

# ОЦЕНКА НАГРУЗКИ НА ДНЕСТР ОТ ПРАВЫХ ПРИТОКОВ

**Виорика ГЛАДКИЙ**, доктор химических наук, конференциар,  
**Нелли ГОРЯЧЕВА**, доктор биологических наук,  
**Елена БУНДУКИ**, доктор химических наук  
 Молдавский Государственный Университет,  
 Научно-исследовательский центр Прикладной и экологической химии

Prezentat la 17 octombrie 2013

**Abstract.** *Articolul include rezultatele cercetărilor compoziției chimice a apelor afluenților Nistrului din dreapta. Sînt analizate caracteristicile componenților apelor, dinamica anuală- fluxul de substanțe din afluenți în fluviu. În calitate de obiecte de studiu au servit cei mai importanți afluenți din dreapta Nistrului – Răut, Ichel, Bîc și Botna. Scopul cercetărilor – estimarea impactului afluenților asupra compoziției chimice a fluviului Nistru și determinarea aportului fiecărui afluent în poluarea acestuia.*

**Cuvinte – cheie:** *afluent, compoziția chimică a apelor, poluarea, fluxul substanțelor chimice.*

**Abstract.** *This article presents the results of field studies of the right tributaries of the Dniester. Analyzes the characteristics of the components of water treatment, intra-speaker, the annual removal of substances in the Dniester. The objects of study were the most important tributaries with permanent water flow formed in the territory of Moldova. Purpose - to quantify the chemical load on the Dniester Moldovan land on his right tributaries and determination of their contribution to the pollution of major rivers.*

**Keywords:** *Tributaries, chemical composition of water, pollution, removal of substances tributaries.*

## ВВЕДЕНИЕ

Изучение количественной оценки вклада малых водотоков в процессы формирования качества вод основных рек – важное направление водоохранной деятельности, представляющее практический и научный интерес. Притоки, являясь начальным звеном образования водных ресурсов принимающей реки, вносят в неё со своими водами различные химические компоненты, участвуя в формировании качества её водных масс. От экологической ситуации на территории малых водосборов во многом зависят объемы выноса загрязнений в главную водную магистраль. В современных условиях перенос химических компонентов реками в значительной степени обусловлен антропогенными нагрузками на их водосборные бассейны – степенью распаханности территорий, регулированием водного стока рек, по-

ступлением в русла недостаточно очищенных сточных вод городов, смылов с территорий населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий.

Для Республики Молдова основным источником водных ресурсов является река Днестр, в которую на территории страны с правого берега впадают притоки большой протяженностью, имеющие постоянный водный режим - Реут, Бык, Ботна, Икель (Табл. 1).

Суммарная площадь водосбора этих притоков составляет

63,9% от территории, занимаемой бассейном Днестра в границах Молдовы. Естественный гидрологический и гидрохимический режимы их нарушены вследствие регулирования водного стока, спрямления и обвалования русел и использования для транспортировки недостаточно очищенных сточных вод населенных пунктов - Бельцы, Крикова, Кошерница, Кишинев, Каушаны [2]. По химическому составу, общему солесодержанию и степени загрязненности воды всех

**Таблица 1**  
 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРАВЫХ ПРИТОКОВ ДНЕСТРА В ГРАНИЦАХ МОЛДОВЫ [5,6]

Река	Длина реки, км	Водосборная площадь (F), тыс. км <sup>2</sup>	Среднегодовой сток, Q, м <sup>3</sup> /с	Впадение в Днестр, км от устья
Реут [1]	286	7.76	9.93	342
Икель [1]	101	0.814	0.65	322
Бык [2]	155	2.15	5.83	225
Ботна [1]	152	1.54	1.07	205

притоков существенно отличаются от вод основной реки, что, несомненно, представляет потенциальную опасность для Днестра. Количественных данных о выносе притоками в Днестр химических веществ недостаточно, в некоторых случаях результаты получены расчетным путем на основании изучения качества водных ресурсов малых водотоков в створах, отдаленных от устья. Между тем, именно устьевые створы контролируют состав водных масс водотоков, характеризующий суммарный вынос веществ с их водосборных площадей. Основываясь на данных об объемах приходящего к устью водного стока и его химическом составе можно подсчитать количества вносимых в Днестр веществ за любой промежуток времени, оценив нагрузку на принимающую реку и экологический риск от вод каждого входящего в нее притока.

### ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами настоящих исследований являлись правые притоки Днестра – Реут, Икель, Бык, Ботна. Под их прессингом находится участок главного водотока протяженностью в 137 км. Динамика и перенос химических веществ изучались в замыкающих створах притоков, расположенных максимально приближенных к устьям, в 500-700м от впадения в Днестр. Основное внимание уделялось определению показателей загрязненности вод – величине общей жесткости, содержанию солейобразующих ионов, биогенных и органических веществ.

