

ISSN 2413-8800(print), 2524-2598(online)

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка
Українське географічне товариство
Сумський відділ

**НАУКОВІ ЗАПИСКИ СУМСЬКОГО
ДЕРЖАВНОГО ПЕДАГОГІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ імені А.С. МАКАРЕНКА**

***ГЕОГРАФІЧНІ
НАУКИ***

Том 2, Випуск 6

***GEOGRAPHICAL
SCIENCES***

Volume 2, Issue 6

**SCIENTIFIC NOTES OF SUMY STATE
PEDAGOGICAL UNIVERSITY
NAMED AFTER A.S. MAKARENKO**

Науковий журнал
Виходить щорічно. Серію засновано у 2010 році

Суми
СумДПУ імені А. С. Макаренка
2025

Друкується згідно з рішенням Вченої ради

Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка
та Вченої ради Сумського відділу Українського географічного товариства

Редакційна колегія:

Корнус А.О. (Україна), кандидат географічних наук, доцент (**головний редактор**), **Сегіда К.Ю.** (Україна), доктор географічних наук, доцент (заступник головного редактора); **Король О.М.** (Україна), відповідальний секретар, кандидат педагогічних наук; **Барановський М.О.** (Україна), доктор географічних наук, професор; **Буц Ю.В.** (Україна), доктор технічних наук, професор; **Воровка В.П.** (Україна), доктор географічних наук, професор; **Карачоні Д.** (Австралія) доктор філософії (географічні науки), старший науковий співробітник; **Кисельов Ю.О.** (Україна), доктор географічних наук, професор; **Клок С.В.** (Україна), кандидат географічних наук, старший науковий співробітник; **Кончик Д.** (Польща) доктор філософії; **Корнус О.Г.** (Україна), кандидат географічних наук, доцент; **Міронєць Л.П.** (Україна), кандидат педагогічних наук, доцент; **Немець Л.М.** (Україна), доктор географічних наук, професор; **Рабії-Дасджерді Г.** (Ірландія), доктор філософії; **Удалов І.В.** (Україна), доктор геологічних наук, професор; **Чешла М.** (Польща), доктор філософії.

Адреса редакційної колегії:

40002, м. Суми, вул. Роменська, 87, к. 406,
e-mail: scinotesgeo@ukr.net
www.scinotesgeo.sspu.edu.ua

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за добір, точність, достовірність наведених фактів, власних імен, цитат, інших відомостей. Статті пройшли рецензування.

Видання зареєстроване та індексується у міжнародних наукометричних базах, репозитаріях та пошукових системах.

The peer-reviewed journal «Scientific Notes of Sumy State Pedagogical University Named after A.S. Makarenko. Geographical Sciences» is devoted to modern problems of geography and Earth sciences. In journal there are different questions concerning the theory and practical use of the results of geography researches in different Ukraine regions and all over the world. It is recommended for high school lecturers, scientists and specialists in this subject.

The journal is registered in the international databases, repositories and search engines.

© СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2025

© Автори статей, 2025

I. ФІЗИЧНА ГЕОГРАФІЯ, ГЕОЕКОЛОГІЯ ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

UDC 504.436+553.7.031.5

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14632028>

**Athamena A., Belalite H., Aouissi H.A., Athamena M., Boughediri M.,
Laamouri B., Gaagai A., Kebaili F.K., Benselhoub A.**

ORIGIN, EVOLUTION AND ASSESSMENT OF THE HYDROGEOCHEMICAL FUNCTIONING OF A THERMAL MINERAL SPRING IN BATNA (EASTERN ALGERIA)

A hydrogeological study of the thermal source of Ouled Aïcha in the Aurès Mountains showed that the source emerges in a particular natural context mainly represented by the presence of a vertical fault in the NE-SW direction affecting Cretaceous limestone. This supports the increase on the surface of moderately hot water, whose temperature is approximately 30 °C and an exploited flow of 3 L·s⁻¹. The vertical electric sounding in situ showed the in-depth presence of a saliferous conducting level within a calcareous-resistant mass, which probably settled in the fault's favor. The presence of this saliferous level strongly influences the hydrochemistry of this thermal source. Thus, the water from the source is characterized by high salinity due to its temperature, which favors the dissolution of mineral salts in sufficient quantity throughout its journey (12390 μS/cm). The high concentrations of chlorides, sodium and sulfates indicate a significant contribution of salt from evaporitic formations as for the calcium content indicates that this water is influenced by the dissolution of carbonate formations. These physicochemical characteristics provide this water therapeutic virtue, which can be attributed to its chemical composition, high rock salt content, and low nitrate content. Geothermometry has shown that these thermal waters acquire a high temperature in their original tanks coming from a depth through a fault system that affects the basement.

Key words: source, thermal mineral spring, hydrochemistry, Aurès region, Algeria.

© Athamena Ali¹✉, Belalite Halima², Aouissi Hani Amir³, Athamena Malika⁴, Boughediri Mabrouk⁵, Laamouri Bachir⁶, Gaagai Aissam⁷, Kebaili Ferial Kheira³, Benselhoub Aissa³✉

¹ Department of Geology, Institute of Earth and Universe Sciences, Batna 2 University, Batna, Algeria, athamena@univ-batna2.dz

² Department of Science and Technology, Institute of Science and Technology, University Center of Mila, Mila, Algeria

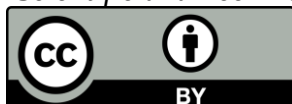
³ Environmental Research Center (CRE), Annaba, Algeria, benselhoub@yahoo.fr

⁴ Department of Hydraulics, Faculty of Technology, Batna 2 University, Batna, Algeria

⁵ Faculty of Sciences of Bizerte, University of Carthage, Carthage, Tunisia

⁶ Department of Earth Sciences and Universe, Faculty of Exact Sciences, Nature and Life Sciences, University of Biskra, Biskra, Algeria

⁷ Scientific and Technical Research Center on Arid Regions (CRSTRA), Biskra, Algeria



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Article Info: Received: August 7, 2024;

Final revision: November 7, 2024; Accepted: January 11, 2025.

Introduction. Thermal Mineral Springs are found all over the world and have garnered a lot of interest because of their possible medicinal benefits, which differ depending on the quality of the fluids they contain [1]. Studies have been carried out worldwide to investigate the physicochemical, bacteriological, and medicinal properties of hot waters [2-6]. Hot water is widely used to treat several illnesses. All thermal spa resorts provide drinking cures, which are examples of internal treatments [7]. External treatments included massages, mud treatments, baths, showers, inhalations, gargles, and other forms of treatment. Thermal therapy is regarded as a pinnacle of natural medicine. It has demonstrated efficacious outcomes in the management of many illnesses [8, 9].

Since the first age of humanity, hot water has been sought after by humans to heal themselves. The first use of hot water for medical purposes dates back to 3000 BC. However, thermalism originated with the Romans, founders of the first "Thermes". The World Health Organization (WHO) officially recognized the International Federation of Thermalism in 1986. This recognition is based on the true scientific validity of thermal medicine and its significance [7]. At that time, these hot waters were recognized for their therapeutic benefits. After a long period of oblivion during the middle Ages, thermalism was reborn from its ashes in the 16th century. The XXI century opens the way for a new generation of exploitation of thermo-mineral waters; which combines care with relaxation and nature with conviviality [10].

Previous studies on thermalism in Algeria have outlined the main categories of thermal aquifers and concentrated on a number of thermal sources with first-rate therapeutic qualities [11-15]. These thermal sources were primarily found in the northeastern region of Algeria, central Algeria, northern Sahara, and northwestern regions.

In the "wilaya" (city) of Batna, the thermal spring "Ouled Aïcha" is located approximately 10 Km far from the southwest of Arris, in the middle of the Aurès mountain, to the right of a location known as "Tighanimine". This spring is only in this region, and it almost does not appear because intensive plant cover dominates the massif. However, the local inhabitants have used this spring for many purposes, particularly for treatment. In recent years, this source has suffered from deterioration in its quality because of many problems, which we will focus on in this work. Consequently, the exploitation of these thermo-mineral waters constitutes a technical and scientific challenge not only for practitioners but also for scientists and researchers. Indeed, the exploitation of such mineral water deposits requires a multidisciplinary study merging different aspects of hydrogeology such as hydrodynamics and hydrochemistry.

The objective of this study was to conceptualize the hydrogeochemical functioning of the Ouled Aïcha Source, Eastern Algeria, using hydrodynamic and

hydrochemical investigations. In an effort to boost the local economy, our study seeks to highlight the areas home to these thermal springs. Thus, it is essential to emphasize that the thermal sector requires more attention in Algeria, as is the case in most countries around the world.

