

УДК 504.455; 543.3

¹Сухарева О.Ю., к.х.н., доц.; ¹Ярема Т.М., маг.; ²Сухарева Т.С., к.х.н., пров. спец.

ОЦІНКА ГІДРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВОДИ ОЗЕРА СИНЕВИР ТА ЙОГО ПРИТОКІВ

¹ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 88000, м. Ужгород, вул. Підгірна, 46; e-mail: osukhareva@ukr.net²Закарпатський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, 88018, м. Ужгород, Слов'янська набережна, 25

Озеро Синевир, яке розташовано у межах НПП «Синевир» (Міжгірський район, Закарпатська область) є перлиною нашого краю і одним із природних чудес України [1]. Сьогодні території навколо озера широко використовуються не тільки з туристичною метою, але і з рекреаційною ціллю, що призводить до зростання антропогенного навантаження на озеро Синевир. Тому важливим аспектом оцінки антропогенного навантаження на озеро є визначення гідрохімічних показників води озера Синевир. Крім того, озеро Синевир живиться 4 притоками, а з озера бере виток один струмок, тому доцільно оцінити гідрохімічні показники стану води на різних ділянках озера.

Оцінка стану поверхневих вод (як озер, так і річок) часто проводиться за гідрохімічними показниками [2-5] і такі дослідження є актуальними для різних країн світу [6-10]. Визначення гідрохімічних показників поверхневих вод дозволяє оцінити як особливості впливу геохімічних умов на стан вод, так і оцінити ступінь антропогенного навантаження на водойми.

Метою даної роботи є визначення гідрохімічних показників води озера Синевир (та джерел його живлення) для оцінки ступеня антропогенного навантаження на водойму.

Експериментальна частина

Визначення гідрохімічних показників води озера Синевир проводилося протягом 2015-2016 років щосезону (09.2015, 12.2015, 03.2016, 06.2016 та 09.2016) Відбір і зберігання проб води проводили за

стандартними процедурами (ДСТУ ISO 5667-1-2003, ДСТУ ISO 5667-2-2002, ДСТУ ISO 5667-3-2001), як і проб донних відкладів (ДСТУ ISO 5667-12-2001). Із донних відкладів відтисканням одержували воду, яку надалі досліджували.

Ділянки відбору проб обиралися таким чином, щоб врахувати гідрохімічні показники вод притоків озера Синевир, стан води озера на різних глибинах, а також стан води струмка, який бере витік із озера. На рис. 1 схематично представлено ділянки відбору проб води.

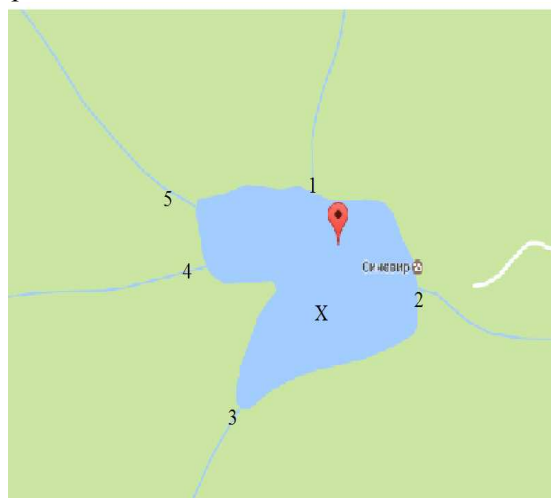


Рис. 1. Ділянки відбору проб води озера Синевир та його притоків:

1 – притока № 1; 2 – притока № 2; 3 – притока № 3; 4 – притока № 4; 5 – струмок, що бере витік із озера; X – ділянка відбору проб води з поверхні озера, глибин 16,0 і 20,5 м та донних відкладів.

Геологія і тектоніка розташування озера Синевир є складною [11].

Стандартні методи були використані для визначення гідрохімічних показників води озера Синевир [12]. Для оцінки стану

вод використовували наступні показники: рН (ДСТУ 4077-2001), хлориди (ДСТУ ISO 9297:2007), сульфати (ДСТУ ISO 15923-1:2018), гідрогенкарбонати (ДСТУ ISO 9963-2:2007), іони Магнію та Кальцію (ДСТУ ISO 6059:2003, ДСТУ ISO 6058:2003), БСК₅ (ДСТУ ISO 5815-2:2009), іони Натрію (ДСТУ ISO 11885:2005), нафтопродукти (ДСТУ ISO 9377-2:2025), нітрати (ДСТУ 4078-2001), нітрити (ДСТУ ISO 6777:2003) та іони амонію (ДСТУ ISO 7150-1:2003).