Гидрологические и гидрохимические исследования проводились в 2009-2012 гг. Отборы проб воды производились в пластиковые бутылки в постоянных створах наблюдения 4 - 9 раз в год. Они сопровождалась замерами гидрометрических параметров малых рек - ширины, скорости поверхностного течения водного потока на 2-3 вертикалях,



Фото 1. р. Реут

глубин водного потока через 0.5-1.0м, что позволяло рассчитать методом «сечение-скорость» расходы воды. Гидрологическая часть работ не проводилась в устьевой части реки Бык, поскольку состав вод реки представлял угрозу здоровью исследователей. Определение основных солейобразующих ионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}$ ,  $\text{HCO}_3^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ ), минерализации, общей жесткости, перманганатной окисляемости выполнялось по общепринятым гидрохимическим методикам [4]. Для анализа содержания минеральных форм азота и фосфора -  $\text{NH}_4^{+}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N-NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^{-}$ ,  $\text{N-NO}_2^{-}$ ,  $\text{NO}_3^{-}$ ,  $\text{N-NO}_3^{-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , и бихроматной окисляемости использовались оригинальные методики Nash Company, USA [9]. Показатель БПК<sub>5</sub> определяли на манометрическом анализаторе БПК ОхіТор IS6 WTW. Содержание органического углерода ( $\text{C}_{\text{орг}}$ ) оценивалось посредством пересчета через бихроматную окисляемость [7]. Расчеты нагрузки на Днестр от каждого из притоков производились традиционным способом подсчета стока растворенных веществ, который заключался в том, что средние концентрации растворенного вещества относили к определенному временному промежутку (сутки, год) умножая на средний за выбранный период расход воды

по формуле:

$$P = C_x \cdot Q [6], \text{ где:}$$

$C_x$  – средняя арифметическая концентрация химического компонента в замыкающем створе притока, мг/л;

$Q$  – средний за расчётный период расход воды в замыкающем створе притока, ( $\text{м}^3/\text{с}$ ).

Для расчетов нагрузки от рек Реут, Икель, Ботна использованы данные их усредненного годового стока ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) в устьевых створах и средние годовые концентрации веществ, полученные нами в 2009-2012гг. Для оценки выноса в Днестр химических веществ рекой Бык средние годовые концентрации веществ, полученные в 2009-2012 гг. умножали на средний годовой расход воды в устье реки -  $5.83 \text{ м}^3/\text{с}$ , учитывающий дополнительный приток сбросных вод г. Кишинева [5].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В период проведения исследований во всех водотоках отмечался устойчивый водный режим. Наибольшей водностью и скоростью течения характеризовался Реут, наименьшей – Ботна, где в летнюю межень при переходе реки на грунтовое питание наблюдались случаи практически «стоячей воды». Результаты измерения морфометрических параметров рек, диапазоны вну-

**Таблица 2**  
ГИДРОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕК В ЗАМЫКАЮЩИХ СТВОРАХ В 2009-2011 ГГ

среднее  
варьирование

Река	Параметры поперечного сечения		Гидравлические элементы	
	Ширина, м	Глубина, м	Скорость, м/с	Расход воды, м <sup>3</sup> /с
Реут	<u>16.7</u> 12.0-21.0	<u>0.44</u> 0.34-0.64	<u>1.0</u> 0.6-1.36	<u>6.78</u> 3.2-10.25
Икель	<u>4.8</u> 2.7-8.2	<u>0.22</u> 0.12-0.40	<u>0.32</u> 0.20-0.59	<u>0.27</u> 0.06-0.64
Ботна	<u>6.0</u> 2.0-9.0	<u>0.37</u> 0.10-0.66	<u>0.16</u> 0.08-0.32	<u>0.25</u> 0.07-0.42

тригодовых флуктуаций и расчеты расходов воды согласуются с имеющимися литературными материалами по устьевым участкам притоков (Табл. 2). Рассчитанные по наблюдениям 2009-2012 гг. средние годовые величины расходов рек меньше, чем аналогичные показатели, полученные Концерном «АКВА» за период 1985-1992 гг.[6]. По всей видимости, на результаты исследований повлияли засушливые годы с недобором осадков (2011-2012), обусловившие малую водность притоков [4].

