина минерализации сбрасываемых вод составляет около 2 г/л, в то время как фоновая концентрация общих солей р. Прут выше участка сброса не превышает 0,3 г/л. Учитывая, что минерализация воды р. Прут значительно меньше, чем в р. Гипсовая, то имеющая большую плотность вода р. Гипсовая попадая в русло р. Прут, опускается на дно у левого берега и перемещается по дну вниз по течению до полного смешения с водой р. Прут.

Механизм перемешивания вод разной плотности носит сложный характер и зависит от гидравлических и морфометрических характеристик р. Прут. Полученные результаты представлены на рисунках 1–2. Анализ изменения минерализации воды на различных расстояниях от левого берега р. Прут и от места впадения р. Гипсовая (устья) вниз по течению показывает, что величина минерализации воды у дна превосходит значения минерализации на поверхности воды. Это превышение наблюдается на всех поперечниках, расположенных на расстоянии 1 м, 8 м, 11,2 м, 17,8 м, 26,4 м, 44,4 м, 69,4 м, 95,4 м, 127,4 м, 177,4 м и 250 м вниз по течению от устья р. Гипсовая (рис.1–2). При этом, по мере удаления от места впадения р. Гипсовая в р. Прут происходит уменьшение разности между величинами минерализации у дна и на поверхности. На расстоянии 250 м и более значения минерализации практически совпадают. Это свидетельствует о полном смешении воды р. Гипсовая и р. Прут (рис.2). Общая минерализация смешанной воды составляет 0,36 г/л, в то время как минерализация воды р. Прут до устья (выше по течению 30 м) р. Гипсовая составляет по данным измерений 0,3 г/л. Такая примерно закономерность изменения соотношения величин минерализации наблюдается и по ширине реки Прут. По мере удаления от левого берега происходит увеличение интенсивности перемешивания минерализованной воды из р. Гипсовая у дна и менее минерализованной поверхностной воды р. Прут и выравнивание величин минерализации. Наиболее наглядно это видно на графиках (рис.1-2).