Спектрофотометричні дослідження проводили на КФК-3, визначення рН вод проводили рН-метром ОР-211/1, визначення

вмісту іонів Натрію та Калію (методом атомно-емісійної спектрометрії) проводили на приладі ФПА-2-01, а вмісту нафтопродуктів (після рідинної екстракції) – на газовому хроматографі «Кристал-2000».

Результати та їх обговорення

Узагальнені результати визначення гідрохімічних показників води озера Синевир та його притоків представлені у табл. 1-2. Слід зазначити, що нафтопродукти не були виявлені у пробах води, тому ці дані у таблицях не наведено.

Таблиця 1. Узагальнені результати (протягом 2015-2016 рр.) визначення гідрохімічних показників води озера Синевир

Зразок води	Узагальнені результати ($X_{\text{сеп}} \pm \Delta X$)										
	СГ, мг/дм ³	HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	Na ⁺ , мг/дм ³	Ca ²⁺ , мг/дм ³	Mg ²⁺ , мг/дм ³	*NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	*NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	pH	**БСК ₅
Поверхня озера	4,9 ± 1,1	42,7 ± 18,3	45,7 ± 13,1	28,5 ± 3,7	16,5 ± 1,2	6,7 ± 1,3	***0,01 – н/в	***31,1 – н/в	***0,15 – н/в	7,4 ± 0,2	4,2 ± 0,3
Глибина 16 м	5,5 ± 0,5	61,0 ± 3,2	50,9 ± 9,5	31,1 ± 6,2	19,6 ± 2,7	6,0 ± 0,3	***0,05 – н/в	***13,7 – н/в	***0,20 – н/в	6,8 ± 0,2	-
Глибина 20,5 м	6,1 ± 0,3	61,1 ± 2,9	62,5 ± 6,3	39,6 ± 7,4	24,9 ± 3,3	5,7 ± 0,4	***0,075 – н/в	***8,8 – н/в	***0,15 – н/в	6,7 ± 0,2	-
Вода віджата з намулу	9,3 ± 0,7	507 ± 28	57,6 ± 4,3	73,5 ± 3,9	112 ± 17	14,1 ± 1,4	н/в	н/в	н/в	-	-
Нормовані значення [13]	≤ 250	-	≤ 200	≤ 100	≤ 75	≤ 50	≤ 1,0	≤ 10,0	≤ 2,0	6,5 – 8,8	≤ 4,5

Примітка. * – у перерахунку на N; ** – БСК₅ (біохімічне споживання кисню протягом 5 діб), мгО₂/дм³; н/в – не виявлено; *** – інгредієнти виявляються у пробах води, які відібрані у літній період; загальна мінералізація (мг/дм³): поверхня озера – 132±41; глибина 16 м – 168±19; глибина 20,5 м – 185±24; вода віджата з намулу – 766±31.

Таблиця 2. Узагальнені результати (протягом 2015-2016 рр.) визначення гідрохімічних показників води притоків озера Синевир та струмка, який бере витік із озера

Зразок води	Узагальнені результати ($X_{\text{сеп}} \pm \Delta X$)										
	СГ, мг/дм ³	HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	Na ⁺ , мг/дм ³	Ca ²⁺ , мг/дм ³	Mg ²⁺ , мг/дм ³	*NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	*NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	pH	**БСК ₅
Притока 1	5,1 ± 1,7	62,3 ± 6,1	45,2 ± 13,1	21,0 ± 3,0	12,6 ± 1,8	3,8 ± 1,6	***0,02 – н/в	***0,37 – н/в	н/в	7,5 ± 0,1	< 0,3
Притока 2	5,5 ± 1,1	53,4 ± 16,8	25,4 ± 7,2	15,1 ± 4,5	13,2 ± 2,2	4,2 ± 1,3	н/в	н/в	н/в	7,6 ± 0,2	< 0,3
Притока 3	5,0 ± 1,1	35,4 ± 19,1	26,9 ± 12,0	15,8 ± 6,7	16,9 ± 2,3	4,4 ± 2,4	н/в	н/в	н/в	7,5 ± 0,2	< 0,3
Притока 4	5,7 ± 1,7	51,9 ± 24,6	28,3 ± 17,8	19,1 ± 9,9	12,1 ± 2,3	2,1 ± 0,5	н/в	***0,69 – н/в	н/в	7,4 ± 0,2	< 0,3
Струмок	5,1 ± 0,9	49,1 ± 21,2	37,6 ± 17,5	15,4 ± 9,3	13,9 ± 3,0	6,1 ± 1,4	***0,02 – н/в	***0,32 – н/в	н/в	7,5 ± 0,2	1,1 ± 0,4
Нормовані значення [13]	≤ 250	-	≤ 200	≤ 100	≤ 75	≤ 50	≤ 1,0	≤ 10,0	≤ 2,0	6,5 – 8,8	≤ 4,5