#### Солесодержание и жесткость вод

В замыкающих створах притоков формировались жесткие и очень жесткие воды с повышенной или высокой минерализацией. В замыкающем створе Реу-

та в 2009-2012 гг формировались жесткие воды с повышенной минерализацией. Общая жесткость их изменялась во времени в диапазоне 10.2-11.8 ммоль/л, водородный показатель от 8.08 до 8.64. Амплитуда колебания минерализации (SI) была относительно небольшой, от 875 до 1065 мг/л, при усредненном значении за период - 989.3 мг/л (Табл. 3). Максимальное солесодержание ( $SI_{max}$ ) превышало минимальное ( $SI_{min}$ ) в 1.22 раз. Воды реки по соотношению катионов и анионов относились к гидрокарбонатному классу, группы магния, второго типа ( $C^{Mg}_{II}$ ). В составе катионов устойчиво доминировали ионы  $Mg^{2+}$ , среди анионов преобладали гидрокарбонаты. Относительные количества доминирующих катионов и анионов варьировали соответственно

в пределах 21.2 - 31.4 %-экв/л и 25.6 - 32.9 %-экв/л; соотношение между эквивалентным содержанием ионов имело вид -  $[HCO_3^-] < [Ca^{2+} + Mg^{2+}] < [HCO_3^- + SO_4^{2-}]$ , что соответствует II гидрохимическому типу вод. Сезонные колебания минерализации вод проявлялись в снижении величины показателя летом и достижении максимума осенью и зимой.

Полученные результаты по солевому составу и минерализации вод Реута в устье реки существенно отличались от ретроспективных гидрохимических данных. По сравнению с 1985-1990 годами общая минерализация их снизилась в среднем с 1515 до 989.3 мг/л, уменьшились усредненные концентрации щелочных металлов и сульфатов, соответственно, с 248 до 78 мг/л и с 514 до 169 мг/л. Макрокомпонентный состав по эквивалентному соотношению анионов и катионов, сменился с сульфатно-натриевого второго типа на гидрокарбонатно-магниевый второго типа [1, 2].

Воды в устье Икеля характеризовались постоянным гидрокарбонатно-магниевым составом с эквивалентным соотношением анионов и катионов по типу  $[Cl^-] > [Na^+ + Mg^{2+}]$ , что соответствует гидрохимическому типу вод - III<sub>a</sub>. Минерализация их при амплитуде колебания показателя во времени от 838 до 994 мг/л, в среднем составляла 912 мг/л;  $SI_{max}/SI_{min} = 1.19$ . Величина об-

**Таблица 3**  
УСРЕДНЕННЫЙ ИОННЫЙ СОСТАВ ВОД ПРИТОКОВ ДНЕСТРА В ЗАМЫКАЮЩИХ СТВОРАХ В 2009-2012 ГГ  
(В ЧИСЛИТЕЛЕ - ДИАПАЗОНЫ ВАРЬИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ)

Река	pH	Общая жестк., ммоль/л	Основные ионы, мг/л						ΣИ, мг/л
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	
Реут	<u>8.33</u> 7.9-8.64	<u>11</u> 10.2-11.8	<u>63.9</u> 46-90	<u>94.5</u> 61-112	<u>77.9</u> 55-96	<u>497.2</u> 402-604	<u>169.3</u> 139-187	<u>87.3</u> 78-106	<u>989.3</u> 875-1065
Икель	<u>8.13</u> 7.76-8.58	<u>11.6</u> 8-13.5	<u>75.6</u> 54-100	<u>94.2</u> 50-116	<u>40.5</u> 11-75	<u>456</u> 342-530	<u>166.8</u> 85-187	<u>79</u> 64-93	<u>912</u> 838-994
Бык	<u>7.9</u> 7.59-8.16	<u>8.2</u> 6.8-10.5	<u>84.1</u> 70-102	<u>48.4</u> 31-66	<u>122.3</u> 70-148	<u>427.9</u> 387-451	<u>148.1</u> 139-180	<u>106.7</u> 96-124	<u>938.2</u> 868-989
Ботна	<u>8.5</u> 8.1-8.9	<u>15.4</u> 7.6-20.0	<u>77.7</u> 42-122	<u>139.8</u> 67-197	<u>132.6</u> 25-310	<u>446.7</u> 331-525	<u>175</u> 139-190	<u>352</u> 205-681	<u>1323.8</u> 1020-1920



Фото 2. р. Икел

щей жесткости вод изменялась в диапазоне 8.0 - 13.5 ммоль/л, при среднем значении за период наблюдения - 11.6 ммоль/л, по водородному показателю они относились к группе слабо щелочных (Табл. 3).

К замыкающему створу Быка поступали водные массы со слабо щелочной реакцией среды и повышенными величинами минерализации, общей жесткости. На протяжении периода наблюдений происходили незначительные колебания солесодержания, от 868 до 989 мг/л, максимальное солесодержание ( $SI_{max}$ ) превышало минимальное ( $SI_{min}$ ) в 1.14 раза. Воды относились к гидрокарбонатному классу с неустойчивым катионным составом и соотношением катионов и анионов. Неустойчивое состояние солевого состава вод проявлялось в постоянном чередовании доминирующего катиона. Гидрохимический тип воды, в зависимости от соотношения эквивалентного содержания анионов и катионов менялся, характеризуясь как II<sub>ой</sub>, III<sub>а</sub> или I. В 65% случаев воды притока в устьевом створе имели гидрохимический индекс  $C_{II}^{Na}$ . Общая жесткость и водородный показатель вод Быка характеризовались более низкими значениями, чем воды других притоков. Их изменения во време-

ни происходили в диапазонах соответственно 6.8-10.5 ммоль/л и 7.59-8.16 (Табл. 3).