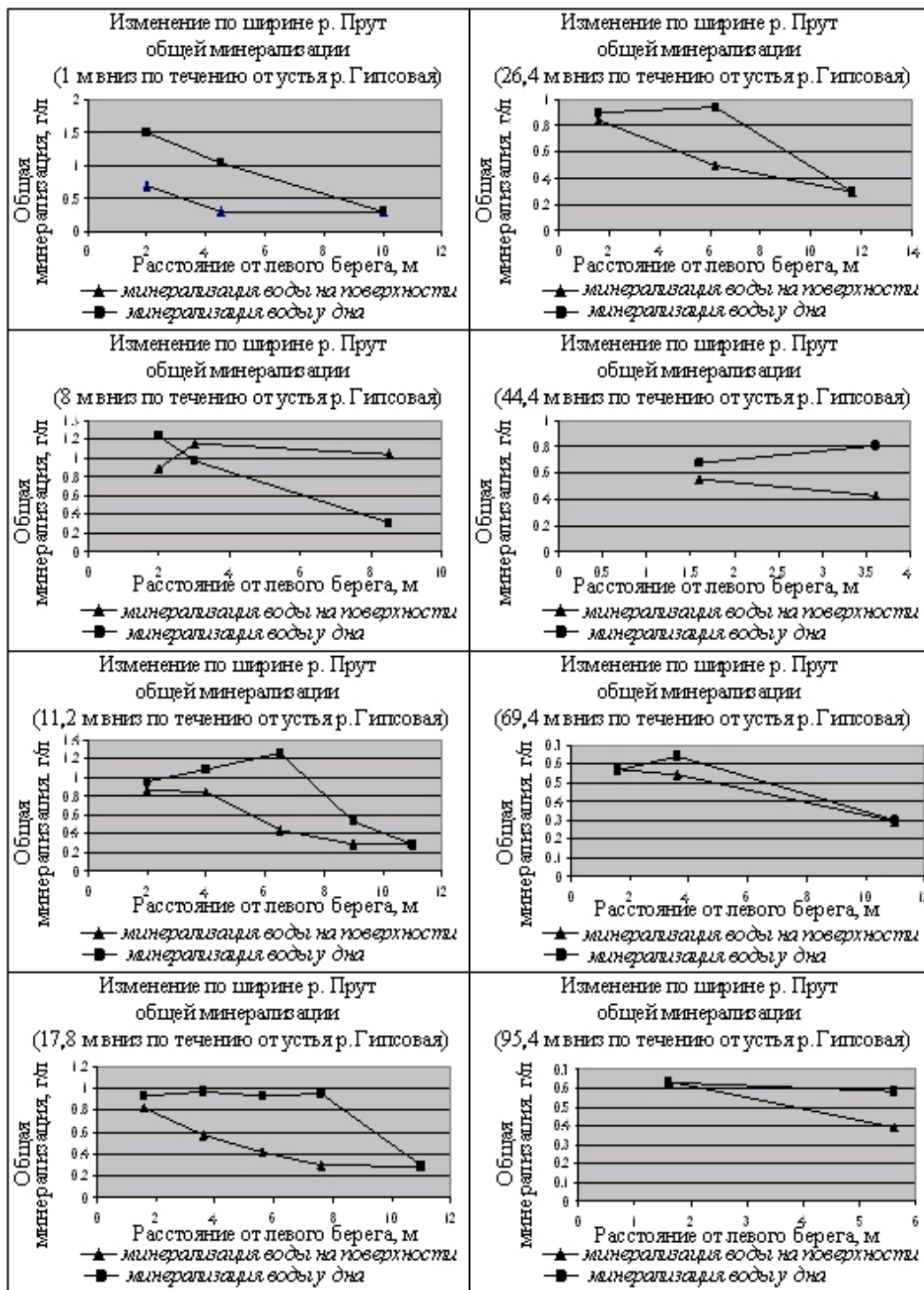


Рис. 1. Изменение по ширине р. Прут общей минерализации воды у поверхности и у дна на различных расстояниях от места сброса (впадения) р. Гипсовая)

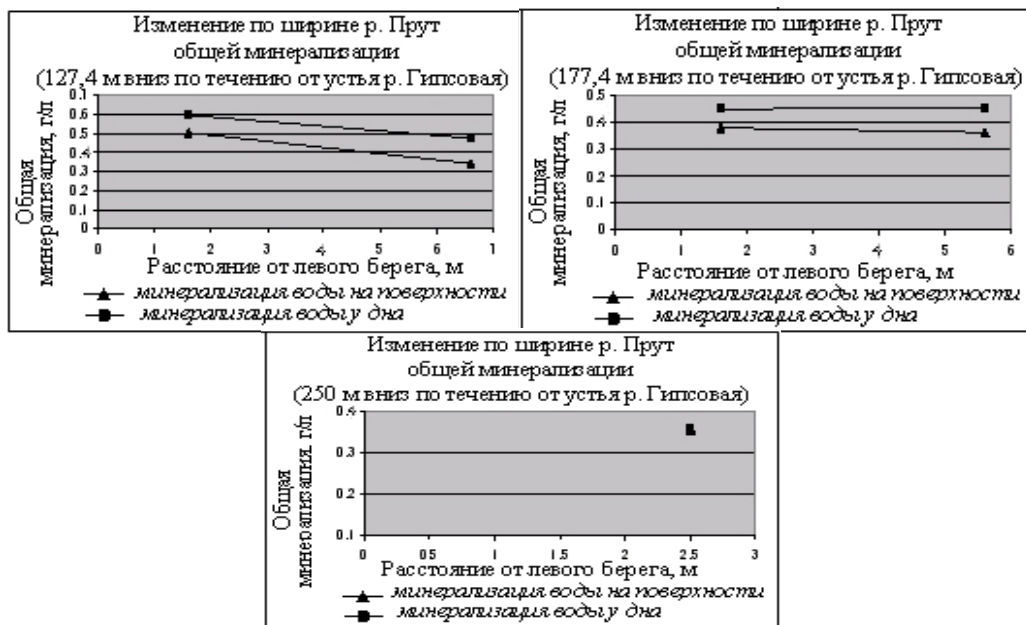


Рис. 2. Изменение по ширине р. Прут общей минерализации воды у поверхности и у дна на различных расстояниях от места сброса (впадения р. Гипсовая)

Кроме того, проведены гидрометрические измерения глубин и скоростей течения воды на поперечниках. Графики изменения глубин и скоростей по ширине р. Прут представлены на рис.3.

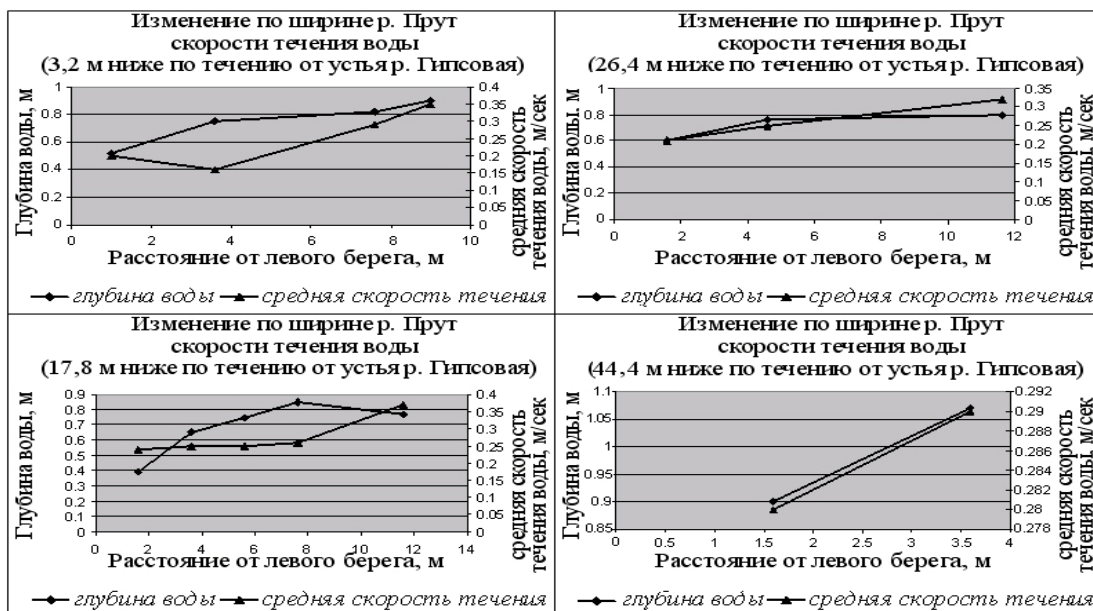


Рис.3. Изменение по ширине р. Прут глубины и средней скорости течения воды.

