

УДК 574.5:581.526.32

Ю. М. Деньга¹, зав. лаб., **В. И. Мединец²**, канд. физ.-мат. наук, руководитель центра

¹ Украинский научный центр экологии моря, лаборатория аналитических работ и методических разработок,

Французский бульвар, 89, Одесса, 65009, Украина

² Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова, Центр мониторинга природной среды,

ул. Дворянская, 2, Одесса, 65026, Украина

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И КАЧЕСТВО ВОД ПРИДУНАЙСКИХ ОЗЕР

Представлены обобщенные результаты гидрохимических исследований Придунайских озер Ялпуг, Кугурлуй, Кагул, Китай и Котлабух, полученные в процессе выполнения программы интегрированного мониторинга в 2000-2001 г. при финансовой поддержке проекта ЕС – Тасис WW SCRE 1/№ 1 «Придунайские озера: устойчивое сохранение и восстановление естественного состояния и экосистем». Проведена оценка качества вод озер по гидрохимическим показателям для разных видов ее использования.

Ключевые слова: гидрохимический режим, качество воды, экосистема, Придунайские озера

Известно, что гидрохимический режим пресноводных и морских водоемов определяет условия обитания и функционирования живых организмов и является основной характеристикой биотопа водной экосистемы [1].

В процессе выполнения проекта ТАСИС “Придунайские озера: устойчивое сохранение и восстановление естественного состояния и экосистем” были начаты долговременные исследования современного состояния экосистемы Придунайских озер (Ялпуг, Кугурлуй, Кагул, Китай и Котлабух) для разработки стратегии и программы долговременного интегрированного экологического мониторинга экосистем озер и бассейна их водосбора [2].

Постановка такой задачи обусловлена тем, что существующие региональные программы мониторинга ограничены узковедомственными интересами и не используют интегрированный системный подход в исследованиях состояния экосистем озер и бассейна их водосбора. Одним из важнейших направлений мониторинга являлась подпрограмма исследования гидрохимического режима Придунайских озер. Результаты этих исследований были необходимы, прежде всего, для расчетов водно-солевого баланса, а также для оценки качества вод для различных целей водопользования.

Цель настоящей работы – обобщение результатов подпрограммы гидрохимического мониторинга и оценка качества вод Придунайских озер при использовании для целей орошения, рыбохозяйственного комплекса, питьевого водоснабжения и др.

Материалы и методы

В работе использованы результаты гидрохимических экспедиций в Придунайских озерах, выполненных в 2000 и 2001 году. В 2000 году было выполнено 2 экспедиции (в апреле и июле), а в 2001 г – 3 экспедиции (в марте, июне и сентябре) на всех Придунайских озерах. Учащенные ежедекадные наблюдения проводились на озерах Ялпуг и Кугурлуй в период с 20 марта по 30 ноября 2001 года (26 экспедиций). Схемы расположения станций интегрированного мониторинга экосистем Придунайских озер приведены в работе [3]. Отбор проб и выполнение гидрохимических анализов выполнялись сотрудниками Одесского национального университета, Дунайской гидрометобсерватории и Придунайского управления каналов, защитных сооружений и водохранилищ.

На каждой станции пробы воды отбирались с двух горизонтов – поверхностного и придонного. Набор определяемых гидрохимических показателей состоял из главных ионов солевого состава, биогенных элементов, растворенного в воде кислорода, БПК-5, рН и др. Подробное описание программы наблюдений в каждом из озер приведено в работе [3].

Отбор проб воды для проведения гидрохимических анализов производили батометром Молчанова емкостью 4 л и длиной 0,5 м [4]. Определение содержания ионов кальция в воде и определение общей жесткости воды проводились титриметрическим методом калиброванной бюреткой, с применением трилона Б [5, 6], магния — по разности между величинами общей жесткости и кальция [7], суммы натрия и калия - как разность между общими количествами катионов и анионов [7], гидрокарбонатов – с помощью бюретки титриметрическим методом с использованием соляной кислоты [8], хлорид-ионов — титриметрическим методом калиброванной бюреткой, с применением азотнокислого серебра [9], сульфат-ионов — весовым методом с использованием хлористого бария [10]. Минерализация проб воды рассчитывалась в мг/л [7], как сумма главных ионов: кальция, магния, натрия, калия, сульфатов, хлоридов и гидрокарбонатов. Определение содержания ионов аммония в воде проводилось фотометрическим методом с применением нитропруссид натрия и фенола [11], а нитрит-, нитрат-ионов и общего азота — фотометрическим методом с использованием реактива Грисса [4,12]. Определение содержания кремния в воде проводилось фотометрическим методом с использованием молибденовокислого аммония и соляной кислоты [7], фосфатов — фотометрическим методом с использованием молибденовокислого аммония, асорбиновой кислоты и сурьмяновиннокислого калия [13],

общего фосфора — фотометрическим методом после персульфатного окисления [14]. Определение биохимического потребления кислорода (БПК₅) проводилось титриметрическим методом [7].