Наиболее минерализованные и жесткие воды образовывались в замыкающем створе Ботны. Общая минерализация их, при среднем значении 1323.8 мг/л, колебалась от 1020 до 1920 мг/л;  $SI_{max}$  превышал  $SI_{min}$  в 1.88 раза. Особенности макрокомпонентного состава вод проявлялась в весьма неустойчивом содержании солеобразующих ионов и их соотношении. Практически при каждом отборе проб в составе ионов менялся преобладающий анион и доминирующий катион, обуславливая гидрокарбонатный, гидрокарбонатно-хлоридный, хлоридно-гидрокарбонатный либо хлоридный класс водных масс группы магния, кальция или магния-натрия, натрия-магния, магния-натрия-кальция. По эквивалентному соотношению анионов и катионов воды чаще всего относились к типу III<sub>а</sub>, при котором  $[Cl^-] > [Na^+ + Mg^{2+}]$ . Величина водородного показателя вод изменялась во времени от 8.1 до 8.9, характеризуя колебания реакции среды от слабо щелочной до щелочной (Табл. 3).

### Биогенные и органические вещества

В водах притоков в 2009-2012гг. присутствовали значительные количества биогенных и органических компонентов. По степени загрязненности биогенными веществами реки располагались в ряд – Бык>Икель>Реут>Ботна; по содержанию органического углерода - Бык>Ботна>Икель>Реут. В устье Быка количества общего минерального азота, фосфора и средние значения БПК<sub>5</sub> превышали усредненные данные в водах других водотоков соответственно в 5 - 8 и в 3 - 4,7 раза (Табл. 4, Табл. 5).

Среднее за год количество общего минерального азота ( $N_{общ}$ ), как суммарного содержания аммонийного, нитритного и нитратного азота, составляло в водах притоков: в устье Быка – 21.04 мг<sub>N</sub>/л, Икеля, Реута и Ботны соответственно – 3.84; 3.08; 2.53 мг<sub>N</sub>/л. Наибольшая амплитуда колебания во времени параметра  $N_{общ}$  наблюдалась в водах Быка – от 2.65 до 46.71 мг<sub>N</sub>/л. Отсутствие минеральных форм азота наблюдалось в единичных случаях.

Выявлены различия в доле участия форм минерального азота в содержании  $N_{общ}$ . В водах Реута, Икеля и Ботны из минеральных форм азота преобладали нитраты, доля которых, в среднем, равнялась соответственно – 86; 74.2; 81.4%; доля  $N-NH_4^+$  составляла 13; 24.5 и 17% соответственно. Превышение концентраций нитратов над содержанием в водах аммонийной и нитритной формой азота свидетельствует об интенсивно идущих процессах нитрификации в водах рек. В Быке преобладали ионы аммония, содержание которых достигало 89.5% от  $N_{общ}$ , нитратов присутствовало в среднем 10.1%.

Доля нитритов в составе  $N_{общ}$  в замыкающих створах всех изученных притоков, была наименьшей. В Быке и Реуте она не превышала 1% (0.6-0.8%), в Ике-

**Таблица 4**  
СОДЕРЖАНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДАХ ЗАМЫКАЮЩИХ СТВОРОВ, СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ АМПЛИТУДА КОЛЕБАНИЯ

Река	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N <sub>общ.</sub> мг <sub>N</sub> /л	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> мг/л	P <sub>общ.</sub> мг <sub>P</sub> /л
	мг N / л					
Реут	<u>0.40</u> 0.0-1.91	<u>0.026</u> 0.003-0.15	<u>2.65</u> 0.5-8.02	<u>3.08</u> 0.50-10.08	<u>1.96</u> 0.43-11.42	<u>0.70</u> 0.40-3.73
Икель	<u>0.94</u> 0.14-2.38	<u>0.051</u> 0.004-0.26	<u>2.85</u> 0.1-7.74	<u>3.84</u> 0.24-10.38	<u>2.44</u> 0.33-8.45	<u>0.84</u> 0.03-2.75
Бык	<u>18.80</u> 2.55-39.6	<u>0.125</u> 0.004-0.608	<u>2.12</u> 0.1-6.5	<u>21.04</u> 2.65-46.71	<u>10.24</u> 1.13-23.5	<u>3.85</u> 0.26-7.90
Ботна	<u>0.43</u> 0.0-1.47	<u>0.041</u> 0.0-0.101	<u>2.06</u> 0.0-8.82	<u>2.53</u> 0.00-10.39	<u>1.95</u> 0.09-11.67	<u>0.73</u> 0.07-3.81

ле и Ботне составляла 1.3-1.6% (Табл. 4).

