Гладкий Виорика Ивановна
доктор химических наук,
доцент департамента индустриальной и экологической химии
Молдавский Государственный Университет, Республика Молдова

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД СРЕДНЕГО ДНЕСТРА В ПЕРИОД 2015-2019 ГОДОВ

Аннотация. *Работа представляет собой анализ результатов мониторинга вод Среднего Днестра в период 2015-2019 гг и оценку влияния правых притоков Рэут и Икель на формирование и изменение химического состава, а также уровня загрязнения основной реки. Выявлены сезонные закономерности формирования речного стока, аргументировано влияние вод притоков на изменение солевого состава главной реки, увеличение постоянной жесткости ее вод, обогащение основного водотока различными формами биогенных элементов.*
Ключевые слова: *Днестр, основные ионы, минерализация, загрязнение вод.*

Река Днестр является основной водной артерией Республики Молдова, её гидрографический бассейн занимает около 60% территории страны и от качества вод реки во многом зависит социально-экономическое развитие региона [1]. Притоки Днестра, протекающие через многочисленные населенные пункты, являются дополнительными источниками загрязнения основной реки, так как в их воды сбрасываются неочищенные сточные воды, в прибрежной зоне практикуется неконтролируемый выпас скота, не соблюдаются санитарные защитные зоны. Из многочисленных притоков выделяются реки Рэут и Икель, воды которых несут существенную антропогенную нагрузку. Кроме этого, эти притоки впадают в Днестр в непосредственной близости от водозаборной станции, вода которой в дальнейшем используется для централизованного водоснабжения столицы Республики Молдова, г. Кишинэу. Таким образом, становится актуальным изучение химического состава и уровня загрязнения вод Днестра на участке г. Дубэсарь (до впадения в него р. Рэут) – г. Вадул-луй-Водэ (после впадения в него вод притока р. Икель).

На протяжении 2015-2019 годов были проведены систематические сезонные гидрохимические экспедиции с отбором проб воды на указанном участке. Пробы отбирались в трех створах, которые расположены выше и ниже впадения притоков в днестровские воды (рис.1.). На месте отбора проб измерялась температура, pH, электропроводность воды, содержание растворенного кислорода. Затем пробы консервировались и в лабораторных условиях в них анализировалось содержание основных ионов, общая жесткость, минерализация, содержание различных форм биогенных элементов, биоразлагаемые и устойчивые органические вещества. Все аналитические определения проводились на основе существующих стандартных методик [2].



Рис. 1. Створы для отбора проб воды из р. Днестр.

1 – Дубэсарь, выше впадения р. Рэут;

2 – створ ниже впадения вод р. Рэут и выше впадения р. Икель;

3 – Вадул-луй-Водэ, ниже впадения р. Икель.

а. Содержание основных ионов и гидрохимический режим реки.

В створе, расположенном на Днестре выше впадения в него р. Рэут, на протяжении всего периода исследований был зарегистрирован большой

диапазон вариации минерализации вод (156 мг/л – 1011 мг/л), неоднократные изменения в содержании доминирующих катионов и анионов, нестабильность гидрохимического индекса. В 16% проб исследуемые воды относятся к хлоридному классу, что нетипично для днестровских вод. На протяжении периода наблюдений величины минерализации и общей жесткости проявляют тенденцию к уменьшению. В среднем, гидрохимическая характеристика данного створа указывает на присутствие гидрокарбонатных вод, группы натрия и калия второго типа. В период исследований была выявлена сезонная изменчивость минерализации, с максимальными средними значениями весной и летом, а минимальными – осенью. Также была найдена сильная корреляционная зависимость между содержанием ионов натрия и калия и минерализацией ($r^2=0,94$).

Анализ результатов исследования химического состава вод Днестра ниже впадения в него р. Рэут позволяют утверждать, что их минерализация и общая жесткость увеличивается по сравнению со створом, расположенным выше впадения притока. Их среднегодовые значения на протяжении 2015-2019 годов изменялись в ряду 753-658-478-250-483 мг/л, а среднегодовая общая жесткость менялась в ряду 4,6-4,7- 4,4-3,7-4,7 ммоль/л (рис. 2 а, б.).

