

**ИОННЫЙ СОСТАВ И ЖЕСТКОСТЬ ВОД СРЕДНЕГО ДНЕСТРА**

**Нелли ГОРЯЧЕВА, Виорика ГЛАДКИЙ\*, Елена БУНДУКИ\*,  
Руслан БОРОДАЕВ\*, Игорь МАРДАРЬ\***

*Научно-исследовательский центр прикладной и экологической химии*

*\*Кафедра индустриальной и экологической химии*

Completerea bazei de date privind legitățile de formare a compoziției chimice a apelor Nistrului, în condițiile reglării cursului râului, va permite a stabili tendința schimbărilor ce se pot produce în compoziția chimică atât pentru o durată de timp mai îndelungată (pentru mai mulți ani), cât și pe lungimea râului.

În prezenta lucrare sunt analizate rezultatele cercetărilor privind compoziția ionică și mineralizarea pe sectorul râului, cu lungimea de 310 km, cuprins între partea de jos a barajului de la Novodnestrovsk și barajul de la Dubăsari. Rezultatele obținute indică la faptul că în anii 2005-2006 rolul determinant în formarea calității compoziției ionice a apelor nistrene revine deversărilor din rezervorul tampon.

The accumulation of data about the formation of chemical composition of waters of the Dniester River the conditions of full regulation of water flow will allow the identification of trends of change both in timely based and spatial aspects.

The results of the investigation presented in this paper include the description of the ion content of the mineralization of waters on the 319 km river segment located between the lower part of the buffer water basin at Naslavcea and Dubassari barrage. The obtained data allow us to draw the conclusion that between 2005 and 2006 the most important factor determining the formation of the ion content of the Dniester waters constituted the discharge of waters from the Buffer reservoir.

Ввод в эксплуатацию Днестровского гидроузла на Украине повлиял на естественные процессы формирования химического состава вод Днестра на молдавском его участке. Усилилась роль антропогенной составляющей – искусственного регулирования стока, обусловившей существенные изменения режима расходов и уровней реки в многолетнем, сезонном и суточном аспектах. Поступающие в нижний бьеф аккумулированные водные массы отличаются от речных вод тем, что они более длительное время находятся во взаимодействии с породами и в большей степени подвергаются испарению, что, безусловно, вносит коррективы в их химический состав. Особенности режима сбросных вод Днестровского водохранилища и значительные колебания уровней на протяжении года обуславливают процессы заиления и переформирования берегов и дна, что также может оказывать влияние на процессы химического выщелачивания и на гидрохимический режим реки ниже плотины буферного водоема. В связи с этим изучение влияния Днестровского гидроузла на формирование химического состава вод Днестра в сезонном и пространственном аспектах имеет для Республики Молдова научное и практическое значение.

Исследование внутригодовой изменчивости минерального состава и жесткости днестровских вод проводилось на молдавском участке реки, общей протяженностью 310 км, от плотины буферного водоема в Наславче до Дубоссар. Оно охватывало годовой цикл наблюдений за участком реки, с августа 2005 по сентябрь 2006 года.

Пробы воды отбирались ежемесячно с поверхностного горизонта, 0,5-0,6 м в шести постоянных створах реки, расположенных следующим образом: 1-Наславча (200 м от плотины буферного водохранилища); 2 - с. Мерешеука (18 км ниже плотины); 3 - с. Косэуць (87 км от створа 1); 4 - с. Бошерница (145 км от створа 1); 5 - Дубоссары (выше плотины); 6- Дубоссары - 100 м ниже плотины (310 км от створа 1).

Створы, расположенные на участке от Наславчи до Косэуць включительно, характеризовали состояние днестровских вод в русловом потоке, створы 4-5-6 находились на акватории Дубоссарского водохранилища.

Общую жесткость и минерализацию речных вод, содержание главных ионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+\text{+K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) определяли по общепринятым в гидрохимии методикам [1]. За период исследований выполнено 8 гидрохимических съемок.

**Результаты исследований**

Анализ полученных в 2005-2006 гг. данных показал, что основным фактором формирования минерализации, ионного состава и жесткости днестровских вод ниже плотины буферного водоема являлся водный сток, поступающий из Днестровского водохранилища.