В изученных притоках постоянно присутствовали фосфаты, количества которых свидетельствовали о высоком уровне загрязненности вод. Наибольшее загрязнение ими отмечалось в Быке, где максимальное содержание составляло 23.5мг/л. Средняя за год концентрация PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> в реке превосходила соответствующий показатель для остальных рек в 4.2-5.2 раза. Усредненное количество общего минерального фосфора (P<sub>общ.</sub>) в устье Быке равнялось 3.85мг<sub>P</sub>/л; в устьях притоков Икель, Ботна, Реут – соответственно 0.84; 0.73; 0.70мг<sub>P</sub>/л (Табл.4).

Количество минерального азота в водах притоков превышало в несколько раз содержание минерального фосфора. Превышение в Быке составляло 5.5 раз, в Реуте и Икеле соответственно – 4.4 и 4.6 раз, в водах Ботны - 3.5 раз.

Сезонная динамика минеральных биогенных веществ в водах рек во время проведения исследований проявлялась в общей тенденции достижения максимумов и спадов их содержания. Количества аммонийных ионов в Реуте, Икеле и Быке возрастали зимой, в начале весны и

осенью; в Ботне увеличение происходило летом и осенью. Сезонные флуктуации нитратного азота внутри годового цикла сходны для Реута, Икеля и Ботны. Содержание ионов NO<sub>3</sub><sup>-</sup> после зимнего максимума снижалось к началу лета, увеличиваясь к середине лета и осенью. В водах Быка максимальная концентрация ионов NO<sub>3</sub><sup>-</sup> отмечена в апреле с последующим слабым повышением летом.

Наибольшие количества нитритов отмечены в Реуте весной, в Быке – летом, в водах Икеля и

Ботны – осенью. Фосфаты достигали максимальной концентрации весной в замыкающих створах Реута и Ботны; а в Быке и Икеле – летом.

Исследования показали, что в период 2009-2012 гг. содержание в водах притоков органических веществ (ОВ), определяемых по бихроматной окисляемости (ХПК<sub>Cr</sub>) варьировало в широком диапазоне, изменяясь от повышенных (11-16мг<sub>O</sub>/л) до очень высоких (71-186мг<sub>O</sub>/л) величин для поверхностных вод. Наибольшие средние годовые значения параметра ХПК<sub>Cr</sub> для вод Реута, Икеля, Ботны составили соответственно 30.5; 40.4; и 47.8 мг<sub>O</sub>/л. В Быке на фоне постоянно высокой бихроматной окисляемости вод в 30 - 101мг<sub>O</sub>/л, среднее за год значение равнялось 57.8мг<sub>O</sub>/л (Табл.5).

Перманганатный индекс характеризовался как повышенный (15.6-20.8мг<sub>O</sub>/л) для вод Реута, Икеля и Быка и высокий – 25.4мг<sub>O</sub>/л – для Ботны. Максимальные значения перманганатной окисляемости (ХПК<sub>Mn</sub>) речных вод в устьях превышали средние годовые в 2-4 раза.

В водах всех рек количества нестойких в биохимическом отношении ОВ, определяемых по параметру БПК<sub>5</sub>, на протяжении исследований практически постоянно превышали допусти-



Фото 3. р. Бык

мый норматив для поверхностных вод. Наибольшим загрязнением ими характеризовались воды Быка. Средние за год значения БПК<sub>5</sub> в его водах достигали 20.8 мгО<sub>2</sub>/л, в Реуте, Икеле и Ботне показатель равнялся соответственно – 4.6; 6.8 и 7.2 мгО<sub>2</sub>/л (Табл.5). Окисляемость вод притоков и содержание в них ОВ по БПК<sub>5</sub> увеличивались летом и осенью и снижались весной.

Для оценки качественного состава и степени окисления органических веществ речных вод рассчитывались соотношения  $XPK_{Mn}/XPK_{Cr}$ ,  $BPK_5/XPK_{Mn}$ ,  $BPK_5/C_{орг}$ . Известно, что в водах богатых гумусовыми веществами величина отношения  $XPK_{Mn}/XPK_{Cr}$  превышает 40%, а отношение  $BPK_5/XPK_{Mn} < 40\%$ . При доминировании в составе ОВ свежесформированных нестойких соединений отношение  $BPK_5/C_{орг}$  и  $BPK_5/XPK_{Mn}$  превышает 40% [8].