Результаты и их обсуждение

Основные результаты выполненных гидроэкологических исследований в 2000 г описаны нами в работе [15].

Было показано, что максимальные значения минерализации воды исследованных озер наблюдались в озерах Китай и Котлабух летом 2000 г (1655-3350 и 1688-5587 мг/л, соответственно), а минимальные — в озерах Картал, Кагул и Кугурлуй (416-430, 389-428 и 369 – 491 мг/л, соответственно). Наиболее неблагоприятная ситуация зафиксирована летом 2000 г в озерах Китай и Котлабух, в которых большинство гидрологических и гидрохимических параметров (14 из 19 в озере Котлабух, 12 из 19 в озере Китай) превышали предельно-допустимые значения. Относительно благоприятная ситуация регистрировалась в озере Картал, в котором превышения предельно-допустимых концентраций наблюдались лишь для 4 из 19 показателей (для температуры, биохимического потребления кислорода, сульфатов и общего фосфора). Во всех исследованных озерах летом 2000 г наблюдалось снижение содержания растворенного кислорода до предельно-допустимых значений и увеличение биохимического потребления кислорода до величин, в 4 – 6 раз превышающих предельно-допустимые значения.

Выявлено, что содержание общего фосфора (426-725 мг/кг) в донных отложениях всех озер оказалось в 10 – 15 раз выше содержания общего азота (34,8 – 50,2 мг/кг), что может свидетельствовать о существующих в бассейне источниках поступления фосфорных соединений в экосистемы озер. Максимальные концентрации органического вещества (47,5 – 49,3 г/кг) зарегистрированы в донных отложениях озера Картал, в других озерах эти значения были в 1,5 – 1,7 раза ниже.

Результаты выполненных в 2001 году гидрохимических исследований Придунайских озер представлены в таблице 1. Для выявления критических уровней гидрохимических показателей мы рассмотрели пределы изменения концентраций и сравнили их с нормируемыми в Украине либо в Европейском Союзе показателями или предельно допустимыми концентрациями. Анализ представленных данных показал, что измеренные гидрохимические показатели изменялись в довольно значительных пределах. При этом необходимо отметить, что максимальные значения минерализации воды отмечались в озерах Китай и Котлабух, а минимальные в озерах Кагул и Кугурлуй.

Сравнение реальных значений гидрохимических параметров с предельно допустимыми концентрациями, которые определены национальными и европейскими стандартами [16 – 20] для пресных вод, показало, что из 18 приведенных в таблице параметров, в течение года регистрировалось их превышение по 9 параметрам в озерах Котлабух

и Китай, по 7 – в озере Ялпуг, по 5 – в озере Кугурлуй и по 3 – в озере Кагул.

При этом во всех озерах было зафиксировано превышение ПДК по сульфатам и БПК₅. Высокие значения последнего параметра свидетельствуют о высоком содержании аллохтонного органического вещества в водах Придунайских озер. Во всех озерах фиксировались значения рН, незначительно превосходящие верхнюю границу допустимых изменений.

В озере Китай превышение регистрировалось по кальцию, магнию, сумме натрия и калия, хлор-иону, сульфатам, минерализации, аммонийному азоту, БПК₅ и рН. Практически аналогичная картина наблюдалась в озере Котлабух. Различие было лишь в том, что аммонийный азот – не превышал ПДК, зато превышение ПДК регистрировалось для нитритов. На третьем месте по количеству не соответствующих стандартам показателей находилось озеро Ялпуг, в котором превышение нормируемых показателей было зарегистрировано для магния, суммы натрия и калия, хлор-иона, сульфатов, минерализации, БПК₅ и рН. Относительно благополучная гидрохимическая характеристика была зафиксирована для озер Кагул и Кугурлуй, в которых периодически регистрировались концентрации, превышающие ПДК для сульфатов, а также БПК и рН, превышающие нормируемые показатели. Дополнительно к вышеназванным, в озере Кугурлуй – были зафиксированы превышения ПДК по нитритам и сульфатам.