Следует отметить, что такая особенность изменения минерализации по ширине наблюдается не на всех поперечниках. Это демонстрирует график на рис. 4:



Рис.4. Изменение расстояния от левого берега по длине р. Прут ниже устья р. Гипсовая.

Такой характер изменения границы полного смешения донных и поверхностных вод может быть обусловлен морфологией дна и распределением по ширине р. Прут глубин и скоростей течения. На мелководных участках, где глубины и скорости не увеличиваются резко по ширине реки (1 м, 8 м, 11,2 м, 17,8 м, 26,4 м и 69,4 м ниже устья р. Гипсовая), среднее расстояние от берега до места смешения составляет 10 - 12 м. На глубоководных участках реки, где глубины и скорости течения воды возрастают более резко (44,4 м, 95,4 м, 127,4 м, 177,4 м и 250 м ниже устья р. Гипсовая), полное смешение происходит на более близком от берега расстоянии (2,5 – 6,0 м). Это подтверждают и соответствующие графики изменения по ширине реки Прут глубины и средней скорости течения (рис.3).

Таким образом, выполненный анализ позволяет сделать заключение, что изменения расстояния от левого берега р. Прут до места полного смешения поверхностной и донной воды зависит от характера распределения глубин и средних скоростей, величина расстояния составляет от 0,06В до 0,15В, где В - средняя ширина русла р. Прут на участке исследования.

Для оценки особенностей распределения общей минерализации поверхностной и придонной воды по длине реки р. Прут ниже устья р. Гипсовая, для каждого из диапазонов расстояний от берега: 1 – 2,5 м, 3 – 4,5 м, 5,5 – 6,2 м, 6,5 – 8,5 м, 9 – 11 м, 11,6 – 15,5 м построены графики изменения минерализации (рис.5-6).



Рис. 5. Изменение общей минерализации поверхностной воды по длине р. Прут от устья р. Гипсовая.

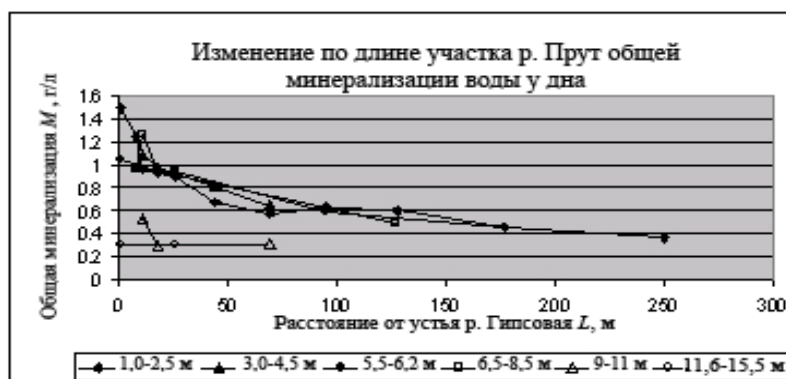


Рис. 6. Изменение общей минерализации воды у дна по длине р. Прут от устья р. Гипсовая.

Анализ этих графиков показывает, что по мере удаления от места впадения р. Гипсовая ширина зоны смешения донных и поверхностных вод сужается. Наибольшая величина удаленности от устья достигает более 250 м и проявляется для диапазона расстояний 1 – 2,5 м от берега. Это наблюдается как для минерализации поверхностной воды (рис.5), так и у дна (рис.6). В целом, выявляется следующая закономерность – с увеличением расстояния от устья р. Гипсовая вниз по течению уменьшается ширина зоны полного смешения вод разной минерализации, т.е. расстояние от устья вниз по течению до места полного смешения донных и поверхностных вод обратно пропорционально расстоянию от берега.

График связи между расстоянием до створа полного смешения поверхностных и придонных вод р. Прут (рис.7) и удаленностью от берега, по измеренным данным позволил установить линейную связь вида:

$$L_{см} = 282 - 19,7 X, \quad (1),$$

где: $L_{см}$ – расстояние от устья р. Гипсовая вниз по течению до места полного смешения вод, м,

X - расстояние от берега, м.



Рис. 7. Связь между протяженностью зоны смешения придонных и поверхностных вод и расстоянием от берега.

Согласно вышеприведенному соотношению, при $X = 0$, расстояние от устья р. Гипсовая до места полного смешения поверхностных и донных вод р. Прут составит 282 м.