В исследуемый период в Наславчу приходили воды неустойчивого ионного состава с минерализацией 257-417 мг/л и жесткостью 3,5-4,8 мг-экв/л. По доминирующему аниону и катиону (в эквивалентах) они относились к гидрокарбонатному или гидрокарбонатно-сульфатному классу группы кальция либо магния. Соотношение между ионами в эквивалентах чаще всего определялось уравнением:

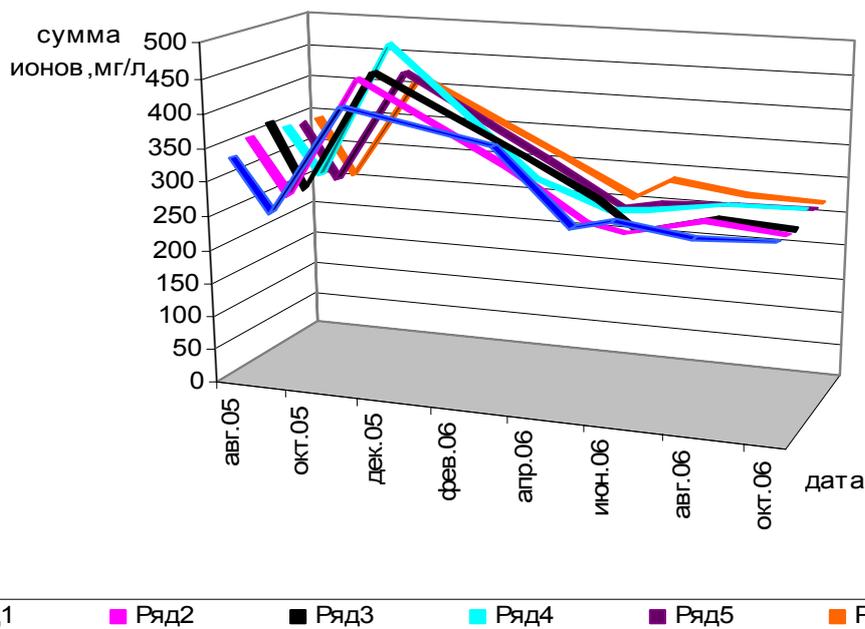


что указывало на вероятность примеси более минерализованных вод или водных масс, подвергшихся ионному обмену  $\text{Na}^+$  на  $\text{Ca}^{2+}$  или  $\text{Mg}^{2+}$ .

Относительное содержание ионов в створе Наславча варьировало на протяжении года в следующих пределах:  $\text{Ca}^{2+}$  – 20,7-37,8%-экв;  $\text{Mg}^{2+}$  – 7,9-31,2; ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ) – 0,2-14,9;  $\text{HCO}_3^-$  – 19,8-30,5;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 10,1-19,8;  $\text{Cl}^-$  – 8,8-13,6%-экв. Величины общей жесткости и pH речных вод в створе Наславча изменялись, соответственно, в пределах 3,6-4,8 и 7,4 -8,2.

Приходящие из Днестровского водохранилища водные массы определяли затем формирование химического состава, жесткости и гидрохимического типа речных вод на участке Днестра до Дубоссар (рис.1-3).

По мере продвижения к Дубоссарам общее содержание в воде главных ионов не претерпевало существенных изменений, отклоняясь до 17% в сторону увеличения или уменьшения. Изменения в общее содержание минеральных ионов вносил поступающий с водосборной площади местный сток. Снижение минерализации относительно величин, наблюдаемых в с.Наславча, отмечалось весной во время таяния снега на водосборе и летом при выпадении ливневых дождей (рис.1) .



**Рис.1.** Внутригодовая и пространственная динамика минерализации вод Днестра на участке с.Наславча-Дубоссары. Обозначения рядов: 1 – с.Наславча; 2 – с.Мерешеука; 3 – с.Косэуць; 4 –Бошерница; 5 - Дубоссары, выше плотины; 6 – Дубоссары, 100 м ниже плотины.

В сезонном аспекте и годовом взаимосвязь ионного состава и минерализации днестровских вод от водности реки установить не представлялось возможным из-за недоступности для нас гидрологических данных, находящихся в ведении Украины. Вместе с тем можно отметить, что максимальные значения  $\Sigma$  И наблюдались поздней осенью (24.11.05), когда по данным Молдавской гидрометеослужбы [2] проходил сбросной режим на Днестровском водохранилище и установились низкие уровни на реке, а также ранней весной (28.03.06) в начале весеннего половодья и разрушения ледяного покрова реки.

