

ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СТОКА р. РЕУТ В УСЛОВИЯХ 2009 ГОДА

**Нелли ГОРЯЧЕВА, Виорика ГЛАДКИЙ, Георге ДУКА, Елена БУНДУКИ,
Руслан БОРОДАЕВ, Ольга ШУРЫГИНА**

Научно-исследовательский центр прикладной и экологической химии

În această lucrare sunt prezentate rezultatele preliminare ale investigației rolului celui mai mare afluent al Nistrului în formarea calității apelor principalului curs de apă, bazate pe materialele cercetărilor de pe teren, la căderea râului Răut în Nistru, efectuate în 2009. Se discută despre starea resurselor acvatice ale Răutului și se aduc calculele privind pătrunderea substanțelor chimice în apele Nistrului, cu apele afluentului.

The paper presents the preliminary results of studying the role of the largest inflow of the Dniester in the formation of the water quality of the main watercourse, based on field research in closing of the alignment of the Reut in 2009. Are discussed the state of water resources Reut, presents the calculations removal of chemicals in the Dniester with the waters of the inflow.

Реут является самым крупным притоком Днестра, его протяженность – 286 км, водосборная площадь занимает 10,8% от общей площади бассейна Днестра. Весь объем его водного тока формируется в пределах территории Молдовы, бассейн полностью расположен в ее границах, составляя 40,42% от водосборной площади главной реки на территории республики [1]. На формирование водного и химического стока Реута оказывают влияние климатические и географические особенности бассейна, наличие карстовых зон, поступление вод боковых притоков, имеющих различный солевой состав и общую жесткость. В силу этих причин от истока к устью химический состав вод Реута претерпевает изменения [2]. Река вносит в Днестр водные массы, существенно отличающиеся по составу от вод главной водной магистрали, поэтому при оценке ее влияния на Днестр необходимо ориентироваться на химический состав вод притока в устьевом, замыкающем створе.

Материал и методы. Объектом исследования являлась р. Реут в постоянном створе, расположенном ниже с. Устье, перед мостом автотрассы Кишинев - Голерканы (40 м), в 700 м от впадения в Днестр.

Отбор проб воды производился с поверхностного горизонта в пластиковые канистры. При отборе проб проводились определения температуры воды, растворенного кислорода и рН полевыми приборами фирм Hanna, WTW, МАРК-201 (Россия). Одновременно выполнялись гидрометрические работы – промеры поперечного профиля русла, замеры скоростей течения на 2-3 промерных вертикалях.

В лабораторных условиях определялись: главные солеобразующие ионы, общая жесткость, общая минерализация [3], содержание минеральных форм азота и фосфора, бихроматная окисляемость [4], содержание Fe (II) и Cu (II) [5], биохимическое потребление кислорода на установке ОхуТор (WTW).

По результатам гидрометрических промеров определялись площади водного сечения и рассчитывались расходы воды реки.

Для выявления сезонных изменений состава речных вод гидрохимические съемки производились в феврале, апреле, мае, июне, июле и октябре 2009 г.

Результаты и обсуждение. Исследования показали, что в устье Реута в 2009г. образовывались жесткие, щелочные воды с повышенной минерализацией устойчивого гидрокарбонатно-магниевого состава второго типа. Лишь в период наименьшей водности в июне по соотношению катионов и анионов они относились к третьему типу по Алекину О.А.[6]. Водородный показатель вод внутри года изменялся в узком интервале: от 8,3 зимой до 8,64 в маловодный период летом.

Значение общей жесткости варьировало в диапазоне 10,7-11,8 ммоль/м³, максимальное отмечено зимой, минимальное – в летнюю межень.

Относительные количества доминирующего аниона (НСО₃⁻) и превалирующего катиона (Mg²⁺) были выражены не резко, составляя в среднем, соответственно, 27,8 и 27,0 %- экв/дм³. Амплитуда колебания общей минерализации вод на протяжении года была относительно небольшой, в пределах 875 -1082 мг/дм³, годовое значение ΣИ равнялось 1008,7 мг/дм³ (табл.1).

Таблица 1

Динамика ионного состава и минерализации вод р. Реут в 2009 г.