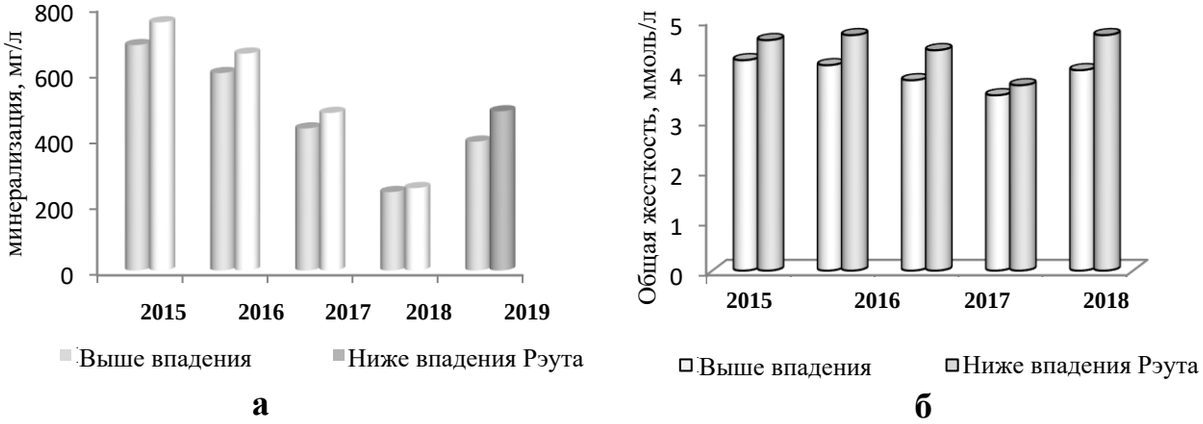


Рис. 2. Динамика среднегодовых значений минерализации (а) и общей жесткости (б) вод Днестра на протяжении 2015-2019 гг.

Полученные данные подтверждают участие вод Рэута и в изменении соотношения между содержанием основных ионов в Днестре (табл. 1.).

Таблица 1

Влияние р. Рэут на содержание основных ионов в водах Днестра в период 2015-2019 гг.

	Ca^{2+},%	Mg^{2+},%	$Na^{+}+K^{+}$,%	SO_4^{2-},%	Cl^{-},%	HCO_3^{-},%
Днестр, выше впадения р. Рэут	19	8	22	10	14	25
Днестр, ниже впадения р. Рэут	18	10	22	13	13	25

Как видно, после впадения притока в Днестр, в основном водотоке возрастает доля ионов Mg^{2+} şi SO_4^{2-}, за счет уменьшения доли ионов кальция и хлоридов. Корреляционный анализ выявил сильную взаимосвязь минерализации с содержанием ионов натрия и магния (r^2=0,96).

В днестровском створе, расположенном в г. Вадул-луй-Водэ, ниже впадения в него р. Икель, также был зафиксирован широкий диапазон изменения содержания основных ионов, минерализации и общей жесткости воды. Среднее значение минерализации вод Днестра за период наблюдений составило 462 мг/л, при минимальном значении 167 мг/л и максимальном значении 1044 мг/л. Гидрохимический индекс характеризует воды в этом створе как гидрокарбонатные, группы кальция второго типа, что соответствует характерным многолетним характеристикам вод Днестра. Также были выявлена сильная корреляционная зависимость между минерализацией и содержанием одновалентных катионов (r^2=*0,97*), а также средняя зависимость между минерализацией и содержанием гидрокарбонатов (r^2=*0,52*).

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что химический состав вод Днестра подвержен изменениям под влиянием вод правых притоков Рэута и Икеля. Более выраженное влияние характерно для вод Рэута, которые ведут к увеличению жесткости Днестра на 15%, по сравнению со створом, расположенном до впадения в него данного притока. Также, наблюдается увеличение на 10% величины минерализации вод Днестра после впадения в него притока (рис. 3).

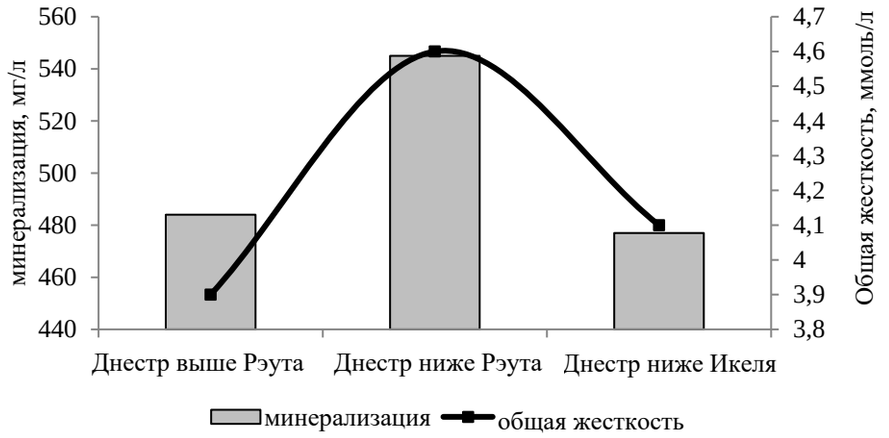


Рис. 3. Влияние притоков на средние значения минерализации и общей жесткости вод Днестра в период 2015-2019 гг

Полученные данные могут быть аргументированы тем, что расход вод Рэута почти в 15 раз превышает расход вод Икеля [3] и, как следствие, влияние вод первого притока на Днестр гораздо больше, чем влияние второго.