Небольшое, но планомерное увеличение минерализации речных вод отмечено от с.Наславча до с.Бошерница и снижение – в пределах глубоководной части Дубоссарского водохранилища, т.е. в створах выше плотины и в 100 м ниже плотины в г.Дубоссары (табл.1). Общая жесткость днестровских вод по длине исследуемого участка изменялась от 3,5 до 4,8 мг-экв/л, максимальные величины соответствовали наибольшей минерализации вод. Средние значения показателя на участке Наславча-Бошерница составляли 3,9-4,0 мг-экв/л, в приплотинном участке Дубоссарского водохранилища и в нижнем бьефе – 3,8 мг-экв/л.

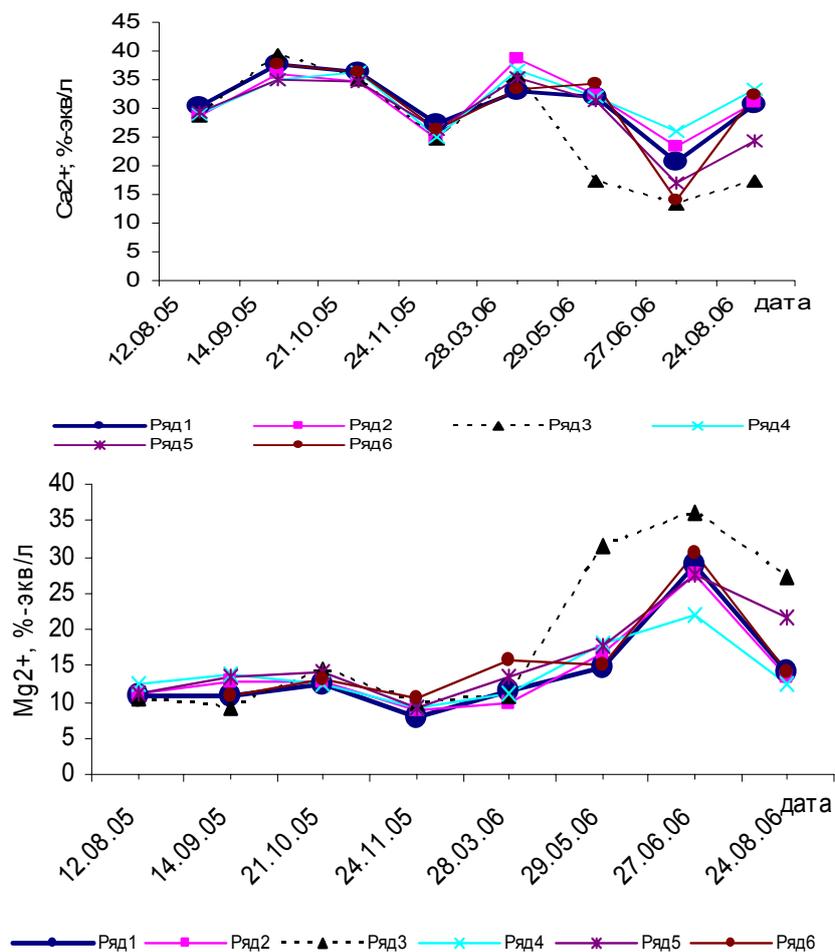
Таблица 1

**Ионный состав, минерализация и жесткость днестровских вод в 2005-2006 гг.**  
(в числителе – средние значения за период, в знаменателе – пределы колебания показателей)