Примітка. див. табл. 1; загальна мінералізація (мг/дм³): притока № 1 – 155±35; притока № 2 – 126±47; притока № 3 – 77,1±42,3; притока № 4 – 119±51; струмок – 120±53.

Дані табл. 1 показують, що вода озера Синевир за гідрохімічними показниками відповідає вимогам, хоча є деякі сезонні відхилення. Зокрема, в літній період у воді озера спостерігається різке зростання вмісту Нітрогену (нітратного), що, очевидно, пов'язано з впливом антропогенних факторів. Поряд з цим, незначно зростає вміст у воді інших неорганічних сполук Нітрогену (нітрит-іонів та іонів амонію). У літній період вміст Нітрогену (нітратного) перевищує нормовані показники. Крім того, поверхнева вода озера Синевир містить достатньо високий вміст органічних речовин (за показником БСК₅), що також пов'язано з впливом антропогенних факторів. Більше того, в літній період спостерігається нетривале «цвітіння» води озера. Тому слід звернути увагу на антропогенне навантаження на озеро Синевир, перш за все, за рахунок рекреаційної діяльності.

З даних табл. 1 видно, що гідрохімічні показники води озера Синевир на глибині 16-20,5 м є більш стабільними, ніж біля поверхні. Із збільшенням глибини, поступово зростає загальна мінералізація озера та вміст у воді домінуючих аніонів і катіонів, але поступово зменшується рН води.

Дані табл. 2 показують, що притоки озера Синевир, які мають переважний вплив на хімічний склад води, мають відносно стабільні гідрохімічні показники і практично не містять органічних речовин за показником БСК₅) та неорганічних сполук Нітрогену. Це підтверджує висновок, що достатньо високий вміст органічних сполук у поверхневих ділянках та сезонне (літній період) зростання вмісту Нітрогену (нітратного) у воді озера Синевир зумовлено впливом антропогенних факторів. Струмок, який бере витік із озера Синевир, має близький хімічний склад, як і поверхнева вода озера. Тому, для підтримки екологічного стану води озера Синевир, необхідно зменшити антропогенне навантаження на озеро, зокрема обмежити рекреаційне навантаження на нього.

Висновки

Оцінка гідрохімічних показників води озера Синевир та його притоків показала, що більшість показників є відносно стабільними, проходить поступове зростання загальної

мінералізації (та вмісту основних аніонів і катіонів) у воді із зростанням глибини. Поверхневі води озера Синевир містять достатньо високий вміст органічних речовин (за показником БСК₅), який наближається до величини нормованого значення, а в літній період проходить різке зростання вмісту у воді Нітрогену (нітратного). Це пов'язано з впливом антропогенних факторів, передусім впливом рекреаційного навантаження на озеро Синевир.