Дата	Расход воды Q, м ³ /с	T ⁰ С	рН	Общ. жесткость, ммоль/дм ³	Главные ионы: мг/дм ³ %-экв/дм ³						Минерализация, мг/дм ³ , индекс
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	
27.02. 09.	10,74	6	8,3	11,8	90 15,4	88,8 25	67,2 9,6	524,6 29,4	177,6 12,7	81,5 7,9	1029,7 C ^{Mg} _{II}
21.04.09.	Подтопление	16,6	8,59	11,4	80 14	90 26	71,2 10	481,9 27,7	175,2 12,8	95,7 9,5	994 C ^{Mg} _{II}
19.05. 09.	5,8	21,9	8,62	11,6	76 13	94,8 26,7	75 10,3	494,1 27,7	182,4 13	95,7 9,3	1018,3 C ^{Mg} _{II}
23.06. 09.	3,02	26,2	8,64	10,7	52 10,1	98,5 31,4	55 8,5	402,6 25,6	168 13,6	99,3 10,8	875,4 C ^{Mg} _{III}
14.07. 09.	6,13	22	8,45	11,1	66 10,9	94,8 25,8	96 13,3	512,4 27,8	177,6 12,3	106,4 9,9	1053,2 C ^{Mg} _{II}
09.10. 09.	10,2	16,3	8,41	11,5	62 10	102,1 27,2	94,8 12,8	546 29	177,6 12	99,3 9	1081,8 C ^{Mg} _{II}
Среднее за год	7,43	18,17	8,5	11,35	71 12,23	94,83 27,02	76,53 10,75	493,6 27,87	176,4 12,73	96,32 9,4	1008,73 C^{Mg}_{II}

Отмечена тесная взаимосвязь содержания гидрокарбонатов и сульфатов с суммарным содержанием ионов (Σ И):

$$\text{HCO}_3^- = 0,68 \cdot \Sigma \text{И} - 192,6; r = 0,98;$$

$$\text{SO}_4^{2-} = 0,052 \cdot \Sigma \text{И} + 123,45; r = 0,8.$$

В апреле, в результате сбросов из Днестровского водохранилища, уровень в Днестре поднялся, подтопив устьевой участок Реута, что обусловило уменьшение суммарного содержания солеобразующих ионов. Более заметное снижение минерализации вод Реута происходило в меженный период, в июне, при наименьшей водности реки. Можно предположить, что это было связано с переходом реки на питание грунтовыми водами, имеющими меньшую минерализацию из-за близости створа к руслу Днестра и возможного влияния инфильтрационных процессов.

В целом, в 2009 г. взаимосвязь водного и химического режимов устьевое участка Реута носила не типичный для речных систем характер, она была прямой, а не обратной: внутригодовая динамика минерализации повторяла динамику водности реки (рис.1). Минимальное суммарное содержание ионов – 875,4 мг/дм³, отмечено в июне в период межени при наименьшем зафиксированном расходе воды – 3,02 м³/с, максимальное – зимой и осенью: 1029,7 и 1081,8 мг/дм³ при расходах, соответственно, 10,2 и 10,74 м³/с. Зависимость минерализации (ΣИ мг/дм³) от расходов воды (Qм³/с) для условий 2009 г. соответствовала уравнению параболы с коэффициентом регрессии 0,9:

$$\Sigma\text{И}_{(875-1081)} = 120,41 \cdot Q - 7,11 \cdot Q^2 + 573,85; R=0,9$$

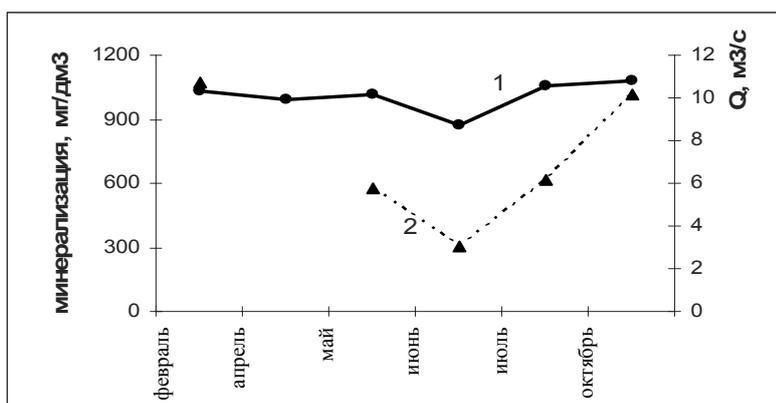


Рис.1. Внутригодовой ход минерализации (1) и расходов воды р Реут (2) в замыкающем створе в 2009 г.