В период 2009-2012 гг Реут и Ботна вносили в Днестр воды, в составе ОВ которых по отношениям  $XPK_{Mn}/XPK_{Cr}$  и  $BPK_5/XPK_{Mn}$  преобладали гуминовые соединения. Значения соотношений по усредненным показателям равнялись для них соответственно 51-53% и 29-28%. Органические вещества водных масс Быка в замыкающем створе по соотношениям  $BPK_5/C_{орг}$  и  $BPK_5/XPK_{Mn}$ , со-



Фото 4. р. Ботна

стояли практически из свежесформированных нестойких в биохимическом отношении соединений, что характерно для сточных вод (Табл. 5).

#### **Вынос притоками в Днестр химических веществ**

Вынос веществ в Днестр каждым из притоков определялся усредненными концентрациями компонентов в объеме воды, поступившем в среднем за год через замыкающий створ. Для расчетов были использованы параметры – среднегодовой водный сток реки (Табл. 2) и средняя го-

довая концентрация компонента в притоке за период наблюдения (Табл. 3; 4; 5). За неимением современных гидрологических данных для реки Бык за средний годовой расход воды в устьевом створе принят расход 5.83 м<sup>3</sup>/с, учитывающий дополнительный водный сток от сбросов Кишинева [5].

Анализ показал, что в современных условиях формирования качества вод притоки Реут, Икель, Бык и Ботна ежегодно выносили в Днестр значительные количества минеральных солей, органических и биогенных веществ.

Суммарная ежегодная нагрузка на Днестр от минерализации вод изученных притоков составляла в среднем 402.18 тыс. т минеральных солей. Основная ее часть – 384.01 тыс. т/год или 95.5 %, поступала с водами Реута и Быка (Табл. 6). Их воды вносили в Днестр 63.39 тыс.т/год сульфатов, 38.22 тыс.т/год хлоридов, солей жесткости – 58.02, ионов щелочных металлов – 63.59 тыс.т/год. Доля солевого стока Икеля и Ботны в суммарном объеме вносимых притоками солеобразующих ионов составляла 1.9 и 2.6% соответственно.

Нагрузка на Днестр от притоков по общей минерализации, содержанию солей жесткости и сульфатов была прямо пропорциональна размерам

**Таблица 5**  
КОЛИЧЕСТВЕННАЯ И КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОВ ВОД ПРИТОКОВ В 2009-2012 ГГ, СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ АМПЛИТУДА КОЛЕБАНИЯ

Приток	ХПК <sub>Cr</sub> мг <sub>О</sub> /л	С <sub>орг</sub> мг/л	ХПК <sub>Mn</sub> мг <sub>О</sub> /л	БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	Соотношения усредненных показателей		
					БПК <sub>5</sub> С <sub>орг</sub>	БПК <sub>5</sub> ХПК <sub>Mn</sub>	ХПК <sub>Mn</sub> ХПК <sub>Cr</sub>
					%		
Реут	30.5 15-71	11.4 5.6-26.6	15.6 3.9-24.4	4.6 2.0-6.0	40	29	51
Икель	40.4 16-126	15.2 6.0-47.2	16.4 3.8-33.0	6.8 3.0-17.0	45	41	40
Бык	57.8 30-101	21.7 11.2-37.9	20.8 12-41.6	21.8 10.0-55.1	100	104	36
Ботна	47.8 11-186	17.9 4.1-69.8	25.4 2.6-50.4	7.2 3.0-18.0	40	28	53

Таблица 6  
УСРЕДНЕННЫЙ ВЫНОС В ДНЕСТР ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ  
ВОДАМИ ПРИТОКОВ В 2009-2012ГГ