Список використаних джерел

1. Швець М.О., Швець Н.Я. Синевир – морське око Українських Карпат. *Географія та основи економіки в школі*. 2010, 11-12, 40–43.
2. Zheng Q.D., Wang Z., Liu C.Y., Yan J.H., Pei W., Wang Z., Wang D.-G. Applying a population model based on hydrochemical parameters in wastewater-based epidemiology. *Science of The Total Environment*. 2019, 657, 466–475. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.426.
3. Papatheodorou G., Demopoulou G., Lambrakis N. A long-term study of temporal hydrochemical data in a shallow lake using multivariate statistical techniques. *Ecological Modelling*. 2006, 193(3-4), 759–776. Doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.09.004.
4. Fijani E., Moghaddam A.A., Tsai F.T.C., Tayfur G. Analysis and assessment of hydrochemical characteristics of Maragheh-Bonab plain aquifer, northwest of Iran. *Water Resources Management*. 2017, 31, 765–780. Doi:10.1007/s11269-016-1390-y.
5. Vystavna Y., Yakovlev V., Diadin D., Vergeles Y., Stolberg F. Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface and ground waters in the transboundary (Russia/Ukraine) Seversky Donets basin. *Environmental Earth Sciences*. 2015, 74, 585–596. Doi: 10.1007/s12665-015-4060-0.
6. Zhang B., Song X., Zhang Y., Han D., Tang C., Yu Y., Ma Y. Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface water and groundwater in Songnen plain, Northeast China. *Water Research*. 2012, 46(8), 2737–2748. Doi: 10.1016/j.watres.2012.02.033.
7. Saxena V.K., Singh V.S., Mondal N.C., Jain S.C. Use of hydrochemical parameters for the identification of fresh groundwater resources, Potharlanka Island, India. *Environmental Geology*. 2003, 44, 516–521. Doi:10.1007/s00254-003-0807-0.
8. Prasanna M.V., Chidambaram S., Gireesh T.V., Jabir Ali T.V. A study on hydrochemical characteristics of surface and sub-surface water in and around Perumal Lake, Cuddalore district, Tamil Nadu, South India. *Environmental Earth Sciences*. 2011, 63, 31–47. Doi: 10.1007/s12665-010-0664-6.

9. Onwuka O.S., Omonona O.V., Anika O.C. Hydrochemical characteristics and quality assessment of regolith aquifers in Enugu metropolis, southeastern Nigeria. *Environmental Earth Sciences*. 2013, 70, 1135–1141. Doi: 10.1007/s12665-012-2200-3.
10. Arpine H., Gayane S. Determination of background concentrations of hydrochemical parameters and water quality assessment in the Akhuryan River Basin (Armenia). *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. 2016, 94, 2–9. Doi: 10.1016/j.pce.2016.03.011.
11. Sukharev S., Bugyna L., Pallah (Sarvash) O., Sukhareva (Riabukhina) T., Drobnych V., Yerem K. Screening of the microelements composition of drinking well water of Transcarpathian region, Ukraine. *Heliyon*. 2020, 6, e03535. Doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03535.
12. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd ed. Washington: *American Public Health Association*, 2012, P. 1360.
13. WHO. Guidelines for drinking water quality. 3rd edition Vol. 1. Recommendations. Geneva: *World health Organization*, 2008.

Стаття надійшла до редакції: 08.02.2020.

EVALUATION OF HYDROCHEMICAL INDICATORS OF LAKE SYNEVYR WATER AND ITS TRIBUTARIES

¹Sukhareva O.Yu., ¹Yarema T.M., ²Sukhareva T.S.

¹*Uzhhorod National University, 88000 Uzhhorod, Pidhirna str. 46;*

e-mail: osukhareva@ukr.net

Transcarpathian region Scientific Research Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Uzhhorod, Ukraine

Lake Synevyr is the decoration of the Ukrainian Carpathians. It is fed by four tributaries, and one stream originates from the lake. In recent years, the anthropogenic load on Lake Synevyr and its coastal part has increased, primarily due to recreational activities. To evaluation the state of the water of Lake Synevyr, we used hydrochemical parameters, such as total dissolved solids, pH, chloride (Cl⁻), bicarbonate (HCO₃⁻), sulphate (SO₄²⁻), magnesium (Mg²⁺), calcium (Ca²⁺), sodium (Na⁺), nitrate (NO₃⁻), nitrite NO₂⁻, NH₄⁺, content of products and biochemical oxygen demand (BOD₅). Petroleum products were not found in the water of Lake Synevyr and its tributaries.