Полученные результаты по определению расходов воды в Реуте во время гидрохимических съёмок вполне согласуются с материалами ежемесячных наблюдений Hidrometeo о выпадении осадков в 2009 г. По данным Serviciul Hidrometeorologic de Stat в феврале в регионе исследований удерживалась погода теплее обычной с осадками, сумма которых составляла 90-175% нормы. В апреле, в результате сбросов из Днестровского водохранилища, уровень в Днестре поднялся, подтопив устьевые участки притоков. В мае, июне, июле на фоне теплой или жаркой погоды наблюдался недобор осадков, т.е. их сумма была меньше нормы. В октябре отмечалась теплая погода с осадкам [7].

В 2009 г. в водах устья Реута постоянно присутствовали биогенные элементы, органические вещества, металлы. Концентрации аммонийного азота изменялись на протяжении исследуемого периода от 0,01 до 1,91 мг/дм³ N-NH₄⁺; нитратного – от 0,5 до 16,1 мг/дм³ N-NO₃⁻; нитритного азота – в пределах 0,005-0,040 мг/дм³ N-NO₂⁻. Наибольшее загрязнение аммонийными ионами наблюдалось в мае, нитратами – зимой и весной, нитритами – зимой и осенью (табл.2).

В устье Реута на протяжении всего периода исследований наблюдался высокий уровень загрязненности вод фосфатами, годовая концентрация которых составляла 1,57 мг/дм³. Количество фосфатов изменялось от минимального 0,43 мг/дм³ в зимний период до максимального 4,42 мг/дм³ в июле.

Таблица 2

Содержание биогенных элементов в устье р. Реут в 2009 г., мг/дм³

Дата	NH ₄ ⁺	N-NH ₄ ⁺	NH ₃	NO ₂ ⁻	N-NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	N-NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
27.02.2009	1,36	1,06	1,39	0,107	0,033	16,1	3,6	0,43
21.04.2009	0,02	0,01	0,02			14,0	3,2	0,71
19.05.2009	2,47	1,91	2,33	0,015	0,005	8,1	1,8	0,71
23.06.2009	0,18	0,14	0,17	0,015	0,005	2,4	0,5	1,59
14.07.2009	0,21	0,16	0,19	0,02	0,006	7,1	1,6	4,42
09.10.2009	0,04	0,03	0,04	0,13	0,040	10,5	2,4	0,68
<i>среднее за год</i>	0,71	0,55	0,69	0,068	0,021	9,7	2,18	1,57

Кислородный режим реки в устьевом участке на протяжении 2009 г. был благоприятным, насыщение вод растворенным кислородом при наблюдаемых температурах мало отличалось от нормального, варьируя от 92,8 до 106% (табл.3).

Показатель бихроматной окисляемости, отражающий валовое количество органических веществ (В) в воде устьевой части Реута, в среднем равнялся 24,2 мг О/дм³. Значение его резко возрастало в маловодный период летом до 34-45 мг О/дм³. Долевое участие в нём веществ, подвергающихся биохимической трансформации, менялось на протяжении года. Наибольшее отмечено в зимний и весенний периоды, соответственно 75 и 25%, летом и осенью их количество от суммарного ОВ снижалось до 7 - 19%.

Динамика содержания органического углерода (С_{орг}) повторяла тенденцию изменчивости ХПК.

Величины биохимического потребления кислорода (БПК₅) при проведении исследований, за исключением осени, практически постоянно превышали допустимые значения, варьируя на протяжении года от 3 до 6 мгО₂/дм³ (табл.3).

Таблица 3

Концентрации органических веществ в устье р. Реут в 2009 г.