Как отмечается в [4], изменение пиковых концентраций примеси по длине реки при мгновенном сбросе для диапазона $L/X \geq 80-100$, происходит в большинстве случаев в соответствии с выражением:

$$Sm \sim (L/X)^{-1/2} \quad (2),$$

где:

Sm - пиковая концентрация примеси (минерализации),
 L – продольная координата,
 X - поперечная координата.

Если для условий р. Прут, в качестве продольной координаты (L) принять расстояние от устья р. Гипсовая (равное 282 м), а в качестве поперечной координаты -среднее расстояние от левого берега у устья р. Гипсовая, равное 11 м (где происходит полное смешение придонных и поверхностных вод), то расчеты по формуле (2) дают значение Sm , равное примерно 0,21 г/л. Полученное значение примерно согласуется с измеренной нами величиной общей минерализации на расстоянии 250 от устья р. Гипсовая, которое равно 0,35 г/л. Это подтверждает соответствие закономерности трансформации концентрации общих солей, попадающих из р. Гипсовая в р. Прут, общим теоретическим и экспериментальным результатам [3-7].

Таким образом, для приближенной оценки максимального расстояния от места впадения р. Гипсовая в р. Прут, где происходит полное смешение придонных и поверхностных вод можно использовать полученное эмпирическое соотношение (1).

На основе графиков изменения общей минерализации воды вдоль р. Прут (на поверхности и у дна в пределах 1-5,6 м от берега), которые достаточно хорошо аппроксимируются функциями степенного вида, можно получить эмпирические соотношения (рис.8.) и (рис.9), для расчета минерализации в зависимости от расстояния до устья:

$$M = 1,80 L^{-0,29} \text{ для поверхностной воды,} \quad (3)$$

$$M = 1,80 L^{-0,25} \text{ для воды у дна} \quad (4)$$

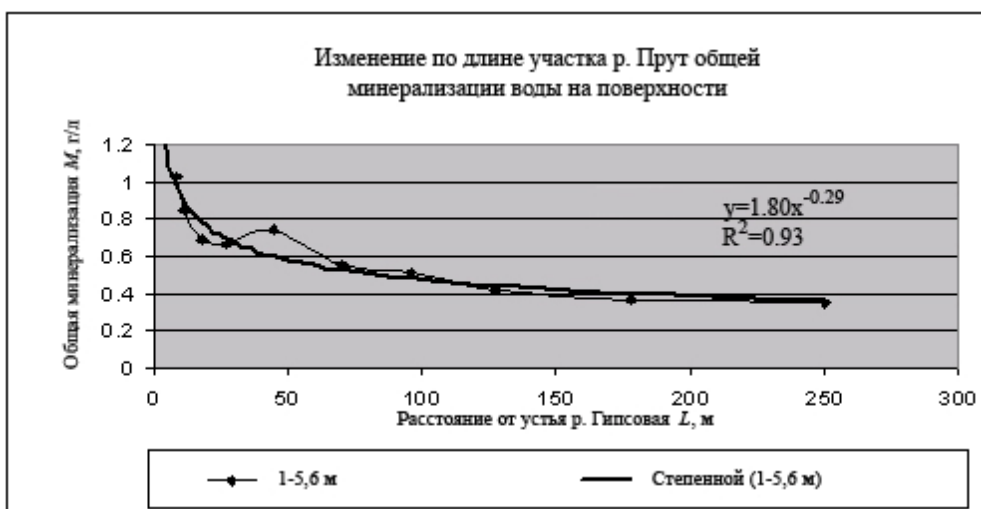


Рис. 8. Зависимость изменения общей минерализации поверхностной воды (M) р. Прут от расстояния до места впадения р. Гипсовая (X).

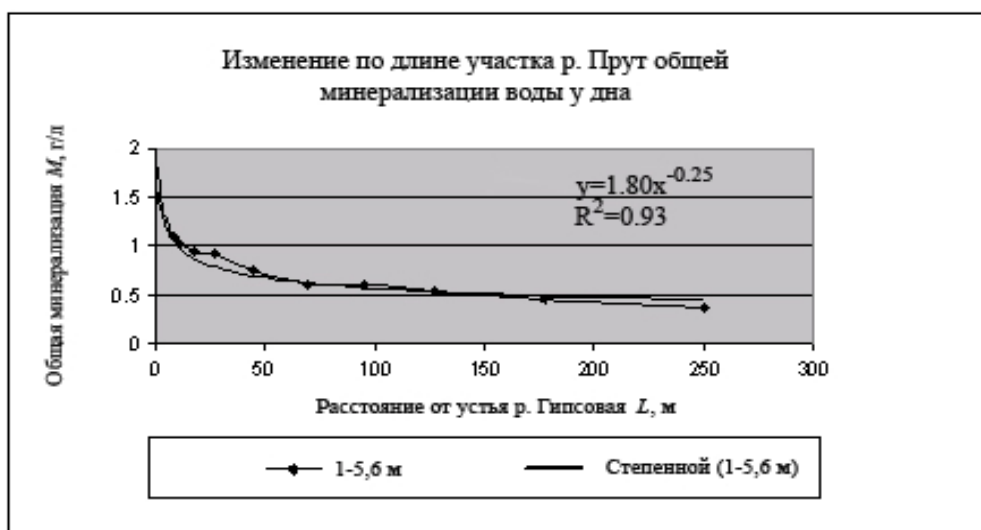


Рис. 9. Зависимость изменения общей минерализации воды у дна (M) р. Прут от расстояния до места впадения р. Гипсовая (X).