Materials and Methods

Geographical Context of the Study Site

The Aurès are crisscrossed, from the Northeast to the South-West, by a series of extremely deep valleys (such as Wadi Labiod, Wadi Abdi and Wadi Chenaouara). The massif leans in the North to the southern limit of the neritic mole constantinois, whose altitude varies between 1000 and 1200 m and plunges in the South in the vast Saharan plain, whose altitude varies between 100 and 150 m. The differences in altitude were accompanied by climatic diversity. Indeed, the high peaks (Chèlia and Mahmel) are the domain of the cold sub-humid bioclimate, where precipitation is quite important (from 600 to 900 mm/year) and where one observes relatively persistent snow cover [16]. Outside this zone (sub-humid), a cold semi-arid bioclimatic domain with lower precipitation (300 to 600 mm/year) was observed. Of all the subdivisions of Aurès region, one of the most interesting is the famous valley of the Oued El Abiod. It is located at the southwestern end of the wilaya of Batna in a pre-Saharan area at a distance of 300 km from the Mediterranean and at the crow flies 70 km south of the chief town of the wilaya of Batna (Fig. 1).

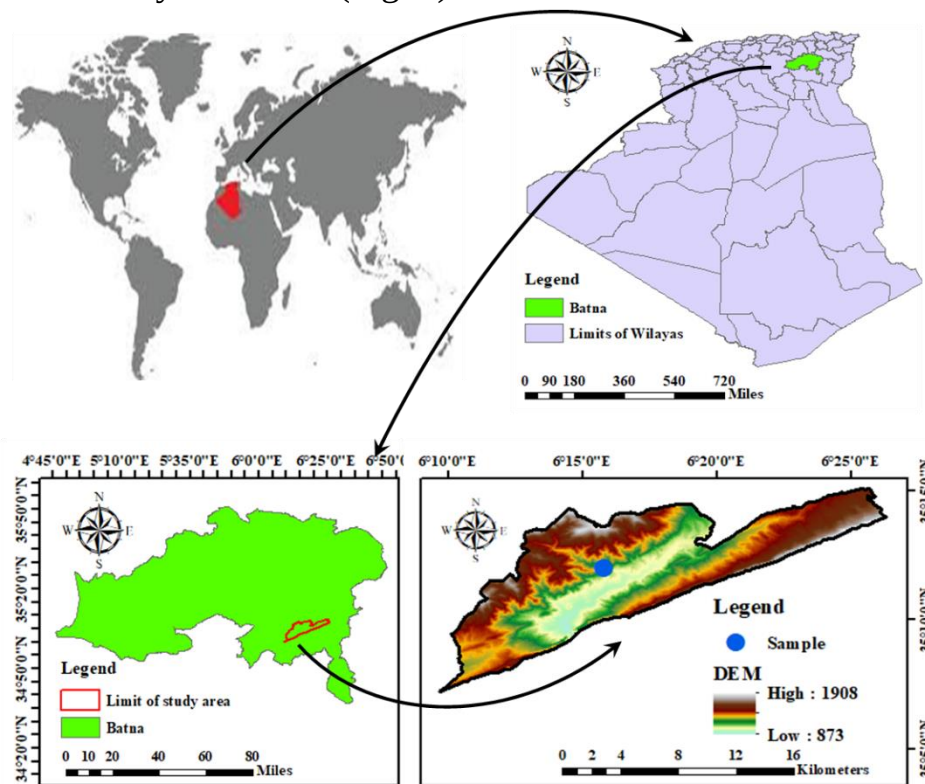


Fig. 1. Study area location (Own edition using ArcGIS Software)

It is a rugged plateau deeply ravined, sloping from North-East to South-West and squeezed like a corridor between two folds of the massif: the chain of Djebel Takroumt and Djebel Krouma to the north-west, and Djebel Ahmar Khaddou to the South-East.

The thermal Source Ouled Aïcha (Fig. 2) emerges in the center of the Aurès massif to the right of a geographical region called Tighanimine at about ten (10) km southwest of Arris in the wilaya of Batna. This locality owes its fame to its pristine landscape, mountainous climate and especially to its Sources that emerge on the eastern flank of the Aurès Mountains. The region is located at the top of the sub-catchment area of Oued Labiod 06-15 (Figure 1), which crosses it entirely and is also a part of the catchment area of Chott Melrhir. Naturally, it is limited to the southeast by the mountains of Zalato culminating in 1922 m, to the south of the mountains of Krouma culminating at 1543 and Dj. Lazrek, to the northeast by the mountains of Ichemoul and to the northwest by the mountains of El Mahmal culminating at 2321m.

Geological Context

The Aurès massif constitutes the heart of the Atlasic domain, occupying a geographical area extending from the mounts of Batna in the west to those of Nememcha-Ain Beïda in the east. The south is limited by the southern atlasic flexure. The structure of the Aurès is materialized by vast anticlines and synclines, well individualized, regular and oriented NE-SW of the axis N 50° to 60° E. This direction is generated by the atlasic phase, which has led to the emergence of this massif [17]. The Atlasic direction is affected by several fault systems that are organized in three directions: directional faults NE-SW, transverse faults NW-SE, and faults E-W. The organization is marked by a clear elevation of altitudes from north to south, from 1774 m at Djebel Bou Arif, 2321 m at Kef Mahmel and 2358 m at Ras Keltoum Djebel Chèlia. The Cretaceous was very developed in the Aurès, with a very clear opposition between two successive series, one where the sandstones dominate going up to the Albian, the other beginning with the Cenomanian and the sandstones are unknown. The sandstone series (lower Cretaceous) is approximately two thousand meters thick and contains marl and sometimes limestone but in lenses rather than in continuous layers. However, the marl and limestone series (Upper Cretaceous), which is approximately three thousand meters thick, never contains sandstone layers [17]. Indeed, the lower Cretaceous being a period of sandstone sedimentation, whereas the upper Cretaceous was a period of limestone sedimentation. All authors who have dealt with the geology of the Aurès, reported the existence of outcrops of gypsum and rock salt accompanied by variegated marlstones that were most often considered eruptive (Triassic outcrops were recognized, that of the Outaya, Maâfa, and Menâa Medina).

At the local scale of the site, many geological formations that stretch in the direction of the Atlas, with the exception of alluvium at the level of wadis and thalwegs are distinguished. These formations belong mainly to the Secondary including marl, clay and massive limestone. The site is characterized by the presence of a thick limestone bar that can exceed 400 m in thickness. These are gray limestones with characteristic elephant skin. These metric limestones are usually interspersed by layers of gray marl, with the presence of some lumachel layers of schistose gastropods [18]. Green marls, and sometimes gypsums cover this formation. Concerning the watercourses, there are very thin Quaternary formations, which result in ancient fluvial deposits, breccias and pebbles of ancient spreading, calcareous crusts, ancient scree, present and recent silts, present and recent alluvium and scree that continues to form.

The structural aspect is characterized by a general dip towards the North of about thirty degrees with a stronger straightening at the level of the summits (Fig. 2a). This configuration allows us to deduce that there is a monoclinial structure, probably on the eastern flank of a north-east-south-west anticline [18]. We have noted the presence of a vertical fault in a North-East-South-West direction, with a direction of N 20° E, (Fig. 2b).

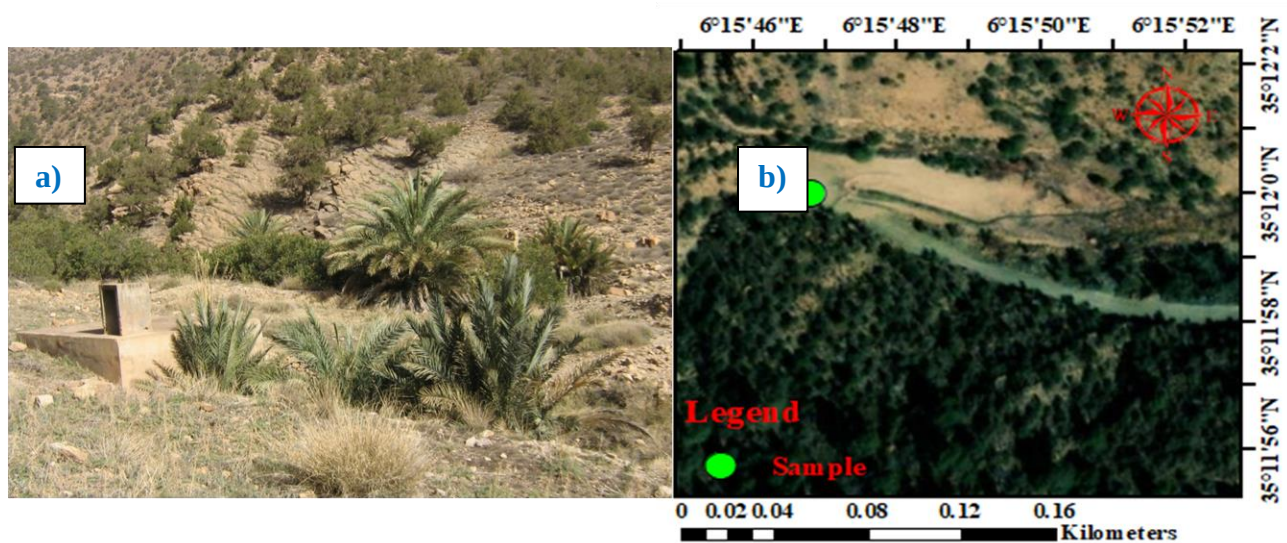


Fig. 2. Catchment chamber of the griffin: a) Photo taken by authors, b) location using Google Maps

This discontinuity has allowed the dip of the layers at the level of the hot source to change from a N 30° E direction to a N 160° E direction on both sides of the fault. Locally, the limestones are highly fissured and dislocated into metric blocks.