Показатель	Реут	Икель	Бык	Ботна	Суммарный вынос % от суммарного
Минеральные соли <i>тыс. т/год</i> % от суммарного	<u>211.51</u> 52.6	<u>7.76</u> 1.9	<u>172.5</u> 42.9	<u>10.41</u> 2.6	<b>402.18</b> 100
В том числе:					
ионы Na <sup>+</sup> <i>тыс. т/год</i> % от суммарного	<u>16.65</u> 41.2	<u>0.34</u> 0.8	<u>22.39</u> 55.4	<u>1.04</u> 2.6	<b>40.42</b> 100
Соли жесткости <i>тыс. т/год</i> % от суммарного	<u>33.74</u> 55.1	<u>1.45</u> 2.4	<u>24.28</u> 39.7	<u>1.70</u> 2.8	<b>61.17</b> 100
Сульфаты <i>тыс. т/год</i> % от суммарного	<u>36.27</u> 54.8	<u>1.42</u> 2.1	<u>27.12</u> 41	<u>1.39</u> 2.1	<b>66.20</b> 100
Хлориды <i>тыс. т/год</i> % от суммарного	<u>18.67</u> 44.8	<u>0.67</u> 1.6	<u>19.55</u> 46.9	<u>2.78</u> 6.7	<b>41.67</b> 100
ОВ по C <sub>орг</sub> <sup>1</sup> <i>тыс. т C<sub>орг</sub>/год</i> % от суммарного	<u>2.44</u> 36	<u>0.13</u> 2	<u>3.97</u> 60	<u>0.14</u> 2	<b>6.68</b> 100
ОВ по БПК <sub>5</sub> <i>тыс. т/год</i> % от суммарного	<u>0.98</u> 20	<u>0.06</u> 1	<u>4.05</u> 78	<u>0.06</u> 1	<b>5.15</b> 100
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> <i>т<sub>N</sub>/год</i> % от суммарного	<u>85.5</u> 2.4	<u>7.9</u> 0.2	<u>3456</u> 97.3	<u>3.4</u> 0.1	<b>3552.8</b> 100
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> <i>т<sub>N</sub>/год</i> % от суммарного	<u>5.6</u> 19	<u>0.44</u> 1.5	<u>23</u> 78.5	<u>0.3</u> 1.0	<b>29.3</b> 100
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> <i>т<sub>N</sub>/год</i> % от суммарного	<u>558.2</u> 56.5	<u>24.3</u> 2.5	<u>389.8</u> 39.4	<u>16.2</u> 1.6	<b>988.5</b> 100
N <sub>общ</sub> <i>т<sub>N</sub>/год</i> % от суммарного	<u>658.5</u> 14.4	<u>32.8</u> 0.7	<u>3868</u> 84.5	<u>20</u> 04	<b>4579.3</b> 100
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> <i>т<sub>P</sub>/год</i> % от суммарного	<u>419.4</u> 17.9	<u>20.8</u> 0.9	<u>1883</u> 80.5	<u>15.4</u> 0.7	<b>2338.6</b> 100
P <sub>общ</sub> <i>т<sub>P</sub>/год</i> % от суммарного	<u>149.8</u> 17.2	<u>7.2</u> 0.8	<u>708</u> 81.3	<u>5.8</u> 0.7	<b>870.8</b> 100

их водосборов и годовым расходам воды, соответствуя ряду Реут>Бык>Ботна>Икель. Пропорциональность нагрузки площади речных бассейнов и расходам воды нарушалась при расчетах выноса ионов щелочных металлов (Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>) и хлоридов (Табл. 6). Притоки обогащали водные

массы Днестра общим органическим углеродом и нестойкими к биохимической трансформации ОВ, являющимися показателями загрязнения вод, внося ежегодно 6.74 тыс. т органического углерода, в том числе 5.10 тыс. т/год ОВ по БПК<sub>5</sub>. Основную долю органических веществ вносили в

Днестр воды Быка и Реута. Из общего объема стока органических веществ по параметру C<sub>орг</sub> притоки вносили соответственно 60% и 36%, ОВ по БПК<sub>5</sub> с их водами поступало 78% и 20%. Роль Икеля и Ботны в загрязнении Днестра органическими веществами из-за маловодности водотоков была незначительной (Табл. 6).

Суммарная биогенная нагрузка на Днестр от притоков составляла в среднем по N<sub>общ</sub> – 4579.3 т/год, в том числе – по аммонийным ионам 3552.8 т/год, по нитратам – 988.5 т/год, по нитрит-ионам – 29.3 т/год, по минеральному фосфору, представленному фосфатами – 2338.6 т/год. Наибольшая доля нагрузки ионами аммония и нитритами поступала с водами Быка – 97.3% NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, и 78.5% NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, нитратами – со стоком Реута, 56.5% (Табл. 6). При выносе в Днестр N<sub>общ</sub> и P<sub>общ</sub> нагрузка от стока Быка составляла соответственно 84.5% и 81,3% от их суммарного количества, поступающего с водами изученных притоков. Долевое участие р. Реут равнялось 14.4%-17.2%, приток биогенных компонентов с водами Икеля и Ботны составлял менее 1%.

Взаимосвязи между объемами поступления органических и биогенных веществ с размерами речных бассейнов и средними расходами каждого из притоков не выявлено. Самый многоводный из притоков – Реут, имеющий водосборную площадь в 3.6 раз превышающую размер бассейна Быка и в 1.2 раза его водность, вносил в главный водоток объемы ОВ по БПК<sub>5</sub>, N<sub>общ</sub> и P<sub>общ</sub> в 4, 4.7 и в 6 раз меньшие.

Вероятно, на обогащение Днестра органическими и биогенными веществами значительно большее влияние оказывали не смывы загрязнений с водосборных площадей притоков, а уровень техногенной нагрузки на их русловые воды – поступления ливневых и сточных вод городов. При меньшей, чем у Реута, площади водосбора и годового водного стока, Бык являлся основ-

ным фактором прессинга на состояние вод основной реки. В его стоке ниже Кишинева соотношение вод, формирующихся под влиянием естественных условий и антропогенных – поступающих с городских очистных сооружений, составляет 1:4 или более.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных полевых исследований получены данные о расходах и качестве вод устьевых створов правых притоков Днестра в период 2009-2012 гг. Выявлено, что в современных условиях, в замыкающих створах всех рек формировались жесткие воды (8.2-15.4 ммоль/л) с повышенной и высокой минерализацией (912-1323.8 мг/л), с незначительной амплитудой колебания. Отмечена неустойчивость ионного состава водных масс Быка и Ботны.