Для проверки соответствия характера распределения полученных нами данных о минерализации поверхностной и донной воды по длине р. Прут соотношению (2), были построены графики $M = a (L_{cm}/X)^{-1/2}$ (Рис.10-11). При расчете безразмерной величины L_{cm}/X , в качестве поперечной координаты X взяты значения расстояния от берега до места распространения минерализованной воды р. Гипсовая по ширине р. Прут в каждом выполненном поперечнике.

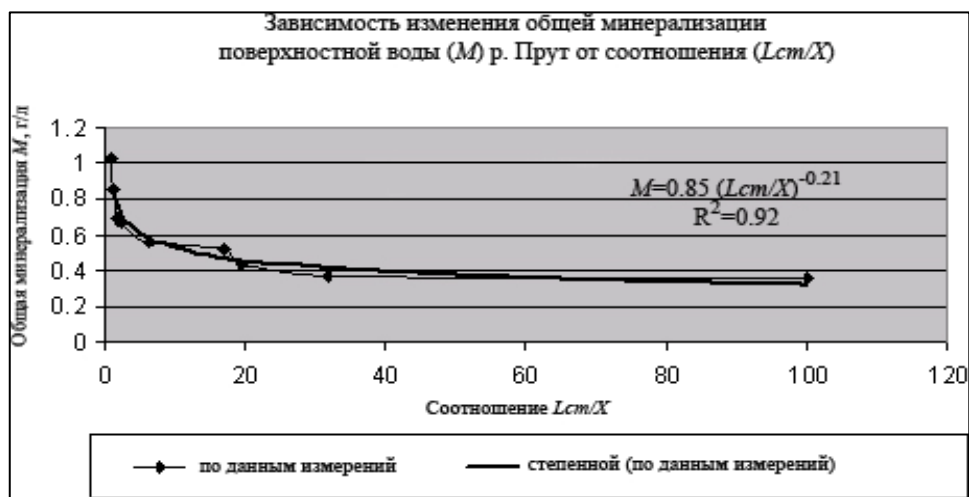


Рис. 10. Зависимость изменения общей минерализации поверхностной воды (M) р. Прут от соотношения (Lcm/X)

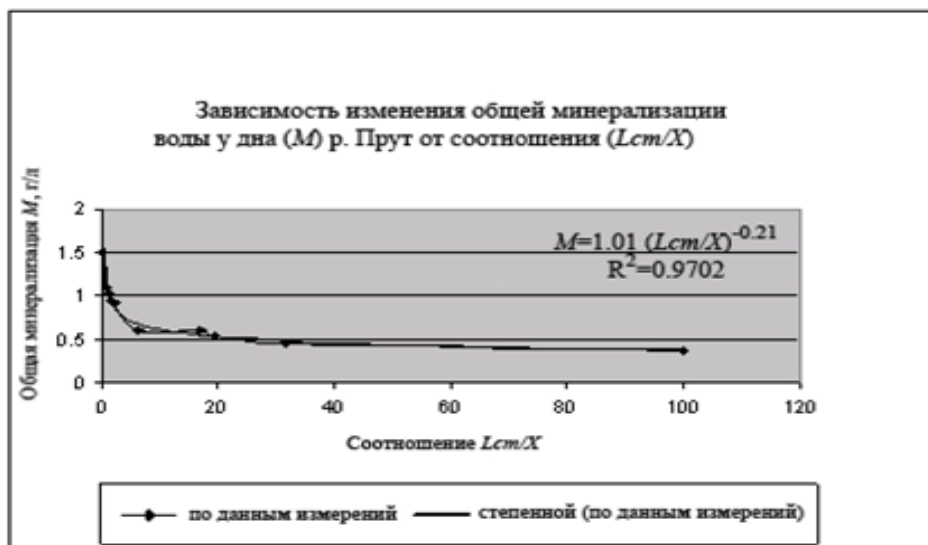


Рис. 11. Зависимость изменения общей минерализации воды у дна (M) р. Прут от соотношения (Lcm/X)

Как видно из анализа этих графиков, величина коэффициента пропорциональности a близка либо равна 1. В то же время значение степени в полученном нами уравнении составляет 0.21, что более чем в 2 раза меньше соответствующей величины в соотношении (2). Такое несоответствие можно объяснить тем, что выражение (2) получено для условий мгновенного сброса примесей в поток и распространения их по длине, в то время как приток минерализованной воды