We can observe the geological sketch of the site (Fig. 3) and the Limestone bar of the right flank of the source where one notices the straightening at the level of the Summit below (Fig. 4).

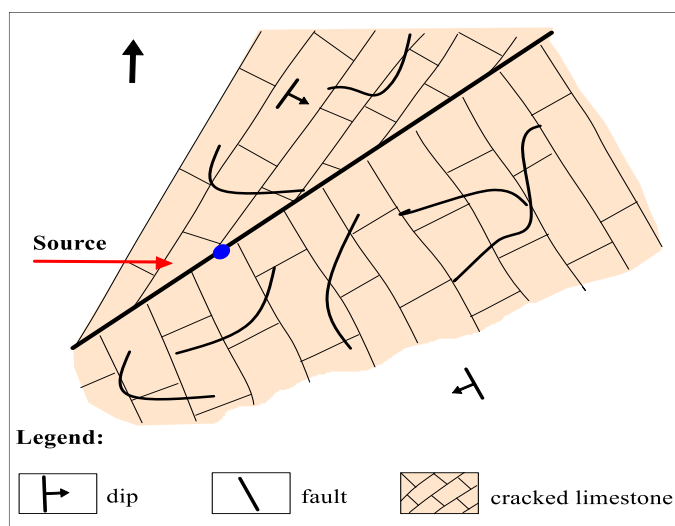


Fig. 3. Geological sketch of the site (Own edition)



Fig. 4. Limestone bar of the right flank of the source where one notices the straightening at the level of the Summit (Photo taken by authors)

Hydrogeological Context

Water Sampling and Laboratory Analysis. To achieve the results, three samples were collected. Sampling of water was carried out at the Source after 15 minutes of pumping (to remove the groundwater stored in the structure). The samples were collected in acid-rinsed polypropylene bottles of 1-liter capacity. Samples for each collection were kept in two bottles. The first is acidified to a $\text{pH} < 2$ using pure nitric acid, intended for the analysis of cations. The second bottle did not undergo any treatment and was intended for anion analysis. $0.45 \mu\text{m}$ cellulose acetate filters were used to filter samples immediately after collection. Physical parameters like pH, TDS and EC were determined at the site (Table 1) with the help of digital portable water analyzer kit WTW (P3 Multiline pH / LFSET). Determination of major cations and anions were realized in the laboratory using an analytical method (titrimetry), flame

atomic absorption (PERKIN ELMER 1100B), potentiometric titration as recommended by [19, 20] and the technique of the center of expertise in environmental analyzes of Quebec [21] for the determination of nitrates.

Table 1

Measured in situ parameters of the Wadi and Source waters			
Sample	pH	Electrical Conductivity at 25 °C ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temperature (°C)
Wadi	7.15	2 820	22.8
Source	5.70	12390	30

Geophysical Survey. A geophysical investigation campaign by electrical prospecting was carried out using a vertical electrical sounding (VES) near the studied thermal in order to clarify the local subsurface, geological and hydrogeological conditions. The principle of electrical prospecting consists of injecting a current of intensity I continuously into the ground between two extreme electrodes A and B (emission line) and measuring the potential difference V generated between two median electrodes M and N (reception line). The current I is displayed on an ammeter and the potential difference V is measured on a potentiometer. The four electrodes are arranged in a single row and symmetrically with respect to the center of the device [12, 22]. The apparent resistivity is measured by progressively moving the electrodes A and B away from the center, thus increasing the depth of investigation to the vertical of the measuring station. Then, the apparent resistivities calculated as a function of the length $AB/2$ are plotted on a bi-logarithmic diagram, which constitutes the characteristic curve of each electrical reading made (Figure 7). The interpretation of these curves allows us to deduce the apparent resistivity of each relevant configuration, while the thickness of each formation; it is drawn from catalogs in the case of the SEV consisting of lines with low emission [22-24]. It was possible to execute a single VES due to topographic and geomorphological constraints. The current injection with a resistivity meter type GESKA 71 in a line 700 m, which provides a mean depth of investigation of about 150 m. The implementation of the survey helped to reach data reflecting the saliferous character of the area.

Hydrodynamic Characterization. The Ouled Aïcha Source is located in the carbonate formations. These hot waters emerge on the surface thanks to tectonic accident. It is a thermal karstic aquifer whose water temperature is 30 °C [18]. The Source is formed by a 25 cm wide drain that we explored to a depth of 1 m. This drain has a direction orthogonal to the fault, thus following a northwest-southeast direction. The pumping test was carried out using a motor pump whose strainer was placed in the Source's claw (Fig. 5a) with a flow rate of 5 l/s. The pumping lasted 04 hours. The static level was in the water tank that protects the Source, at 3.58 m. During the pumping test, a stabilization was noticed. A second long-term flow test. We set the

pumping rate at 10 l/s (Fig. 5b). During this test, we found that the griffin dried up after a few minutes with a slight rise.



Fig. 5. The pumping test: a) Griffin of the Source; b) Second pumping test (Photos taken by authors)

Results and Discussion

Hydrodynamic Parameters. During the pumping test, we noticed a stabilization of the Source water level. Therefore, it's possible to interpret the data using Jacob's model [30-32]. The curve of pumping test formed by four parts, (Fig. 5). The first one, has a curve shape, it corresponds to the capacity effect. This part is very small because the dimensions of the griffin in which the strainer was placed are very small. The second part is formed by aligned themselves around a straight line and that corresponds to the Jacob model. This state lasted more than 90 min. The third part corresponds to the boundary effect. It is either a limit with imposed flow or a limit with imposed potential, but it seems to us that the first hypothesis is the most plausible because the flow in the wadi is almost absent except for a weak stream of water emanating from a source upstream, which would have no influence on this source. The fourth and last part corresponds to an ascent of water that occurred after stabilization but during pumping. This rise is of 6 cm which would correspond to a de-clogging of the griffin under the influence of pumping, because the source has been in lack of maintenance and abandonment for over 40 years and it is currently in charge which risks its loss [23]. The application of Jacob's model [24-27] allows estimating the transmissivity according to the following formula (1).

$$T = \frac{183 \cdot Q}{a} \quad (1)$$

With: T – transmissivity ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$); Q – flow (m^3/s) or $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; a – the slope of the line, i.e. 0.1.

The application of Jacob's model allows us to assign a value of $9 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ for the transmissivity. This value seems to be very high because the water is most likely

flowing in a drain. The pumping rate and the drawdown were useful to calculate a specific flow rate, which also gives a very high value of approximately 31.5 l/s/m. These parameters show that the capacities of this karstic system are important and that pumping of this griffin can be ensured with a larger flow. The second test with a pumping rate of 10 l/s dried up of the claw after a few minutes with a slight rise. We can conclude that the capacities of this karstic system are low to medium and that pumping at this claw can be done using a flow rate of 2 to 3 l.S⁻¹ at most (Fig 6.)