Таким образом, можно сделать вывод, что наилучшее качество воды по гидрохимическим показателям регистрировалось в озерах Кагул и Кугурлуй, а наихудшее – в озерах Китай и Котлабух. Несмотря на то, что концентрации ионов в озерах существенно различаются по абсолютной величине, условно все озера по составу основных анионов можно разделить на две группы:

Группа 1: озера Ялпуг, Китай и Котлабух (с преобладающим вкладом сульфатов).

Группа 2: озера Кугурлуй и Кагул (с преобладающим вкладом гидрокарбонатов).

Используя подходы, изложенные в методике экологической оценки качества поверхностных вод [21], мы провели оценку качества вод Придунайских озер по гидрохимическим показателям (таблица 2).

В заключение необходимо отметить следующее. Результаты исследований и наблюдений свидетельствуют о том, что качество экосистем большинства Придунайских озер в целом не отвечает требованиям, предъявляемым к водоемам многоцелевого использования. На основе интегральной оценки гидрохимических показателей Придунайских озер установлено, что наиболее неблагоприятная экологическая ситуация сложилась в озерах Китай, Котлабух и Ялпуг. Экосистема озера Кугурлуй характеризуется лучшим качеством по сравнению с вышеперечисленными озерами, однако это качество не сохраняется на протяжении года и ухудшается в летний период. Качество водной среды

Таблица 1
Интервалы изменения основных гидрохимических показателей в Придунайских озерах в 2001 году

Параметры	Интервалы изменения показателя в течение года										ПДК		
	Яллуг	Кугурлуй	Кагул	Китай	Котлабух	Питьевое водоснабжение		Рыбохозяйственное использование		[16]	[17,18]	[19]	[20]
O ₂ , %	73 - 211	73 - 146	86 - 109	92 - 102	97 - 115								
O ₂ , мг/л	6,5 - 17,9	6,8 - 13,4	7,6 - 12,1	6,1 - 11,8	7,0 - 12,9					5,0	6,0	6,0	4,0
Кальций, мг/л	25 - 51	25 - 42	37 - 50	13 - 144	14 - 120					100	180	180	
Магний*, мг/л	22 - 98	15 - 45	19 - 36	71 - 222	13 - 160					50	50	50	
Na + K*, мг/л	126 - 713	54 - 199	20 - 77	269 - 699	114 - 450					212	170	170	
HCO ₃ ⁻ , мг/л	190 - 325	73 - 229	172 - 204	154 - 261	179 - 280								
Cl ⁻ , мг/л	110 - 330	34 - 145	27 - 68	208 - 550	27 - 432					350	250	300	
SO ₄ ⁻² , мг/л	146 - 520	64 - 282	42 - 126	530 - 1650	227 - 956					500	250	100	
Минерализация*, мг/л	670 - 1560	385 - 917	336 - 544	1290 - 3490	617 - 3110					1000	1500	1000	
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,02 - 0,37	0,06 - 0,36	0,03 - 0,14	0,07 - 0,58	0,08 - 0,27					0,5	0,5	0,5	<0,2
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,000 - 0,017	0,00 - 0,030	0,00 - 0,017	0,00 - 0,011	0,00 - 0,030					0,1 - 0,5	0,020	0,020	<0,03
NO ₃ ⁻ , мг/л	0,007 - 1,00	0,003 - 0,70	0,007 - 1,37	0,030 - 0,75	0,040 - 1,23					50	9,1	9,1	
Азот общий, мг/л	0,1 - 4,3	0,1 - 3,9	—	—	—								
Кремний, мг/л	0,5 - 2,9	0,1 - 5,1	0,5 - 4,0	0,7 - 7,6	0,5 - 4,8					10			
Фосфаты, мг/л	0,005 - 0,110	0,015 - 0,056	0,003 - 0,083	0,004 - 0,160	0,005 - 0,150								
Фосфор общий, мг/л	0,01 - 0,36	0,03 - 0,18	0,01 - 0,06	0,03 - 0,19	0,02 - 0,11								0,4
БПК ₅ , мгO ₂ /л	0,26 - 6,50	0,56 - 7,80	1,31 - 6,0	4,9 - 14,2	1,64 - 6,80					3,0		6,0	6,0
РН, ед.	6,65 - 8,95	6,75 - 8,85	8,11 - 8,51	8,11 - 8,62	8,25 - 8,70					6,5 - 8,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,0	6 - 9
Мутность (взвесь), мг/л	2,4 - 11,0	3,5 - 47,0	—	—	—					+ 0,25 к фону		+ 0,75 к фону	<25
Прозрачность, м	0,2 - 3,7	0,2 - 2,1	0,2 - 1,8	0,12 - 0,4	0,25 - 0,6							0,3	1,0