б. Параметры качества воды – кислородный режим, содержание биогенных элементов и органического вещества.

На протяжении периода наблюдений среднее содержание растворенного кислорода в днестровской воде соответствовало норме: в створе выше впадения Рэута оно составляло 81% насыщения, ниже впадения Рэута – 80% насыщения и ниже впадения Икеля – 72% насыщения (табл. 2.).

Таблица 2

Степень насыщения кислородом вод Днестра в период 2015-2019 гг.

Створ наблюдений	*Среднегодовое значение, в% Диапазон изменчивости, в %*					*Для всего периода*	*Класс качества вод*
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.		
Днестр выше впадения р. Рэут	101 78-154	61 30-102	85 49-109	78 41-116	80 83-100	81 41-154	II
Днестр ниже впадения р. Рэут	112 92-130	56 22-117	88 71-107	64 34-111	80 70-109	80 22-130	II
Днестр ниже впадения р. Икель	87,8 66-130	61,0 32-105	76 56-93	64 44-108	73,1 47-77	72,4 32-130	III

В общем, по средней степени насыщения кислородом, воды Днестра можно отнести к водам II-III класса качества (хорошим и умеренно загрязненным водам) [4]. Необходимо отметить, что на протяжении периода

наблюдений были зафиксированы случаи дефицита кислорода в воде: в створе Днестра выше впадения в него Рэута в 20% проб, а ниже впадения в него р. Икель – в 40% проанализированных проб.

Валовое содержание органических веществ (ОВ), особенности и динамика их распределения было исследование с помощью параметров *перманганатной окисляемости* ($ХПК_{Mn}$), *бихроматной окисляемости* ($ХПК_{Cr}$) и *биохимического потребления кислорода* ($БПК_5$). В днестровском створе, расположенном выше впадения в него р. Рэут, среднее значение $ХПК_{Cr}$ составило 12,7 $мг_O/л$, что соответствует водам второго класса качества. Около 40% органического вещества в воде этого створа относится к гуминовым (среднее значение параметра $ХПК_{Mn}$ составляет 5,4 $мг_O/л$). Содержание биоразлагаемых органических веществ соответствует водам второго класса, хорошего качества (среднее значение $БПК_5$ составляет 3,2 $мгO_2/л$). Количество этих ОВ составляет около 25% всех органических веществ (табл. 3).

Таблица 3

Среднее содержание органических веществ в водах Днестра в период 2015-2019 гг.

Створ наблюдений	$БПК_5$, $мгO_2/л$	$ХПК_{Cr}$	$ХПК_{Mn}$	$\frac{БПК_5}{ХПК_{Cr}}$ %	$\frac{ХПК_{Mn}}{ХПК_{Cr}}$ %
		мгО/л			
Днестр выше впадения р. Рэут	3,2±0,58 0,3-7,1	12,7±1,8 2,0 – 22,0	5,4±1,0 0,2-13,8	25	43
Днестр ниже впадения р. Рэут	3,2±0,56 0,0 – 7,2	18,2±4,47 4,0 – 71,0	6,3±1,44 0,0 – 22,7	18	35
Днестр ниже впадения р. Икель	2,4±0,43 0,3 – 4,9	18,5±4,51 2,0 -55,0	6,0±1,62 1,44 – 24,6	13	32

Притоки способствуют дополнительному загрязнению днестровских вод органическим веществом, что отражается на росте количества устойчивых органических веществ в воде ($ХПК_{Cr}$) по мере поступления в них вод притоков. Данный параметр указывает на то, что Рэут является доминирующим дополнительным источником загрязнения вод Днестра устойчивыми органическими загрязнителями, а также гуминовыми веществами ($ХПК_{Mn}$).

Для оценки загрязнения вод Днестра биогенными элементами и для анализа тенденций трансформации различных минеральных форм азота и

фосфора, в изучаемых створах было проанализировано содержание нитратов, нитритов, ионов аммония, а также фосфат-ионов. Кроме этого, было рассчитано общее содержание минерального азота и фосфора и их соотношение, необходимое для прогнозирования тенденций в процессах эвтрофирования изучаемых водных объектов.