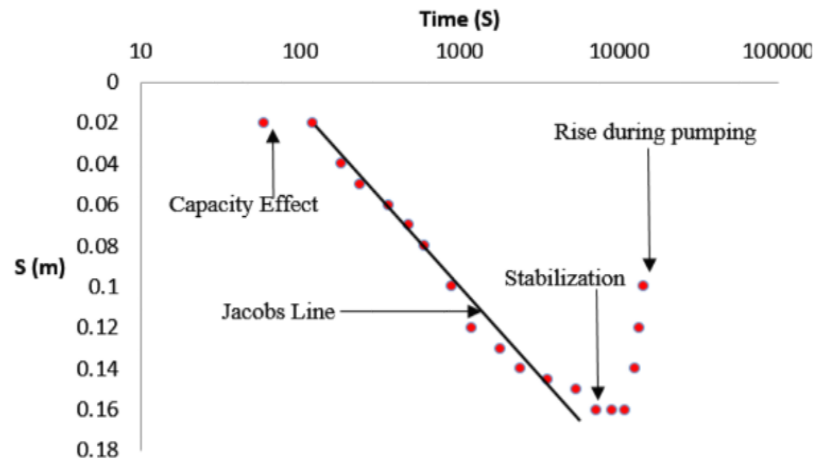


Fig. 6. Pumping test curve (Own edition)

Results of the VES. The interpretation of the VES data showed the presence of a three-field structure as shown in the experimental curve (Fig. 7). This is a downward curve with three terrains, with a highly resistant terrain at the surface corresponding to the alluvium of the wadi. These alluvial deposits are approximately 4m thick and have a resistivity of about 160 Ω .m. The second terrain, attributed to hydrothermal karstified limestones, extends to 60 meters depth. The presence of warm (30°C) salty water within these limestones caused their resistivity to drop to 100 Ω .m. The whole rests on a conductive formation characterized by a resistivity of 30 Ω .m. This latter layer, which we attributed to saline formations, would have risen along the major fault.

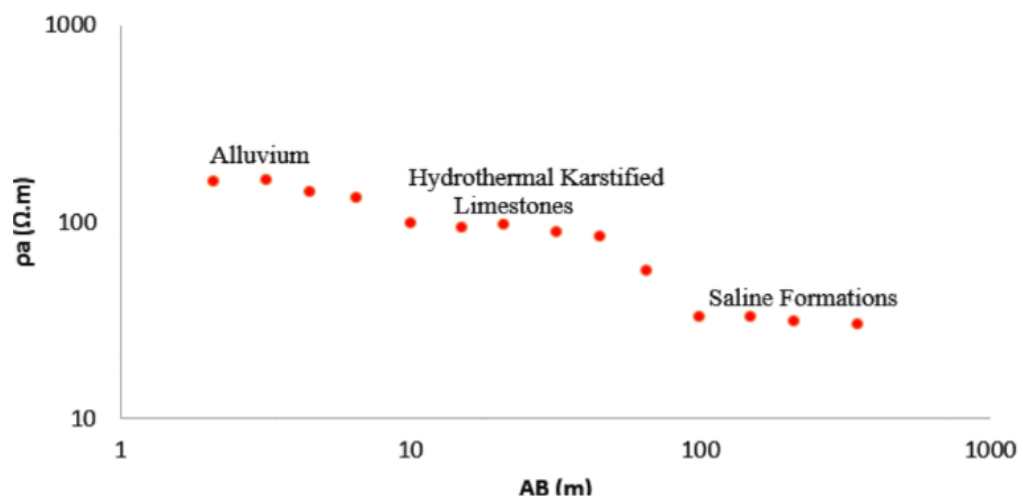


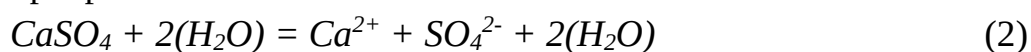
Fig. 7. Experimental curve (Own edition)

Mineralization processes. The overall mineralization of groundwater is often linked to the nature of geological formations, heavy precipitation and the dilution effect [15, 28-30]. Several studies have been carried out on this subject in the Algerian Context [14, 31-33]. These studies highlighted the role of these factors in increasing water mineralization.

Consequently, the elements, which are in the solution, are informative on the nature of the lithology [34]. Emerging with a temperature of about 30 °C, the waters of the Ouled Aïcha Source are considered, according to the classification proposed by Castany (1974) [35], as being mesothermal. The temperature measured at emergence is not necessarily representative of the real temperature of the griffon, as the thermal waters may have cooled during their ascent to the surface through degassing, heat exchange with the walls of the hydrothermal circuit, or mixing with cold water at the surface or at depth. They have an acidic pH of about 5.70 due to the karstic character of this water which, under the effect of temperature, dissolves much more CO₂, thus conferring this acidity.

The electrical conductivity reported at a standard temperature of 25 °C is about 12390 µS/cm with a total dissolved salt of about 7404 mg/l at 105 °C. This high conductivity, which gives it the character of a water very rich in mineral salts, is due to the dissolution of mineral salts from salt-rich formations along the path of the hot water [11, 13]. The redox potential of the water of this Source is negative with an order of -148.3 mv combined with the very low value of dissolved oxygen (0.18 mg/l), leads us to believe in a deep origin of this water.

The Piper diagram [36] and Schoeller Berkloff diagram [37] displayed in Fig. 8 and Fig. 9 shows that the waters of the source present a sodium hyper chloride facies, testifying to the influence of the saliferous formations on their chemistry. The characteristic formula of the waters is: $r\text{Cl}^- > r\text{SO}_4^{2-} > r\text{HCO}_3^-$ and $r\text{Na}^+ > r\text{Ca}^{2+} > r\text{Mg}^{2+}$. The high concentrations of chlorides, sodium and sulphates indicate an important saliferous contribution from the evaporitic formations (gypsum), while the high concentrations of calcium indicates that this water is influenced by the dissolution of evaporate (gypsum or anhydrite) formations (Fig. 8) according to the formula (2). In addition, the high chloride and sulfates contents testify to the evaporitic origin, the first from the dissolution of Halite and the second from the dissolution of the gypsum. In confined aquifers, high chloride contents are expected due to the presence of evaporitic formations rich in chlorine [38]. The nitrate content does not indicate any anthropic pollution.



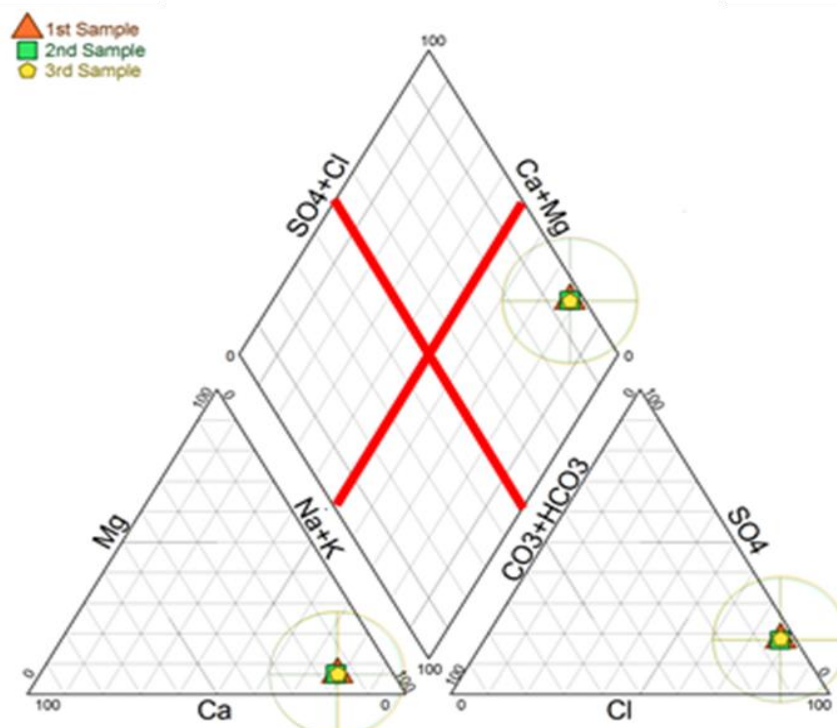


Fig. 8. Representation on Piper diagrams (Own edition)

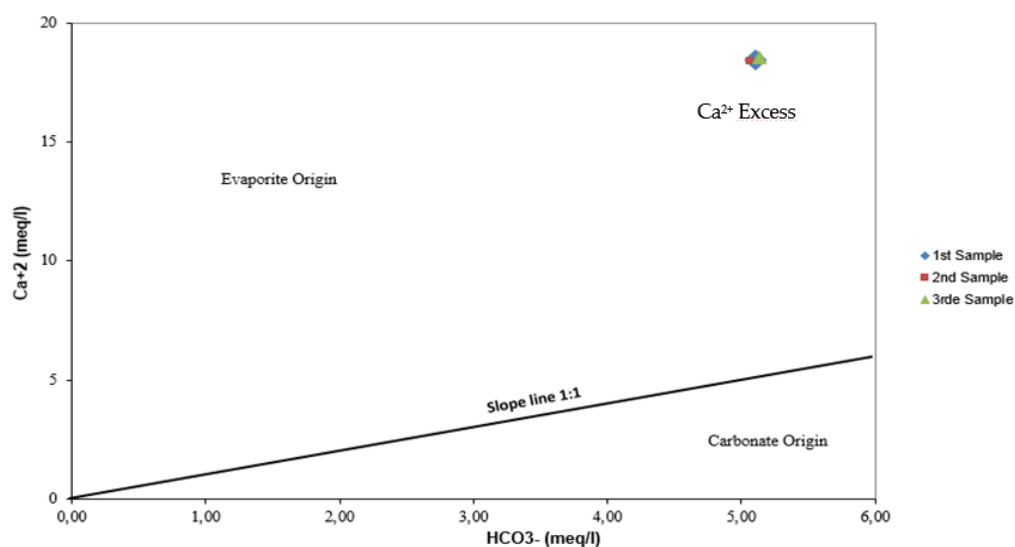


Fig. 9. Origin of the Ca (Own edition)