The hydrochemical parameters of the water of Lake Synevyr change with depth, in particular increasing content of chloride (mg·L⁻¹, 4.9 → 5.5 → 6.1), bicarbonate (mg·L⁻¹, 42.7 → 61.0 → 61.1), sulphate (mg·L⁻¹, 45.7 → 50.9 → 62.5), calcium (mg·L⁻¹, 16.5 → 19.6 → 24.9), sodium (mg·L⁻¹, 28.5 → 31.1 → 39.6) and total dissolved solids (mg·L⁻¹, 132 → 168 → 185), however, decreases pH (7.4 ← 6.8 ← 6.7) and content of magnesium (mg·L⁻¹, 6.7 ← 6.0 ← 5.7). The surface waters of Lake Synevyr contain a relatively high content of organic compounds (by indicator BOD₅, 4.3±0.2 mgO₂·L⁻¹), and in the summer the concentration of inorganic compounds of Nitrogen sharply increases (NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺), especially nitrates (31.1 mg(N)·L⁻¹). This is obviously due to the influence of anthropogenic factors, including human recreational activities. The hydrochemical parameters of the tributaries of Lake Synevyr are relatively stable, they contain a small amounts of inorganic compounds of Nitrogen and organic compounds. This confirms the anthropogenic origin of organic compounds and inorganic compounds of Nitrogen (NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺) in the water of Lake Synevyr. Therefore, it is necessary to reduce the anthropogenic influence on Lake Synevyr.

The hydrochemical parameters of the stream that originates from Lake Synevyr have a similar chemical composition as the surface water of the lake.

Keywords: Synevyr Lake; hydrochemical characteristics; water quality assessment; anthropogenic impact.

References

1. Shvets M.O., Shvets N.Ia. Synevyr – morske oko Ukrainykh Karpat. *Heohrafiia ta osnovy ekonomiky v shkoli*. 2010, 11-12, 40–43 (in Ukr.).
2. Zheng Q.D., Wang Z., Liu C.Y., Yan J.H., Pei W., Wang Z., Wang D.-G. Applying a population model based on hydrochemical parameters in wastewater-based epidemiology. *Science of The Total Environment*. 2019, 657, 466–475. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.426.
3. Papatheodorou G., Demopoulou G., Lambrakis N. A long-term study of temporal hydrochemical data in a shallow lake using multivariate statistical techniques. *Ecological Modelling*. 2006, 193(3-4), 759–776. Doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.09.004.
4. Fijani E., Moghaddam A.A., Tsai F.T.C., Tayfur G. Analysis and assessment of hydrochemical characteristics of Maragheh-Bonab plain aquifer, northwest of Iran. *Water Resources Management*. 2017, 31, 765–780. Doi: 10.1007/s11269-016-1390-y.
5. Vystavna Y., Yakovlev V., Diadin D., Vergeles Y., Stolberg F. Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface and ground waters in the transboundary (Russia/Ukraine) Seversky Donets basin. *Environmental Earth Sciences*. 2015, 74, 585–596. Doi: 10.1007/s12665-015-4060-0.
6. Zhang B., Song X., Zhang Y., Han D., Tang C., Yu Y., Ma Y. Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface water and groundwater in Songnen plain, Northeast China. *Water Research*. 2012, 46(8), 2737–2748. Doi: 10.1016/j.watres.2012.02.033.
7. Saxena V.K., Singh V.S., Mondal N.C., Jain S.C. Use of hydrochemical parameters for the identification of fresh groundwater resources, Potharlanka Island, India. *Environmental Geology*. 2003, 44, 516–521. Doi:10.1007/s00254-003-0807-0.
8. Prasanna M.V., Chidambaram S., Gireesh T.V., Jabir Ali T.V. A study on hydrochemical characteristics of surface and sub-surface water in and around Perumal Lake, Cuddalore district, Tamil Nadu, South India. *Environmental Earth Sciences*. 2011, 63, 31–47. Doi: 10.1007/s12665-010-0664-6.
9. Onwuka O.S., Omonona O.V., Anika O.C. Hydrochemical characteristics and quality assessment of regolith aquifers in Enugu metropolis, southeastern Nigeria. *Environmental Earth Sciences*. 2013, 70, 1135–1141. Doi: 10.1007/s12665-012-2200-3.
10. Arpine H., Gayane S. Determination of background concentrations of hydrochemical parameters and water quality assessment in the Akhuryan River Basin (Armenia). *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. 2016, 94, 2–9. Doi: 10.1016/j.pce.2016.03.011.
11. Sukharev S., Bugyna L., Pallah (Sarvash) O., Sukhareva (Riabukhina) T., Drobnych V., Yerem K. Screening of the microelements composition of drinking well water of Transcarpathion region, Ukraine. *Heliyon*. 2020, 6, e03535. Doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03535.
12. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd ed. Washington: *American Public Health Association*, 2012, P. 1360.
13. WHO. Guidelines for drinking water quality. 3rd edition Vol. 1. Recommendations. Geneva: *World health Organization*, 2008.