Полученные данные позволяют утверждать, что в днестровских водах, практически постоянно присутствовали минеральные формы азота и фосфора, содержание которых варьировало на исследуемом участке. Их содержание изменяется от типичных значений для нормальной воды до значений, характерных для умеренно загрязненных и загрязненных вод.

Средние значения, характеризующие содержание нитратов в днестровских водах, показывают, что на исследуемом участке концентрации этих ионов существенно не различаются и колеблются в пределах 4,19-4,47 мг/л. Также, на протяжении всего периода, не было обнаружено значительных изменений среднего содержания нитрит-ионов. Вместе с тем, было зафиксировано повышение содержания ионов аммония после впадения в Днестр притоков Рэут и Икель, что еще раз подтверждает вклад притоков в загрязнение вод Днестра неочищенными сточными водами, бытовыми отходами и отходами животноводства (табл. 4.).

Среднее содержание фосфатов в Днестре на исследуемом участке увеличивалось по мере впадения в него вод Рэута и Икеля и составляло в среднем 0,53 мг/л выше Рэута; ниже впадения Рэута - 0,95 мг/л и ниже впадения реки Икель - 1,35 мг/л.

Таблица 4

Средние значения содержания различных форм биогенных элементов в реке Днестр на протяжении 2015-2019 гг.

Створ наблюдений	NO_3^-, *мг/л*	NO_2-, *мг/л*	NH_4^+, *мг/л*	$\sum N_{мин}$, *мг/л*	PO_4^{3-}, *мг/л*	$P_{мин}$, *мг/л*
Днестр выше впадения р. Рэут	4,25±0,81	0,07±0,06	0,15±0,03	4,47±0,82	0,53±0,26	0,17±0,09
Днестр ниже впадения р. Рэут	4,19±0,84	0,06±0,05	0,23±0,06	4,46±0,83	0,95±0,47	0,31±0,15
Днестр ниже впадения р. Икель	4,47±0,84	0,06±0,05	0,20±0,03	4,72±0,83	1,35±0,56	0,44±0,18

Общее содержание минерального азота на исследуемом участке также увеличивается по мере поступления в Днестр вод притоков с 4,47 мг/л до 4,72 мг/л, что свидетельствует о влиянии Рэута и Икеля на загрязнение вод Днестра. В период исследований была установлена тенденция к изменению средних значений минерального азота и фосфора на наблюдаемом участке. Более высокие значения нитратов были обнаружены в 2017 году, нитратов и ионов аммония, а также фосфатов - в 2016 году. Полученные результаты демонстрируют отрицательную роль притоков в увеличении содержания биогенных элементов в днестровских водах.

Обобщая результаты мониторинга реки Днестр на указанном участке за 2015-2019 годы, можно сделать следующие выводы. Химический состав вод Днестра подвергается сезонным флуктуациям и дополнительно изменяется из-за проникновения воды из правых притоков - Рэута и Икеля. Полученные результаты демонстрируют очевидное влияние Рэута на содержание основных ионов и минерализацию вод Днестра. Средние значения за весь период исследования показывают увеличение жесткости вод Днестра ниже по течению реки на 15% по сравнению с ситуацией, выявленной в Днестре выше по течению реки. Также, наблюдается повышение минерализации днестровских вод на 10% ниже впадения в него реки Рэут. Этот приток способствует увеличению доли ионов магния и сульфат-ионов. Воды правобережных притоков Днестра - Рэут и Икель чрезмерно загрязнены трудноразлагаемыми органическими веществами, различными минеральными формами биогенных элементов. Все это представляет собой реальный риск для ухудшения экологической ситуации гидрографического бассейна Днестра.

Список источников:

1. Н.В. Горячева, Г.Г. Дука. Гидрохимия малых рек Республики Молдова. Chişinău:CEP USM, 2004, 288 с. ISBN 9975-70-471-9.
2. Advanced Water Quality Laboratory Procedures Manual // Hach Company. USA. Rev.1, 1997, 1140 p.
3. Resursele acvatice ale Republicii Moldova. Apele de suprafață. Sub red. V. Cazac, C. Mihailescu, Gh. Bejenaru, G. Gâlcă. Ch. : Î.E.P. Știința, 2007. – 248 p.

ISBN 978-9975-67-294-8.

4. Regulamentul cu privire la cerinţele de calitate a mediului pentru apele de suprafaţă, aprobat prin HG nr. 890 din 12.11.2013 şi publicat în MO nr. 262-267 pe 22.11.2013.

Исследования выполнены в рамках институционального проекта 20.80009.5007.27.