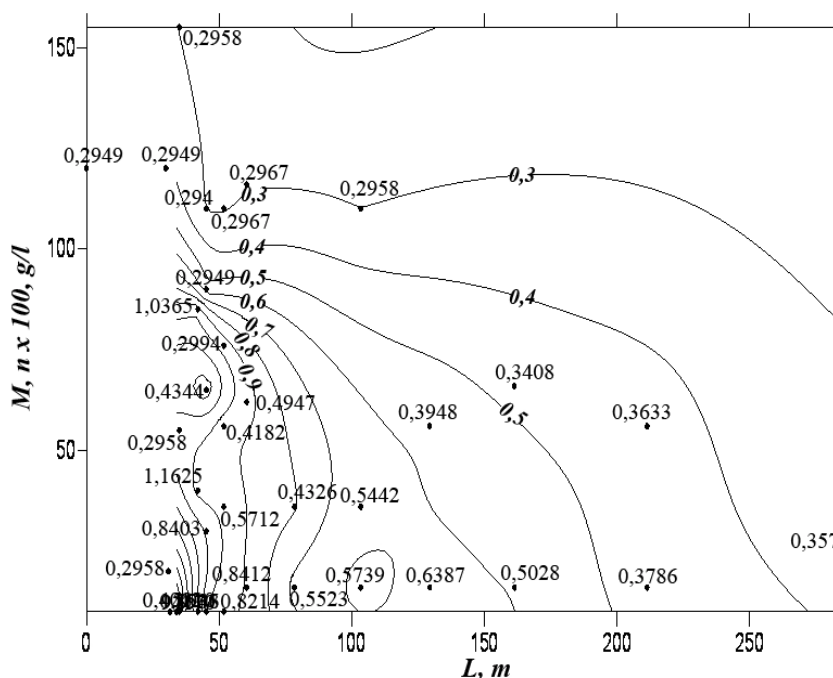


Рис. 13 Изменение по длине и ширине р. Прут общей минерализации воды у дна (M – минерализация воды, L – расстояние от устья р. Гипсовая вниз по течению).

По мере удаления от устья расстояние между изолиниями увеличивается, т.е. интенсивность перемешивания в этих зонах более высокая и процесс перемешивания происходит быстрее.

Выводы

Таким образом, выполненные исследования позволяют сделать следующие заключения:

- (a) при периодических сбросах минерализованных вод из гипсового карьера с. Крива по р. Гипсовая в р. Прут наблюдается дифференциация по глубине реки общей минерализации воды. Она связана, по нашему мнению, с погружением подземных вод при впадении в р. Прут на дно вследствие большей плотности воды и перемещением их вниз по течению до места полного смешения с поверхностными. Слой перемешивания формируется вдоль левого берега р. Прут ниже участка слияния и сохраняется примерно на расстоянии 250 м от места сброса. На протяжении указанного участка р. Прут происходит постепенное выравнивание минерализации поверхностной и придонной вод.
- (b) выявлен линейный характер зависимости между расстоянием от места сброса минерализованных подземных вод из карьера в р. Прут и удаленностью от берега. Приблизительно эта связь может быть аппроксимирована соотношением (1).
- (c) изменение минерализации по длине реки Прут ниже сброса как у поверхности воды, так и у дна характеризуется степенной зависимостью, и может быть

описано соотношениями (3)–(4). Отклонения от этих зависимостей вызваны влиянием локальных морфометрических и плановых особенностей реки.

(d) заниженные значения в показателях степени в полученных эмпирических уравнениях вида (2), (рис.10-11) относительно параметров некоторых аналогичных соотношений, полученных теоретически либо экспериментально, связаны с преобладанием турбулентной диффузии в процессах перемешивания минерализованных вод из карьера и р. Прут для $L/X \leq 80-100$, где L – продольная координата, X – поперечная координата.

Литература

1. Караушев А.В. Речная гидравлика. Л., Гидрометеиздат., 1969, 416 с.
2. Караушев А.В., Скакальский Б.Г., Шварцман А.Я. и др. Изучение и количественная оценка антропогенного влияния на качество поверхностных вод суши. В кн. «Некоторые вопросы современной и практической гидрологии». М., Изд-во МГУ, 1981. с.110-115
3. Роль рассолов в гидрохимическом режиме рек. - Академия Наук СССР. Сибирское отделение, Институт Земной Коры. – Новосибирск: Изд-во «Наука», 1987, 88 с.
4. Суходолов А.Н. Продольная дисперсия примесей в малых реках и ее количественная оценка (на примере малых рек Молдовы). Автореферат кандид. диссертации, 1993.
5. Шестаков В.М. К вопросу о смешении сточных вод в реках. Водоснабжение и санитарная техника. № 7, 1961.
6. Ву. I. Guymmer Longitudinal dispersion in sinuous channel with changes in shape. Journal of hydraulic engineering. January, 1998. pp. 33-40
7. A.N. Sukhodolov, V.I. Nikora, P.M. Rowinski, W. Czernuszenko A case study of longitudinal dispersion in small lowland rivers. Water Environment Research. Vol. 69, No. 7, Washington D.C. 20037, 1997.

УДК 666.9.022.3:681.3

Болотин О.А., Самохвалов Н.И.