The chemistry of the water is acquired by the interaction of water with collecting rocks. The transfer of the analytical point of the thermal Source of Ouled Aïcha on the Na^+/Cl^- diagram showed a good distribution around a straight line of slope of halite, this translates a molar ratio Na/Cl ($R = 0.99$) similar to that of halite (Na/Cl halite = 1.00) as shown in Fig. 10. According to this approach, the salinity of these thermal waters would result from a dissolution of salt formations (chlorides and sodium are chemical species that can exist in water either following the dissolution of halite or from a mixture with seawater). The second hypothesis is ruled out because of the distance of the study area from the Mediterranean Sea of over 300 km.

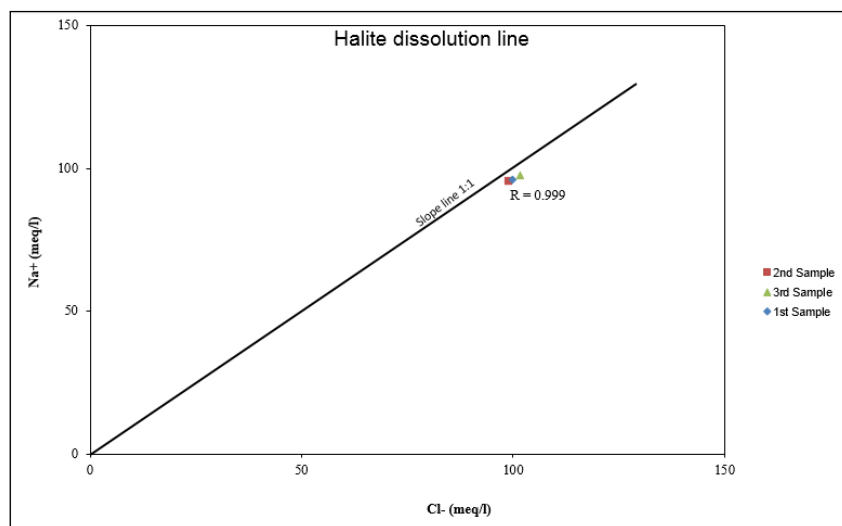
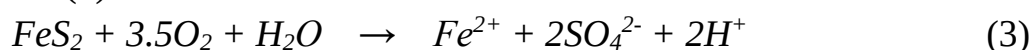


Fig. 10. Cl vs Na (Own edition)

On the other hand, it was found that there is a good agreement between sulphates and calcium ($r = 0.9$) and EC - $\text{HCO}_3/(\text{Cl} + \text{SO}_4)$ ($r = 0.73$) which reinforces this hypothesis (dissolution of salt formations). The dissolution of anhydrite or pyrite according to the formula proposed by Appelo and Postma [39], according to the formula (3).



It explains the presence of sulphates in large quantities in the waters of thermal Sources (> 20 meq/l). The strong ratio molaire Na-Cl ($R = 0.99$) and Ca- SO_4 ($R = 0.9$) and EC vs $\text{Ca}/(\text{HCO}_3 + \text{SO}_4)$ ($R = 0.84$), indicate a dissolution of the halite, anhydrite or gypsum and of epsomite according to the formulas (3, 6 and 7), all confirmed by the saturation indices (SI), defined by the formula (4):

$$IS = \log(IAP/K) \quad (4)$$

Where: IAP is the ion activity and K is the equilibrium constant.

Equilibrium is reached when $IS = 0$. If $SI > 0$, the water is supersaturated, precipitation of minerals is necessary to reach equilibrium, on the opposite side, if $SI < 0$, water is under saturated, the dissolution of minerals is necessary to reach equilibrium. These indices (SI) with respect to carbonate (calcite, dolomite and aragonite) and evaporate (gypsum, anhydrite and halite) minerals were calculated by using the computer chemical program PHREEQC written by Plummer et al. [40] and the expression of Deby and Huckel [41] was used for the computation of coefficient activities (Table 2). Indeed, the saturation indices of the elements evaporates range between -0.76 and -3.86. While the values of IS of carbonate minerals range between -1.08 and -2.35. Let us that the state of balance is done in the interval of -0.5 to 0.5, that the saturation indices indicate an under-saturation state of groundwater with respect to halite, gypsum, anhydrite calcite, aragonite and dolomite (Equations 2, 5 and 6).

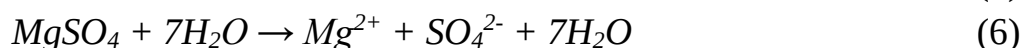


Table 2

Stability index of water vis-à-vis carbonated and evaporitic elements

Minerals	Carbonate minerals			Evaporitic minerals		
	Calcite	Aragonite	Dolomite	Anhydrite	Gypsum	Halite
1 st Sample	-1.08	-1.22	-2.35	-0.76	-0.57	-3.86
2 nd Sample	-1.09	-1.23	-2.35	-0.77	-0.57	-3.87
3 rd Sample	-1.08	-1.22	-2.34	-0.75	-0.56	-3.85

Therapeutic Analysis. The water from the Ouled Aïcha Source, with a sodium chloride content of 3550 mg/l, has a therapeutic effect on the mucous membranes. Chloride and sodium waters generally have a stimulating effect on growth and are indicated in the treatment of developmental disorders, enuresis, digestive tract disorders, and liver and biliary tract disorders. This water is also rich in magnesium, more than 50 mg/l (97.39 mg/l), a regulatory element involved in all metabolisms involving calcium and phosphorus. With a sulphate content of 1100 mg/l, this water can be used for its diuretic action, in the treatment of digestive tract diseases, intestinal and liver disorders. Moreover, the presence of calcium and magnesium intervenes in the treatment of eczemas, after-effects and scars of burns. Its therapeutic indication is valid (Rh-VR) both for rheumatism of the locomotor system (muscle, joint and bone) and for the respiratory tract (ear infections, asthma, bronchitis) and ENT, especially of allergic origin (rhinitis, rhinopharyngitis, allergic asthma, ear infections ...).

Conclusion. The study of the water chemistry of the Ouled Aïcha hot Source using different geological, geophysical, hydrodynamic and hydrochemical tools has allowed to identify its typological characteristics. The water from the hot source has acquired a sodium chloride facies predominantly at depth. These conditions have allowed the alteration of various minerals such as aragonite, dolomite, calcite, gypsum, anhydrite and halite as shown in the modeling. Under these conditions, water is undersaturated in evaporites and carbonates according to different values of the stability index. This movement permits, then, the dissolution of the evaporite and carbonate minerals. The physico-chemical characteristics give this water strong therapeutic virtue thanks to its chemism, its richness in mineral salts and its low nitrate content. In spite of these hydrochemical characteristics, which are in favor of a therapeutic use, the temperature and the flow rate remain factors, which are against this hypothesis. Thus, a temperature of 30°C at emergence with an operating flow rate of 3 l/s, limits its use. These two parameters can be improved with a deep borehole. This structure could greatly improve the flow rate and, above all, would allow warmer water to be collected at depth.

Acknowledgments. Many thanks are addressed to the MESRS (Ministry of Higher Education and Scientific Research of Algeria) and the DGRSDT (Directorate General of Scientific Research in Algeria) for their support.