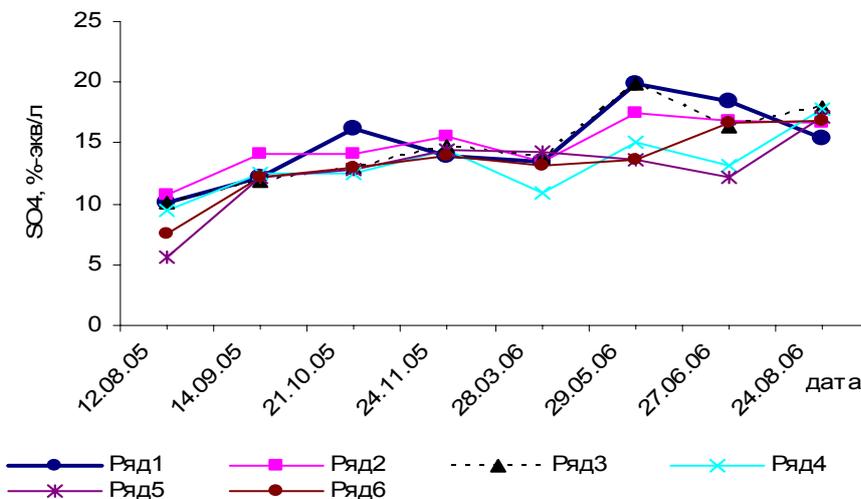
Створ	Ca <sup>2+</sup> мг/л	Mg <sup>2+</sup> мг/л	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> мг/л	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> мг/л	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> мг/л	Cl <sup>-</sup> мг/л	$\Sigma$ И мг/л	Общ. жест- кость, мг-экв/л
Наславча	<u>52,2±4,3</u> 30-70	<u>16,5±2,7</u> 9,3-30,4	<u>11±4,5</u> 0,5-42,5	<u>129,8±10,8</u> 95-189	<u>63,9±5,3</u> 45-76,8	<u>33,6±2,4</u> 29,4-52,5	<u>307±19</u> 257-417	<u>4±0,1</u> 3,5-4,8
Мерешеука	<u>54,5±3,9</u> 34-74	<u>14,5±1,5</u> 11,8-24,3	<u>12,3±6</u> 1,5-50	<u>136,4±12</u> 111-201,3	<u>62,4±4,6</u> 50-91	<u>31,4±1,5</u> 26,2-39	<u>311,5±23</u> 256-448	<u>3,9±0,12</u> 3,6-4,6
Косэуць	<u>47,4±6,6</u> 20-70	<u>19,3±3,5</u> 8,5-33	<u>12,6±5,8</u> 1-47	<u>138±13,7</u> 107-207	<u>62,6±5,4</u> 43-86	<u>32,5±2</u> 27-45	<u>312,4±22</u> 247-448	<u>4±0,12</u> 3,6-4,6
Бошерница	<u>55,8±3</u> 40-66	<u>14,1±1,2</u> 11,6-21	<u>13,4±6,8</u> 2,5-52	<u>147,6±14,9</u> 110-220	<u>55,8±6,6</u> 43-91	<u>32±1,1</u> 28,4-37	<u>318,7±29</u> 264-480	<u>4±0,1</u> 3,7-4,5
Дубоссары, выше плотины	<u>49,8±4,4</u> 26-63	<u>16±1,9</u> 11,6-25,5	<u>11,5±5</u> 1,2-42	<u>137,8±12</u> 110-195	<u>53,1±5,3</u> 33,6-82	<u>31,5±1,1</u> 27,6-37	<u>299,7±21</u> 252-430	<u>3,8±0,12</u> 3,4-4,4
Дубоссары, ниже плотины	<u>50,9±4,7</u> 24-60	<u>16,2±2,7</u> 10-31,6	<u>8,9±7</u> 1,2-37,5	<u>130,3±11</u> 110-195	<u>57,2±4,7</u> 42-76,8	<u>30,8±1</u> 27,6-35,5	<u>294,3±21</u> 254-416	<u>3,8±0,11</u> 3,6-4,4

Тенденция изменения относительного содержания главных ионов в каждом из створов в общих чертах повторяла их годовую динамику, характерную для створа Наславча. Исключения наблюдались в створе Косэуць для ионов кальция и магния в мае 2006 г., где количество ионов кальция в эквивалентах в этот период резко снижалось, что сопровождалось увеличением концентраций ионов магния. На протяжении остальных летних месяцев 2006 г. содержание кальция в водах реки в створе Косэуць оставалось самым низким, а содержание магния – самым высоким (рис.2-3).

Изменения в содержании анионов на изучаемом участке реки повторяли их внутригодовую динамику в исходном створе. Вместе с тем, в Наславче относительные количества сульфатов были наибольшими осенью и летом, хлоридов – весной и в конце лета.



**Рис.2.** Динамика относительного содержания катионов в водах Днестра  
 Обозначения рядов: 1 – Наславча; 2 – Мерешеука; 3 – Косэуць; 4 – Бошерница;  
 5 – Дубоссары, выше плотины; 6 – Дубоссары, ниже плотины.