Применение дезинтеграторной технологии для повышения качества сухих строительных смесей

Резюме

Рассмотрена возможность измельчения опытных партий сыпучих материалов с использованием современной дезинтеграторной техники. Определены физико-механические свойства исходных материалов. Проведены испытания технологических свойств продуктов измельчения. Выработана рекомендация по подбору основных технологических приемов (подготовка сырьевых компонентов, их дозирование и смешивание, обработка материалов при различных оборотах роторов).

Abstract

The possibility of granular raw material grinding with modern disintegration equipment has been studied in pilot experiment. Both physical and mechanical properties of initial raw have been estimated. Building performance has been evaluated for final products of the grinding process. As a result, certain technological recommendations have been developed (raw preparation, proportionment, mixing, material processing at different rotor velocities)

Rezumat

A fost analizata posibilitatea de utilizarea a aparatajului de dezintegrare pentru mărunțirea materialelor friabile. Au fost determinate proprietățile fizico-mecanice ale materiei prime inițiale. Au fost încercate caracteristicile tehnologice ale materialelor măcinate. Au fost elaborate recomandări tehnologice concrete (pregătirea materialelor prime, dozarea și amestecarea lor, tratamentul la diferite viteze de rotație).

Введение

Быстрый прогресс строительного материаловедения и строительной индустрии в условиях нарождающейся рыночной экономики и выход на передовые позиции (обеспечение конкурентоспособности) возможны только на базе современных наукоемких и высоких технологий, основанных на научных методиках проектирования и оптимизирования составов строительных смесей. Такие методики должны обеспечивать высокое качество продукции, ее экологическую безопасность, эффективное использование сырья, экономию энергии, возможности применения новых высокодисперсных добавок-наполнителей, улучшающих структуру материала и экономящих самый дорогой компонент строительных смесей – вяжущее (цемент) при одновременном улучшении эксплуатационных свойств. В то же время решение указанной проблемы встречает определенные трудности в связи с недостаточностью сведений по данной тематике, особенно вследствие появления новых научно-технических разработок в этой области и других объективных и субъективных факторов. При этом энергозатраты на получение материала, в связи с современной дороговизной энергоносителей, должны быть минимальными [1,2].

Цель проведения работ состоит в следующем:

- разработка высокоэффективной технологии получения сухих теплых строительных смесей с использованием современной дезинтеграторной техники [3].
- оптимизация режимных параметров для сокращения затрат на единицу продукции;
- получение сухих смесей для получения качественного пенобетона.

Важность задачи заключается в том, что облегченные теплые сухие строительные смеси отличаются от прочих строительных смесей, прежде всего, наполнителем. В качестве наполнителя используется мелкий керамзитовый песок, получаемый дроблением и просевом высокопрочного керамзита. Таким образом, смесь приобретает ряд уникальных качеств:

- Теплоизоляционные свойства раствора повышаются в несколько раз. Например, когда используется кладочный раствор на основе облегченных теплых сухих строительных смесей, то в результате шов получается теплее кирпичной кладки, а когда используется плиточный клей на этой основе для теплых полов, то сразу под плиткой образуется теплоизоляционный барьер, не дающий теплу уходить ниже (в поисках теплоизоляции);
- Вес одинакового объема сухой смеси приблизительно в 1,5 раза меньше веса аналогичных сухих смесей с наполнителем в виде кварцевого песка. Таким образом, становится понятно, почему мешок с теплыми сухими смесями весит 17кг по сравнению с 25кг-мешком смеси на основе кварцевого наполнителя. Следовательно, транспортировка подобного материала, а также работа с ним становятся легче и удобнее;
- Сцепляемость (адгезия) и износостойкость готовой поверхности увеличивается. За счет развитой структуры песчинки керамзитового песка лучше кварцевого армируют раствор [4].

Сухие смеси идеально подходят для применения там, где требуется повышение теплоизоляционных свойств конструкций. Подготовка и применение теплых облегченных сухих строительных смесей не требуют никаких особенных действий - для полной готовности к применению достаточно развести смесь водой до нужной консистенции.

Одним из важнейших свойств новых материалов является абсолютная негорючесть готовой поверхности. Этот параметр значительно расширяет возможность применения сухих смесей на объектах, где предъявляются особые требования в части пожарной безопасности (в частности, на высотных объектах). Высокая паропроницаемость и минимальное значение параметра водопоглощения обеспечивают долговечность готовой поверхности. Прочностные характеристики материала более совершенны по сравнению с подобными составами на основе известных смесей.

Вышеуказанные и другие свойства описанных сухих смесей упрощают устранение основных проблем, связанных со строительством и реконструкцией зданий и сооружений. Материалы выручают и в тех случаях, когда необходимо выровнять поверхность с минимальной нагрузкой (старый жилой фонд, реставрационные работы), поскольку имеют низкий удельный вес, что снижает нагрузку на стены и пол. Благодаря возможности нанесения толстым слоем, можно выровнять полы с большим количеством проложенных коммуникаций (кабели, трубопровод).