References

1. Ranjit, M. (2022). Hot and Mineral Spring Water for Health Benefits. In: Hot Springs in Nepal. Springer, Cham. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-99500-3_5
2. Delgado, J., Juncosa, R., Meijide, R., Vázquez, A., Barrientos, V. (2007). Características termohidrogeoquímicas de las aguas subterráneas en Galicia. In: O valor acrescentado das Ciências da Terra no termalismo e no engarrafamento da água, Artigos seleccionados do II Fórum Ibérico de Águas Engarrafadas e Termalismo / H.I. Chaminé, J.M. Carvalho (eds.). Edição do Departamento de Engenharia Geotécnica/Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, pp. 281-299.
3. Delgado-Martin, J., Juncosa-Rivera, R., Falcón-Suárez, I. et al. (2013). Four years of continuous monitoring of the Meirama end-pit lake and its impact in the definition of future uses. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20, 7520-7533. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1618-9>
4. Juncosa R, Meijide R, Delgado J. (2011). Fontes minerais da Galicia: Características hidroxeolóxicas, físico-químicas e indicações terapêuticas. In: Termalia'11-Encontro Internacional sobre Águas termais / Alberto Lima (ed.). Universidade do Minho, Portugal, pp. 51-73.
5. Juncosa Rivera, R., Delgado Martin, J., Menéndez Lolo, J. A., Valle Garcia, R., García Morrondo, D. (2015). Análisis hidrogeológico de la escombrera exterior de la antigua mina de As Pontes. *Ingeniería Del Agua.* 19(2), 75-87. doi: <https://doi.org/10.4995/ia.2015.3530>
6. Marques, J., Carreira, P., Aires-Barros, L. et al. (2000). Nature and role of CO₂ in some hot and cold HCO₃/Na/CO₂-rich Portuguese mineral waters: a review and reinterpretation. *Environmental Geology.* 40, 53-63. doi: <https://doi.org/10.1007/s002540000151>
7. Mouchane, M., Taybi, H., Bargach, K. et al. (2024). Comparative Study of Two Ferruginous Thermal Sources, Carbogaseous in the Eastern Rif, Morocco. *Chemistry Africa.* 7, 2807-2820. doi: <https://doi.org/10.1007/s42250-024-00913-6>
8. Huang, A.; Seité, S.; Adar, T. (2018): The use of balneotherapy in dermatology. *Clin. Dermatol.* 36, 363-368.
9. Cavallo, P.; Proto, M.C.; Patruno, C.; Del Sorbo, A.; Bifulco, M. (2008): The first cosmetic treatise of history. A female point of view. *Int. J. Cosmet. Sci.* 30, 79–86.
10. Nghargbu, K. (2021): Balneotherapy: An Overview of Healing with Natural Waters. In: Practical Applications of Medical Geology / M. Siegel, O. Selinus, R. Finkelman (Éds.), Springer International Publishing, pp. 697-719. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-53893-4_21
11. Issaadi, A. (1996). Mécanismes de fonctionnement des systèmes hydrothermaux. Application aux eaux thermominérales algériennes et aux eaux de Hammam Bou-Hadjar. *Bulletin Service Géologique d'Algérie.* 7 (1), 71-85.
12. Athamena, M. (2007). Étude des ressources thermales de l'ensemble allochtone sud sétifien. Mémoire de Magister, Univ. Batna. Algérie, 150 p.
13. Boudoukha, A. Athamena, M. (2012). Caractérisation des eaux thermales de l'ensemble Sud sétifien. Est algérien. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science.* 25(2), 103-118. doi: <https://doi.org/10.7202/1011602ar>
14. Boudoukha, A., Athamena, M., Benaabidat, L. (2015). Etude du potentiel hydrothermal de Hammam Sokhna, Est Algérien. *Larhyss Journal.* 24, 161-174.
15. Athamena, A., Gaagai, A., Aouissi, H. A., Burlakovs, J., Bencedira, S., Zekker, I., Krauklis, A. E. (2022). Chemometrics of the Environment: Hydrochemical Characterization of Groundwater in Lioua Plain (North Africa) Using Time Series and Multivariate Statistical Analysis. *Sustainability.* 15(1), 20. doi: <https://doi.org/10.3390/su15010020>

16. Ali, A., Redha, M. M., Fouad, D., Halima, B. (2019). The Impact of the Mobilization of Water Resources in Semi-Arid Areas on Sustainable Development: The Case of Timgad Basin, Northeastern of Algeria. In: Advances in Sustainable and Environmental Hydrology, Hydrogeology, Hydrochemistry and Water Resources / H. Chaminé, M. Barbieri, O. Kisi, M. Chen, B. J. Merkel (Eds.). Springer International Publishing, pp. 355-357. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01572-5_83
17. Laffite, R. (1939). Etude géologique de l'Aurès (Algérie). Thèse 3e cycle, Faculté des Sciences d'Alger, 451 p.
18. BEGH. (2008). Étude des potentialités thermales de la source Chir Ouled Aïcha, Tighanimine. Rapport.
19. Rodier, J. (2016). L'analyse de l'eau. 10e édition Dunod. Paris, 1365 p.
20. APHA. (1995) American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater (19th ed.). New York, USA.
21. Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec. (2008). Détermination des nitrates et des nitrites : méthode colorimétrique automatisée avec le sulfate d'hydrazine et le N.E.D., MA. 300 – NO₃ 1.0, Rév. 1, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 12 p.
22. Chapellier, D. (2000). Prospection électrique de surface. Cours en ligne de Géophysique. Université de Lausanne. Institut Français du Pétrole. URL: https://www.unil.ch/pdf/doc_pro/pro_f.pdf
23. Athamena, M., Athamena, A., Menani, M. R. (2023). Study of the thermal sources of the Bellezma mounts, Eastern Algeria. *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 3309-3323.
24. Jacob, C. E. (1944). Notes on determining permeability by pumping tests under water-table conditions, U.S. Geological Survey, 25 p.
25. Cooper, H.H., Jacob, C.E. (1946). A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well-field history. *Eos Trans. AGU*. 27(4), 526-534.
26. Sato, T., Ueshita, K. (1985). Transmissivity tensor identification from pumping test data. *Soils and Foundations*. 25(3), 127-132.
27. Kruseman, G. P. De Ridder, N. A. (1994). Analysis and Evaluation of Pumping Test Data (2nd ed.), Publication 47, Intern. Inst. For Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, 370 p.
28. Gouaidia, L. (2008). Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico –chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana, nord-est algérien. Doctoral Thesis. Université de Badji Mokhtar, Annaba. 130 p.
29. Athamena, A., Menani, M. R. (2018). Nitrogen flux and hydrochemical characteristics of the calcareous aquifer of the Zana plain, north east of Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*. 11(13), 356. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3681-5>
30. Gaagai, A., Aouissi, H., Bencedira, S., Hinge, G., Athamena, A., Heddami, S., Gad, M., Elsherbiny, O., Elsayed, S., Eid, M., Ibrahim, H. (2023). Application of Water Quality Indices, Machine Learning Approaches, and GIS to Identify Groundwater Quality for Irrigation Purposes: A Case Study of Sahara Aquifer, Doucen Plain, Algeria. *Water*. 15(2), 289. doi: <https://doi.org/10.3390/w15020289>
31. Demdoun, A. (2010). Etude hydrogéochimique et impact de la pollution sur les eaux de la région d'el Eulma. Thèse doctorat d'état, Université Mentouri Constantine.

32. Athamena, A. (2018). Flux azoté : Origine et devenir dans les eaux souterraines, cas de la région de Zana, Est algérien. Thèse, University of Batna 2.
33. Belalite, H. (2021). Etude Hydrogéologique des plaines de Zana et de Gadaine dans un contexte de changement climatique et de contraintes anthropiques pour l'élaboration d'un schéma de gestion intégrée des ressources en eau (Nord- Est Algérien). Thèse, University of Batna 2.
34. Belalite, H., Menani, M. R., Athamena, A. (2022). Calculation of water needs of the main crops and water resources available in a semi-arid climate, case of ZanaGadaine plain, Northeastern Algeria. *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 2477-2488.
35. Castany, G. (1974). Traité pratique des eaux souterraines. Dunod (Éditeur), Paris.
36. Piper, A. M. (1944), A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. *Eos Trans. AGU*. 25(6), 914-928, doi: <https://doi.org/10.1029/TR025i006p00914>
37. Schoeller, H. (1935) : Utilité de la notion des échanges de base pour la comparaison des eaux souterraines vadoses. *Bull. Soc. Geo. France 5^e série*, T.V. 1935, pp. 651-657.
38. Blum, A., Chery, L., Barbier, J., Baudry, D., Pelelet-Giraud E. (2001). Contribution à la caractérisation des états de référence géochimique des eaux souterraines. Outils et méthodologie. Rapport BRGM/RP-51549-FR, 5 Volumes.
39. Appelo, C. A. J., Postma, D. (1993). Geochemistry, groundwater and pollution. *Journal of Hydrology*. 155(1-2), 295-296.
40. Plummer, L. N., Vacher, H. L., Mackenzie, F. T., Bricker, O. P, Land, L. S. (1976). Hydrogeochemistry of Bermuda: A case history of ground-water diagenesis of biocalcarenes. *Geological Society of America Bulletin*. 87(9), 1301–1316. doi: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1976\)87<1301:HOBACH>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1976)87<1301:HOBACH>2.0.CO;2)
41. Debye, P. Hückel, E. (1923). The theory of electrolytes. I. Lowering of freezing point and related phenomena, *Physikalische Zeitschrift*, 24, 185-206.