Дата	ХПК мгО/дм ³	С _{орг} мг/дм ³	БПК ₅ , мг О ₂ /дм ³	$\frac{БПК_5}{ХПК}$, %	Насыщение вод кислородом, %
27.02.2009	8,0	3,0	6,0	75,0	106,0
21.04.2009	12,0	4,5	3,0	25,0	92,8
19.05.2009	34,0	12,75	4,0	12,0	104,6
23.06.2009	45,0	16,88	5,0	11,0	101,0
14.07.2009	16,0	6,0	3,0	19,0	99,1
09.10.2009	30,0	11,25	2,0	7,0	104,5
<i>среднее за год</i>	24,2	9,06	3,83	24,8	101,3

Средние суммарные концентрации металлов – меди и железа, включающие взвешенные и растворенно-коллоидные формы, в водах Реута в 2009 г. составляли, соответственно, 11,2 и 271,58 мкг/дм³. Четко выраженной сезонности в их динамике не наблюдалось (табл.4).

Таким образом, по материалам гидрохимических съёмок в 2009 г. в устье Реута формировались гидрокарбонатно-магниево-кальциевые воды второго типа, которые характеризовались высокой жесткостью, щелочной реакцией среды и повышенной минерализацией. Внутригодовые изменения общего содержания, жесткости и водородного показателя представляли собой относительно небольшие отклонения от среднегодовых значений каждого из параметров на 1-13%.

На устьевом участке водные массы Реута загрязнены компонентами, способствующими эвтрофикации водных систем: минеральными формами азота, фосфатами, органическими веществами, как лабильными в биохимическом отношении, так и устойчивыми к биохимической трансформации. Расчеты годового химического стока Реута по данным 2009 г. показывают, что приток изменяет состав днестровских вод и его химический сток. За 2009 год Реут внес в Днестр 233,9 тыс. т минеральных солей, в том числе сульфатов 40,2 тыс. т, хлоридов 21,4 тыс. тонн.

Его водные массы способствовали обогащению днестровских вод азотом нитратов на 535,6 т, ионами аммония – на 152,18 т, фосфатами – на 300,0 т в год, органическим углеродом – на 1,87 тыс.т (табл.4).

Таблица 4

Вынос химических веществ водами Реута в Днестр в 2009 г.

месяц	Q м ³ /с	Общий ионный сток, тыс. т/год	SO ₄ ²⁻ тыс. т/год	Cl ⁻ тыс. т/год	C _{орг.} тыс. т/год	N-NO ₃ ⁻ т/год	N-NH ₄ ⁺ т/год	PO ₄ ³⁻ т/год
II	10,74	348,6	60,1	27,6	1,01	1219,1	357,7	146,0
V	5,80	186,2	33,4	17,5	2,33	328,5	349,3	129,9
VI	3,02	83,4	16,0	9,4	1,61	47,45	13,3	151,4
VII	6,13	203,6	34,4	20,6	1,16	309,2	30,93	854,1
X	10,20	347,8	57,1	31,9	3,26	773,8	9,65	218,6
<i>среднее</i>		233,9	40,2	21,4	1,87	535,6	152,18	300,0

Объемы выноса химического стока любой рекой не постоянны в многолетнем аспекте. Они зависят от климатических условий и антропогенных нагрузок, обуславливающих формирование состава речных вод в конкретные временные периоды. В связи с этим, для уточненных оценок необходимы многолетние гидрохимические исследования.

Литература:

1. Ресурсы поверхностных вод СССР, т.6: Украина и Молдавия, вып.1. - Л.:Гидрометеиздат, 1964; 1969.
2. Горячева Н.В, Дука Г.Г. Гидрохимия малых рек Республики Молдова. - Кишинэу: ИПЦ Молдавского государственного университета, 2004.
3. Руководство по химическому анализу вод суши. - Л.: Гидрометеиздат, 1977.
4. Руководство к передовому лабораторному анализу качества вод. - www.hach-lange.com.
5. R.Borodaev și alt. Formele de migrarea cuprului și fierului în apele Nistrului medieval. // Studia Universitatis. - Chișinău: CEP USM, 2007, nr.1, p.229-232.
6. Алекин О.А. Основы гидрохимии. - Л.: Гидрометеиздат, 1970.
7. Климатические характеристики. - www.meteo.md.

Notă: Lucrarea a fost elaborată în cadrul Proiectului 09.832.08.06A din cadrul Programului de Stat „Cercetări științifice și de management ale calității apelor” - conducător acad. Gheorghe Duca, finanțat de către CSSDT al AȘM.

Prezentat la 16.05.2010