Материалы и методы

При выполнении работы были использованы следующие инструменты:

- опытно промышленный дезинтегратор DESI-16, предназначенный для отработки технологии измельчения и активации порошковых и гранулированных неорганических материалов с твердостью по шкале Мооса не выше 6 единиц, а также обработки жидких текучих смесей. Оборудование для оптимизации режимных параметров снабжено инвертором для частотного регулирования одного из роторов. Последовательность загрузки материалов осуществлялась в следующем порядке при закрытой заслонке загрузочного бункера: керамзит, золо-шлаковая смесь, пыль-унос, цемент. Пошаговая разгрузка в дезинтегратор компонентов для измельчения производилась только после полного набора оборотов дезинтегратора;
- бегуны для предварительного измельчения материалов;

Результаты и обсуждение

Ниже приведены физико-химические свойства исходных материалов, которые были использованы для получения сухих строительных смесей:

керамзитовый песок фракция 0–1мм

- насыпная плотность - 730 кг/м³;
- влажность - 18,0%;
- прочность на сжатие в цилиндре - 4,91 кгс/см².

керамзитовый песок фракция 0-5 мм

- насыпная плотность – 525 кг/м³;
- влажность - 0,11%;
- прочность на сжатие в цилиндре- 2,85 кгс/см².

пыль – унос циклонов системы аспирации вращающихся печей

- насыпная плотность– 1035 кг/м³;
- влажность - 0,0%;
- гранулометрический состав: на сите 008 мм – 73%, менее 008 мм – 27%.

золо-шлаковая смесь

- насыпная плотность– 780 кг/м³;
- влажность- 21,0%;
- гранулометрический состав: на сите 008 мм – 88%, менее 008 мм – 12%.

цемент М 400

- срок схватывания: начало 2 часа 20 минут, окончание 3 часа 25 минут;
- нормальная густота цементного теста – 28%.

В ходе работы была измельчена опытная партия сыпучих материалов с применением современной дезинтеграторной техники дезинтегратора DESI - 16 (производства Эстония), оснащенной инвертором для регулирования энергии и активации. Параметры измельченных материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Физико-механические свойства продуктов измельчения

Наименование показателей	Единица измерения	Проба 0-1	Проба 0-5	Проба 0-5А
Насыпная плотность	кг/м ³	960	1004	1014
Влажность	%	2,0	1,3	0,8
Остатки на сите 008 мм	%	53,0	44,0	54,0
Сопrotивление на изгиб	кгс/см ²	16,7	22,8	32,3
Сопrotивление сжатию	кгс/см ²	28,97	42,85	56,58

Примечание:

Измельчение материалов для пробы 0-1 производилось при равных оборотах левой и правой части корзин дезинтегратора (3000 об./мин);

Измельчение материалов для пробы 0-5 производилось при равных оборотах левой и правой части корзин дезинтегратора (3000 об./мин);

Измельчение материалов для пробы 0-5А производилось при разных оборотах левой и правой части корзин дезинтегратора (3000 об./мин. и 4320 об./мин соответственно).

Наблюдения, которые производились при измельчении, показали неэффективность использования влажных компонентов (керамзитовый песок фракции 0-1 мм и золо-шлаковой смеси). Из таблицы видно, что это приводит к снижению таких показателей, как сопротивление на изгиб и сопротивление сжатию. Соответственно, в дальнейшем этот факт может отрицательно сказаться на качестве продуктов измельчения.

Основные параметры, полученные в результате технологических испытаний готовых изделий (имеющих форму кубиков размером 100x100x100 мм) представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты технологических испытаний готовых изделий

Определяемый Показатель	Норма	Проба №1	Проба № 5
Время схватывания	—	23 часа	40 минут
Прочность	0,2 МПа	0,12 МПа	3,7 МПа
Гранулометрический состав (сито 02)	—	42%	48%
Водопоглощение	93%	94%	95%
Адгезия за 7 дней	0,2 МПа	0,04 МПа	0,15 МПа

Примечание: испытания проводились при следующих условиях:

температура окружающего воздуха — 20 °С;

влажность— 65%.

Из таблицы 2 видно, что активность наполнителей весьма значительна (судя по нарастанию пластической прочности) в смесях с портландцементом для пробы № 5 (в которой были использованы керамзитовый песок влажностью < 18% и золошлаковая смесь влажностью < 20%).

Выводы

1. Измельчение клинкерных материалов рекомендуется производить при равных оборотах наружного и внутреннего роторов дезинтегратора.
2. Оптимальный порядок загрузки материалов для измельчения представляет собой следующий ряд: керамзит, золошлаковая смесь, пыль-унос, портландцемент.
3. Активность наполнителей в сухих смесях с цементом возрастает с уменьшением влажности исходных компонентов.

Литература

1. Высокопрочный бетон на основе элементов нанотехнологии по методу золь-гель / Комохов П.Г., Сватовская Л.Б., Соловьёва В.Я., Сычева А.М./ Достижения, проблемы и перспективные направления развития теории и практики строительного материаловедения. Десятые Академические чтения РААСН /Изд-во Казанского государственного архитектурно-строительного университета.-Казань, 2006- С.8-9.
2. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества, М.: Стройиздат.1986. С.503.
3. Хинт И.А. УДА-ТЕХНОЛОГИЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ, Таллин, 1981.