* — параметры определены расчетным путем

Таблица 2
Оценка критериев качества вод озер Ялпуг и Кугурлуй в 2001 году по гидрохимическим показателям [21]

№ №	Критерий качества	Озеро Ялпуг	Озеро Кугурлуй	Озеро Кагул	Озеро Китай	Озеро Котлабух
1	Критерий минерализации	Класс качества: III Категория качества: 4 β-мезогалинные	Класс качества: II Категория качества: 2 Гипогалинные-Олигогалинные	Класс качества: II Категория качества: 2 Гипогалинные-Олигогалинные	Класс качества: V Категория качества: 7 β-мезогалинные	Класс качества: IV Категория качества: 6 β-мезогалинные
2	Критерий ионного состава	Сульфатные	Гидрокарбонатные	Гидрокарбонатные	Сульфатные	Сульфатные
3	Критерий загрязнения компонентами солевого состава	Класс качества: IV Категория качества: 6	Класс качества: II Категория качества: 3-4	Класс качества: II Категория качества: 3	Класс качества: V Категория качества: 7	Класс качества: V Категория качества: 7
4	Трофично-сапробиологические критерии					
	РН	Класс качества III, категория 5	Класс качества III, категория 5	Класс качества III, категория 5	Класс качества III, категория 5	Класс качества III, категория 5
	Аммоний	Класс качества II, категория 5	Класс качества II, категория 3	Класс качества I, категория 1	Класс качества III, категория 5	Класс качества II, категория 2
	Нитраты	Класс качества III, категория 5	Класс качества III, категория 5	Класс качества II, категория 3	Класс качества II, категория 3	Класс качества I, категория 1
	Фосфаты	Класс качества III, категория 4	Класс качества III, категория 4	Класс качества II, категория 2	Класс качества II, категория 3	Класс качества II, категория 2
	Кислород	Класс качества IV, категория 6	Класс качества III, категория 5	Класс качества II, категория 3	Класс качества II, категория 3	Класс качества II, категория 3
	БПК5	Класс качества III, категория 4	Класс качества III, категория 5	Класс качества II, категория 2	Класс качества III, категория 5	Класс качества II, категория 2

в озере Кагул практически весь год соответствует нормативам по гидрохимическим показателям.

В заключение авторы выражают благодарность проекту ТАСИС “Придунайские озера: устойчивое сохранение и восстановление естественного состояния и экосистем” за финансовую поддержку при подготовке статьи к публикации, а также лично П. Гориану, В. Н. Морозову, И. Д. Кичуку и И. Г. Чорою за помощь в проведении экспедиций и обработке проб.

Литература

1. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. — М.: Гидрометеиздат, 1984. — 560 с.
2. Гориан П., Мединец В. И. Интегрированный экологический мониторинг Придунайских озер и бассейна их водосбора: стратегия, программа и методология. Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія, №4(15). Спеціальний випуск: Гідроєкологія. 2001. С. 207 — 209.
3. Мединец В. И. Обзор программы интегрированного мониторинга природной среды бассейна Придунайских озер в 2001 году. См. настоящий сборник.
4. РД 52.24.32-86. «Методические указания по выполнению измерений массовой концентрации азота нитритов в пробах природных вод фотометрическим методом с реактивом Грисса». Исполн.: В. А. Брызгало, Л. С. Косменко, Т. О. Гончарова. — Ростов-на-Дону: ГХИ, 1986. — 16 с.
5. РД 52.24.55-88. «Методические указания по выполнению измерений массовой концентрации кальция в пробах природных вод титриметрическим методом с трилоном Б». Исполн.: А. Г. Стродомская, Т. О. Гончарова. — Ростов-на-Дону: ГХИ, 1988. — 12 с.
6. РД 52.24.47-87. «Методические указания по выполнению измерений величины жесткости природных вод титриметрическим методом с трилоном Б». Исполн.: А. Г. Стродомская, М. М. Образцова. — Ростов-на-Дону: ГХИ, 1987. — 6 с.
7. Алевкин О. А., Семенов А. Д., Скопинцев Б. А. Руководство по химическому анализу вод суши, — Л.: Гидрометеиздат, 1973. — 239 с.
8. РД 52.24.61-88. «Методические указания по выполнению измерений массовой концентрации гидрокарбонат-ионов в пробах природных вод методом обратного титрования». Исполн.: А. Г. Стродомская, Л. Г. Павленко, Т. О. Гончарова. — Ростов-на-Дону: ГХИ, 1988. — 12 с.
9. РД 52.24.59-88. «Методические указания по выполнению измерений массовой концентрации хлорид-ионов в пробах природных вод титриметрическим методом». Исполн.: А. Г. Стродомская, В. А. Генералова, Т. О. Гончарова. — Ростов-на-Дону: ГХИ, 1988. — 12 с.
10. Руководство по химическому анализу “вод суши”/ Под ред. А. Д. Семенова. — Л.: ГМИ, 1977. — с. 118 — 121.
11. РД 52.24.35-87. «Методические указания по фотометрическому определению аммиака и ионов аммония в природных водах в виде индофенолового синего». Исполн.: Л. В. Боева, Н. Н. Урасова, Л. Н. Кубракова. — Ростов-на-Дону: ГХИ, 1987. — 17 с.
12. РД 52.24.31-86. «Методические указания по определению нитратов в природных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса». Исполн.: В. А. Брызгало, Л. С. Косменко, Т. О. Гончарова. — Ростов-на-Дону: ГХИ, 1986. — 16 с.
13. РД 52.24.32-86. «Методические указания по выполнению измерений массовой концентрации фосфора фосфатов в пробах природных вод фотометрическим методом». Исполн.: И. М. Семенова, В. Г. Сойгер, Т. О. Гончарова. — Ростов-на-Дону: ГХИ, 1986. — 15 с.