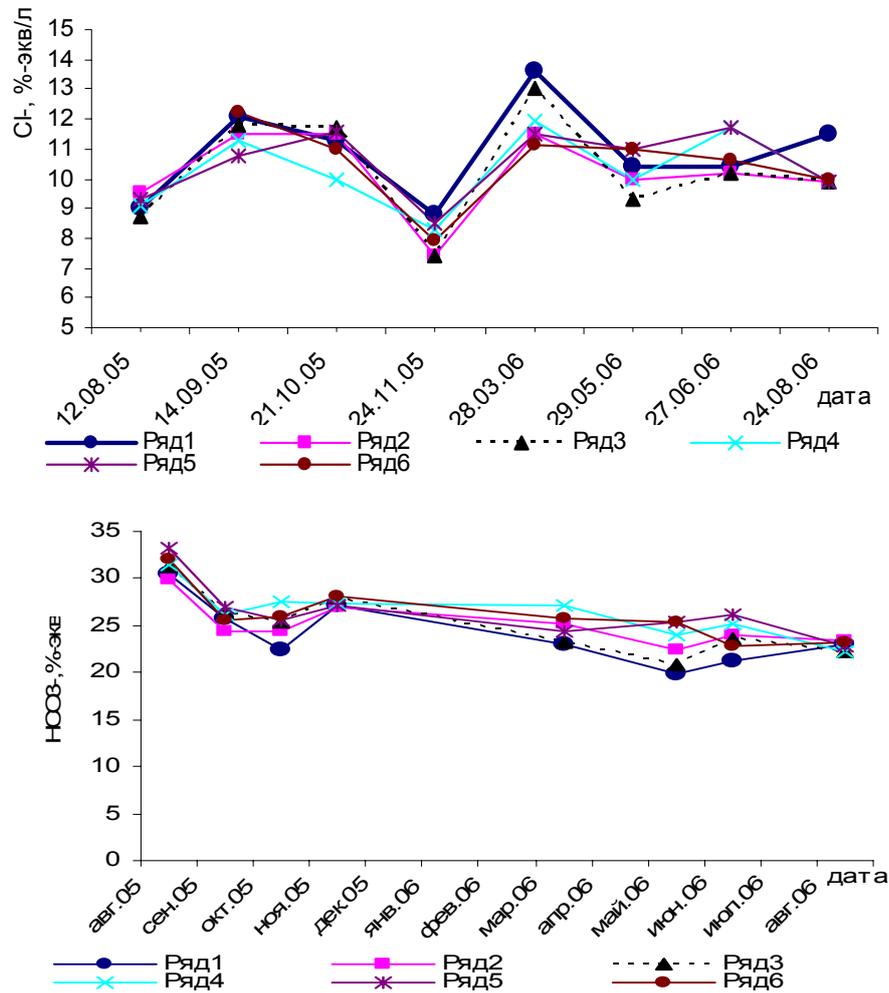


Рис.3. Динамика относительного содержания анионов в водах Днестра.  
Обозначения те же, что и на рис.2.

Выявлена тесная корреляционная зависимость между минерализацией в Наславче и минерализацией днестровских вод в каждом из изученных створов, а также между некоторыми створами (табл. 2).

Таблица 2

**Корреляция между минерализацией днестровских вод по створам реки**

Створы	Вид уравнений связи	Коэффициент корреляции, r
Наславча-Мерешеука	$0,872 \cdot X + 31,525; X = \Sigma I_{\text{Насл}}$	0,78
Наславча-Косэуць	$0,7905 \cdot X + 64,725; X = \Sigma I_{\text{Насл}}$	0,92
Наславча-Бошерница	$0,651 \cdot X + 109,6; X = \Sigma I_{\text{Насл}}$	0,82
Наславча-Дубоссары, выше плотины	$0,958 \cdot X + 1,343; X = \Sigma I_{\text{Насл}}$	0,91
Мерешеука-Косэуць	$0,9607 \cdot X + 21,0; X = \Sigma I_{\text{Мереш}}$	0,93
Косэуць-Бошерница	$0,982 \cdot X + 8,55; X = \Sigma I_{\text{Кос}}$	0,94
Бошерница-Дубоссары, ниже плотины	$0,806 \cdot X + 49,72; X = \Sigma I_{\text{Бошер}}$	0,98

Таким образом, приходящие из буферного водохранилища водные массы в значительной мере определяют минерализацию, жесткость и ионный состав днестровских вод ниже плотины и на всем последующем участке реки.

**Литература:**

1. Руководство по химическому анализу вод суши. - Ленинград: Гидрометеоздат, 1977. - 541с.
2. Гидрологический прогноз. - [www.meteo.md](http://www.meteo.md)

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Институционального проекта 06.411.40А и проекта MOG-1-3055-CS-03 Программы BGP-III, финансируемого фондом CRDF (SUA) и ассоциацией MRDA.*

*Prezentat la 20.02.2007*