Резюме

Атгамена А., Белаліт Н., Аюісі Н.А., Атгамена М., Бугедірі М., Лаамоурі М., Гаагай А., Кебайлі Ф.К., Бенселлугб А. **Походження, еволюція та оцінка гідрогеохімічного функціонування термального мінерального джерела в Батна (Східний Алжир).**

Гідрогеологічне дослідження термального джерела *Ouled Aïcha* в горах *Орес* показало, що джерело виникає в певному природному контексті, головним чином представленим наявністю вертикального розлому в напрямку північ-північ, що зачіпає крейдові вапняки. Це сприяє виходу на поверхню помірно-гарячої води, температура якої становить приблизно 30 °C, а експлуатаційний дебіт – 3 л/с. Вертикальне електричне зондування *in situ* показало глибинну наявність соленосного провідного рівня в межах вапнякового стійкого масиву, який, ймовірно, осідає у напрямку розлому. Наявність цього соленосного рівня сильно впливає на гідрохімію даного термального джерела. Так, вода з джерела характеризується високою мінералізацією, зумовленою температурою, яка сприяє розчиненню мінеральних солей у достатній кількості на всьому шляху її проходження (12390 мкСм/см). Високі концентрації хлоридів, натрію та сульфатів вказують на значний внесок солей з випаровувальних утворень, а вміст кальцію вказує на те, що ця вода формується під впливом розчинення карбонатних утворень. Ці фізико-хімічні характеристики надають цій воді лікувальних властивостей, які можна пояснити її хімічним складом, високим вмістом кам'яної солі та низьким вмістом нітратів. Геотермометрія показала, що ці термальні води набувають високої температури у своїх початкових резервуарах, надходячи з глибини через систему розломів, яка зачіпає породи фундаменту.

Ключові слова: джерело, термальне мінеральне джерело, гідрохімія, регіон Аурес, Алжир.

**Zaoui L., Abbaci S., Fekrache F., Kahit F.Z.,
Khelifi W., Benselhoub A., Sakher E., Soliman A.M.**

TREATED AND WASTEWATER QUALITY CHARACTERIZATION OF SIDI MAROUANE WWTP IN MILA PROVINCE, ALGERIA: SUITABILITY AND REUSE FOR IRRIGATION

This study aims to evaluate the quality of wastewater treated by Mila's activated sludge process, assessing its potential for agricultural reuse. Effective wastewater treatment is essential to mitigate health risks associated with the use of surface and groundwater resources. Reusing treated wastewater for irrigation is a key objective, especially in arid and semiarid regions where water scarcity is prevalent. The research adheres to Algerian regulations, which currently restrict the reuse of urban effluent. We conducted comprehensive analyses of several critical parameters, including in situ measurements of temperature and pH using multi-parameter field probes. Laboratory analyses were performed to determine levels of suspended matter (SM), biochemical oxygen demand (BOD₅), chemical oxygen demand (COD), nitrates (NO₃), nitrites (NO₂), ammonium (NH₄), and total nitrogen (TN) using spectrophotometric and conventional techniques. To assess the irrigation suitability of the treated wastewater, we evaluated electrical conductivity (EC), sodium percentage (Na%), sodium absorption ratio (SAR), residual sodium carbonate (RSC), permeability index (PI), magnesium ratio (MR), and Kelley ratio (KR). Our findings, derived from field visits and observations of the purification processes, indicate that the treated effluents generally comply with quality standards for key pollutants, particularly BOD₅, COD, and SM. The treated water meets the regulatory requirements for discharge into the receiving environment. Additionally, the evaluated parameters, including the average SAR value, which falls within acceptable limits, indicate that the treated wastewater is suitable for agricultural irrigation. Overall results showed no alkalinities, magnesium, or bicarbonate dangers associated with using Sidi Marouane WWTP's purified water for agriculture, indicating that the treated wastewater is suitable for agricultural irrigation.

Key words: parameters, evaluation, standards, activated sludge, urban effluent, irrigation suitability, indices, wastewaters reuse.

© **Zaoui Lilia¹**✉, **Abbaci Sameh¹**, **Fekrache Fadila²**, **Kahit Fatima Zahra¹**, **Khelifi Walid³**, **Benselhoub Aissa⁴**✉, **Sakher Elfahem⁵**, **Soliman Abdel Mohsen⁶**, 2025.

¹ Department of Ecology and Environment, Faculty of Sciences, University of 20th August 1955, Skikda, Algeria, zaoui_lilia@yahoo.fr

² Laboratory of Research in Biodiversity Interaction, Ecosystem and Biotechnology (LRIBEB), Department of Natural and Life Sciences, Faculty of Sciences, University 20th August, 1955, Skikda, Algeria

³ Laboratory of Civil Engineering, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria

⁴ Environmental Research Center (C.R.E); Annaba, Algeria, benselhoub@yahoo.fr

⁵ Energy Environment and Information System (LEEIS), Department of Material Science, Faculty of Science and Technology, African University Ahmed Draia, Adrar, Algeria

⁶ Therapeutic Chemistry Department, Pharmaceutical and Drug Industries Institute, National Research Centre, Cairo, Egypt



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Article Info: Received: November 20, 2024;

Final revision: December 21, 2024; Accepted: January 12, 2025.

Introduction. Algeria faces increasing threats to its water resources due to pollution from urban and industrial sewage discharges, which contain various pollutants and pathogenic microorganisms, threatening the quality of the environment [1- 2]. Wastewater, derived from residential, industrial, and other sources, necessitates treatment to eliminate harmful contaminants that pose a threat to the environment and human health [3]. Population growth and urbanization have increased demand for natural resources, including water, posing challenges in wastewater management, necessitating effective treatment to preserve water resources and prevent environmental degradation [4]. The efficient design and operation of treatment plants require the accurate characterization of wastewater before treatment [5]. Parameters like chemical oxygen demand, biological oxygen demand, nitrogen, phosphorus, and solids per capita are crucial for designing wastewater collection systems and controlling water resource pollution, estimating pollution load, and assessing urban or industrial wastewater flows [6].

Wastewater treatment aims to protect human health and prevent environmental damage by properly disposing of domestic and industrial wastewater, with a significant purpose of recycling water for irrigation in limited water resources [7]. Wastewater treatment plants (WWTPs) play a crucial role in urban water infrastructure, but they face increasing stringent requirements in effluent quality, energy consumption, and resource recycling [8-9]. Mathematical models are utilized to predict WWTP efficiency and develop operational strategies by quantitatively linking influent parameters to effluent water quality [10].

Algeria's potential for reusing treated wastewater for agricultural purposes has significantly increased from 20 million m³ in 2014 to 40 million m³ in 2019, with 26 WWTPs involved in treated wastewater reuse, irrigating over 13,000 hectares of agricultural land. Key projects include Chelghoum Laïd, Ouargla, Saïda, Tiaret, Chlef, Sétif, Médéa, Sidi Bel Abbès, and Ain Defla. The ONA/ONID is preparing an action plan to explore the potential of reusing treated wastewater for large-scale irrigation across five national hydrographic basins [11-12].

The preservation and reuse of wastewater is a significant global challenge in agricultural irrigation, as untreated wastewater can cause soil damage, agricultural production issues, and saline intrusion in groundwater, posing significant challenges [13]. US farmers are exploring the integration of total water Supply in agriculture to address expanding water shortages, particularly in regions supplied by the Colorado River [53]. As water scarcity worsens, the need for sustainable water sources becomes urgent, with reclaimed wastewater emerging as a safe alternative to standard water supplies [54].

In Algeria, many WWTPs, particularly older ones, suffer from reputational issues due to technical sophistication, management deficiencies, and insufficient operational funding, leading to disuse [14]. Algeria's significant WWTP, Sidi Merouane plant in Mila city, uses activated sludge treatment and is part of the Beni Haroun dam's protection facilities. However, many older WWTPs face reputational issues due to technical sophistication, management deficiencies, and insufficient funding, leading to disuse [14].

Various treatment methods, including biological, physicochemical, and membrane-based techniques, are used to mitigate harmful effects of these substances [15-16]. AquaMeld is a revolutionary method for recycling agricultural and industrial effluent in rivers and lakes [48]. Cleanup and environmental restoration also demand major investment. These cumulative costs emphasize the critical need for adequate wastewater treatment as an environmental and economic imperative [49].