Воды всех изученных притоков в устьевых створах загрязнены органическими и биогенными веществами. Наибольшим уровнем загрязнения характеризовались воды Быка, в которых количества общего минерального азота, фосфора и средние величины БПК<sub>5</sub> превышали усредненные концентрации показателей в водах других водотоков соответственно в 5 – 8 раз и в 3 – 4,7 раза. Органические вещества водных масс Быка по соотношениям БПК<sub>5</sub>/C<sub>орг</sub> и БПК<sub>5</sub>/ХПК<sub>Мн</sub>, содержали практически только свежесформированные нестойкие в биохимическом отношении соединения, что позволяет характеризовать их как сточные воды.

На основании материалов полевых исследований рассчитаны объемы выноса химических веществ, количественно характеризующие суммарную нагрузку на основной водоток и нагрузку от каждого из притоков.

Величина суммарной ежегодной нагрузки на Днестр от минерализации вод изученных притоков составила в среднем 402.18 тыс.т минеральных солей. Основная ее часть – 384.01тыс.т/

год или 95.5% , поступала с водоема Реута и Быка.

Притоки вносили в водные массы Днестра ежегодно 6.74 тыс.т общего органического углерода, 5.10 тыс.т которого представляли органические вещества, нестойкие к биохимической трансформации и являющиеся показателями загрязнения вод. Основной объем органических веществ вносили в Днестр воды Быка и Реута. Из общего объема органических веществ с их водным стоком поступало соответственно 78 и 20% ОВ легкоокисляемых биохимическим путем (по БПК<sub>5</sub>).

Суммарная биогенная нагрузка на Днестр от притоков составляла в среднем по N<sub>общ</sub> – 4579.3 т/год, в том числе – по аммонийным ионам 3552.8 т/год, по нитратам – 988.5 т/год, по нитрит-ионам – 29.3 т/год, по минеральному фосфору – 2338.6 т/год. Наибольший годовой вынос в главный водоток ионов аммония и нитритов – 97.3% NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, и 78.5% NO<sub>2</sub><sup>-</sup> происходил с водами Быка, нитратами – со стоком Реута – 56.5%.

*Результаты получены в рамках проектов 09.832.08.06A «Rolul afluenților asupra formării calității apelor fluviului Nistru și studiul calității apei izvoarelor/cișmelelor din bazinul Nistrului ca surse de alimentare cu apă și pentru irigare» и 11.832.08.08A «Rolul afluenților în formarea compoziției chimice a apelor fl. Nistru și izvoarele din bazinul Nistrului ca ecosisteme naturale și surse de apă potabilă și pentru irigare» Государственной программы „Cercetări științifice și de management ale calității apelor”.*

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. Гладкий В. И., Горячева Н. В., Бундуки Е. Г., Шурыгина О. Современная гидрохимическая ситуация в устье р.Реут.//Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья. Тирасполь, 2012, с.78-80.
2. Горячева Н. В., Дука Г. Г..

Гидрохимия малых рек Республики Молдова. Chișinău: CEP USM, 2004, 288 с.

3. Дука Г. Г., Горячева Н. В., Кетруш П. М., Михэилэ П.. Гидрохимия. Уч. пособие. Chișinău: CEP USM, 1995, 314 с.

4. Климатические характеристики на территории Республики Молдова. <http://www.meteo.md/rus/climiulie.htm>

5. Лалыкин Н. В., Горячева Н. В. *Гидрологический и гидрохимический режим реки Бык*. Закл. Отчет НИР «Исследовать гидрологический и гидрохимический режим реки Бык и ее влияние на качество р. Днестр.-Для служ. пол. №1: МКО УкрНИИГиМ. Кишинев, 1988,86 с

6. Малеванчук А. Г., Панов Н. К., Пелин И. С. Водные ресурсы Республики Молдова. Кишинев: ГВК АКВА, 1994. 85с.

7. Руководство по химическому анализу вод суши. Л: Гидрометеиздат. 1977, 541с.

8. Скопинцев Б. А., Гончарова И. А. Использование значений отношений различных показателей органического вещества природных вод для его качественной оценки.// Современные проблемы региональной и прикладной гидрохимии. – Л: Гидрометеиздат,1987.

9. Advanced Water Quality Laboratory Procedures Manual// Hach Company. USA, Rev. 1, 1997, 1140 P.