14. РД 52.24.31-86. «Методические указания по определению общего фосфора в природных водах методом персульфатного окисления». Исполн.: Л. В. Боева, Л. И. Кубракова, Е. В. Кудрявцева. — Ростов-на-Дону: ГХИ, 1987. — 10 с.
15. *Результаты* гидроэкологических исследований Придунайских озер весной и летом 2000 года. Медінец В. І., Васильева Т. В., Газетов Е. І. и др. // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія, №3(14) Спеціальний випуск: Гідроекологія. — 2001. С. 74 – 75.
16. ГОСТ 2874-82. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованном питьевом и техническом водоснабжении. — М.: Госстандарт СССР 1982. — 12 с.
17. Council Directive 98/83 EC on 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. — Official Journal of the European Communities. 1998, L330. — P. 32 – 54.
18. Council Directive 80/778 EEC on 15 July 1980 relating to the quality of water intended for human consumption. — Official Journal of the European Communities. 1980, L223. — P. 11 – 29.
19. *Обобщенный* перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочных безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. — М.: Минрыбхоз: Главрыбвод, 1990. — 46 с.
20. Council Directive 78/659 EEC of 18 July 1978 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life. — Official Journal of the European Communities 1978, L222. — P. 1 – 10.
21. *Методика* екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк, та ін., — К.: СИМВОЛ-Т, 1998. — 28 с

Ю. М. Деньга¹, В. І. Медінець²

¹ Український науковий центр екології моря,
Французський бул., 89, 65009, Україна

²Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова,
Центр моніторингу природного середовища,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65026, Україна

ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ І ЯКІСТЬ ВОД ПРИДУНАЙСЬКИХ ОЗЕР

Резюме

Наведено узагальнені результати гідрохімічних досліджень Придунайських озер Ялпук, Кугурлуй, Кагул, Котлабух и Китай, які були проведені в процесі виконання програми інтегрованого моніторингу в 2000 – 2001 роках за фінансової підтримки проекту ЄС-Тасіс «Придунайські озера: стале збереження та відновлення природного стану та екосистем». Проведено оцінку якості води озер з використанням гідрохімічних показників для різних видів її користування.

Ключові слова: гідрохімічний режим, якість води, екосистема, Придунайські озера.

Yu. M. Denga¹, V. I. Medinets²

¹Ukrainian Scientific Centre of the Ecology of Sea,
89, Frantsuzskiy Blvd, Odessa, 65009, Ukraine

²Odessa National I. I. Mechnikov University,
Centre for Environmental Monitoring,
Dvoryanskaya Str., 2, Odessa, 65026, Ukraine

HYDROCHEMISTRY AND WATER QUALITY OF LOWER DANUBE LAKES

Summary

Some generalized results of hydrochemical investigation of Lower Danube Lakes Yalpug, Kugurlui, Kagul, Kotlabukh and Kitai are received as the result of studies conducted in framework and with financial support of EC-TACIS project "Lower Danube Lakes: Sustainable Restoration and Protection of Habitats and Ecosystems" as part of integrated long-term ecological monitoring programme in 2000-2001.

Water quality assessment is done on hydrochemical parameters for the purposes of different uses.

Key words: hydrochemistry, water quality, ecosystem, Lower Danube Lakes.