The study evaluates the physicochemical quality of wastewater from Sidi Marouane to identify anomalies, enhance treated water value, and assess irrigation suitability using various water quality indices.

Materials and Methods. The study of water quality and composition is essential for assessing the health of water bodies and their surrounding environments [18 -19]. In this research, the quality of influent and effluent water from each treatment plant was evaluated by measuring various physicochemical parameters. These included electrical conductivity (EC), pH, temperature (T), chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand over five days (BOD₅), suspended matter (SM), total nitrogen (NT), nitrate (NO₃), nitrite (NO₂), ammonium (NH₄), phosphate (PO₄), dissolved oxygen (OD), and flow rate. These parameters were monitored monthly, covering both hot and cold periods, across different aerated lagoon stages and between the influent and effluent.

Characterization protocols

Samples were collected using sterile glass vials with a capacity of 1500 ml. Sampling was consistently performed at the same time of day and at the water surface, twice monthly during both the cold and hot periods. For each sample, in situ measurements of temperature and pH were taken using a multi-parameter field device. These parameters are highly sensitive to environmental conditions and may alter during storage and transport to the laboratory [19]. For other parameters, samples were collected using a specialized sampler and stored in sterile glass bottles. These were transported in an icebox to ensure preservation, with analysis conducted within a maximum of 8 hours if the distance between the sampling site and the laboratory required it. Laboratory analyses were performed according to standard and spectrophotometric methods (Table 1).

Table 1

Water quality parameters and their analytical method

Parameters	Instruments/Apparatus
pH	pH/Temperature
EC, TDS	Conductivity/TDS/Salinity meter Portable
SM	Filtration
Mg, Ca	Titration with 0.05 N EDTA
Na, K	Flame Photometer
Chloride Cl	Titration using 0.014 N AgNO ₃ (Argentimetric)
Carbonates CO ₃ , Bicarbonate HCO ₃	Titration with 0.01 N H ₂ SO ₄
Ammoniac, NH ₃	Spectrophotometer
Nitrate NO ₃	Spectrophotometer
Sulfate SO ₄	Spectrophotometer
Phosphate PO ₄	Spectrophotometer
BOD, COD, DO	OD meter
TN	Spectrophotometer

Presentation of the study area

Sidi Merouane is one of the thirty-two communes of Mila city in Algeria; it is located 14 km northeast of Mila city. The wastewater treatment plant of Sidi Merouane has a treatment capacity of 20.657 m³/day, 137.000 inhabitant's equivalent, and water produced by the plant was discharged into the basin of Bni Haroune dam, which is located nearby (MWR 2014). Its surface area is 8 hectares, on the southern side of the Beni Haroune dam. The plant treats wastewater from the agglomerations of Sidi Merouane, Grarem Gouga and Mila (Fig. 1).

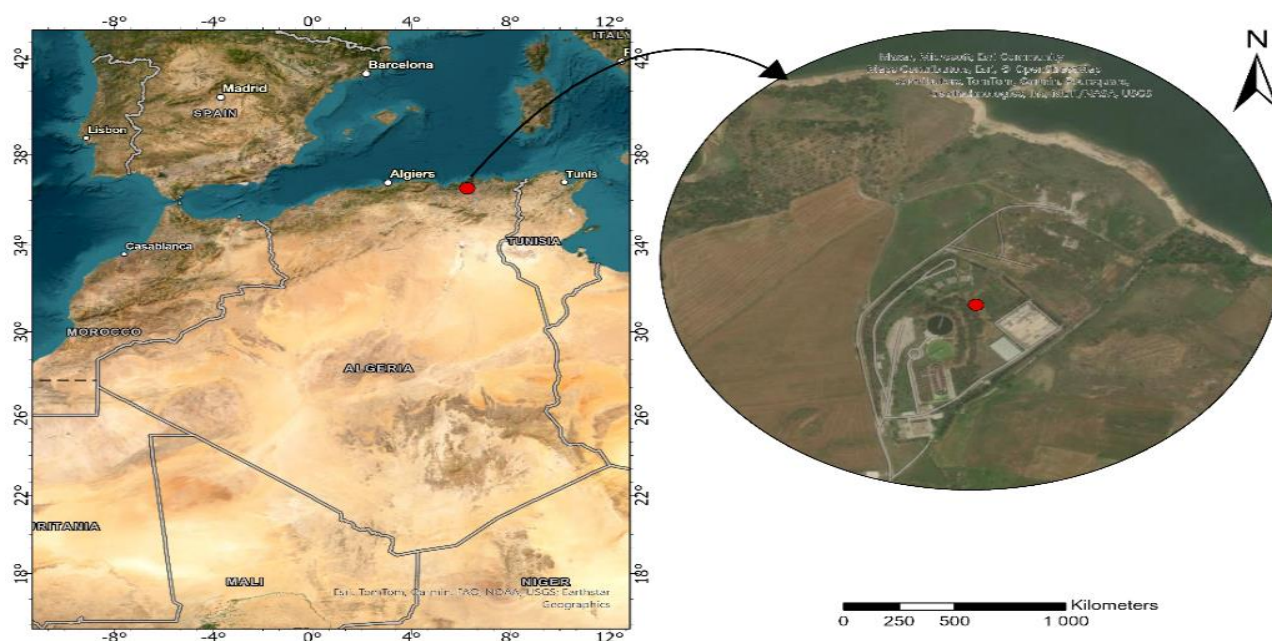


Fig 1. Map of Sidi Merouane WWTP location (Mila, Algeria) (Own edition using ArcGIS Software)

Characteristics of WWTP

The National Sanitation Office (2014) manages the plant. It was commissioned on 01 August 2009, with a nominal capacity of 137,000 EqH (2015 horizon) and an installed flow of 20,657 m³/d. The wastewater entering the plant is domestic water arriving from 07 lift stations. The treatment method used in the WWTP is low load activated sludge with nitrogen and phosphorus treatment. This wastewater pollution treatment aims to protect the Bni Haroune dam [11].

This wastewater treatment plant was built to mitigate the pollution of the lake of the Beni Haroun dam, particularly at the level of the lake of the dam, which receives the waters of the Rhumel wadi and Endja wadi. The wastewater treatment plant of Sidi Merouane, the first of a series of three planned in this watershed, was delivered in 2009 by NSO, the project owner. It was built by GCB (a Sonatrach subsidiary specializing in civil engineering and construction) under the leadership of a project manager who was responsible for the proper execution of work, and OTV (a French company responsible for the equipment). Once treated, the water produced by the plant will be discharged into the nearby dam basin. The quality discharged will comply with international standards, i.e. less than 30 mg/l for BOD, less than 30 mg/l for MES, less than 90 mg/l for COD, less than or equal to 10 mg/l for nitrogen and 50 to 80 % (depending on season) for total phosphorus [17].

Irrigation Water Quality Indices

To assess the quality of treated water for irrigation, five indices were created using physicochemical data from the treated water samples. These indices include the Sodium Adsorption Ratio (SAR), Sodium Percentage (Na%), Magnesium Absorption Index (MAR), Percent Soluble Sodium (SSP), Sodium Carbonate Residue (RSC), and Total Dissolved Solids (TDS).

The Sodium Adsorption Ratio (SAR) is particularly significant, as high SAR levels can reduce soil permeability and make it harder, rendering it impermeable and unsuitable for plant growth. The SAR is determined using the ratios of sodium, calcium, and magnesium, all measured in mg/l. The calculations for these indices are performed using specific equations (1 to 6) [21-23].

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (1)$$

$$Na\% = \frac{Na^+ + K^+}{\sqrt{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+}} \cdot 100\% \quad (2)$$

$$MAR = \frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \cdot 100\% \quad (3)$$

$$SSP = \frac{Na}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+} \quad (4)$$

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Ca^{2+}) \quad (5)$$

$$TDS - the Sum of Major anions \quad (6)$$

Statistical analyses

For the analysis of statistical data, we calculated means (avg) for the various parameters studied they were carried out using the SPSS software, to compare differences between months and to evaluate if there were any significant variations in the treated water in the end of WWTP.

Results and Discussion. In this part, we will discuss the results of our work and the detailed interpretations of the physicochemical analysis of the wastewater of Mila city determined from the daily samples taken in cold period and hot period.

Quality aspect of treated and wastewater

The Sidi Merouane WWTP's secondary treatment efficiency is monitored through parameter analysis, indicating a degree of agreement with optimal discharge standards (Table 2).

Table 2

Summary of results of the physicochemical analysis of the water of Sidi Merouane WWTP in cold period and hot period

Parameters	Norms	Wastewater		Treated water	
		Cold period	Hot period	Cold period	Hot period
T (° C)	25	14.94	17.15	15.28	18.16
EC (µS/cm)	2000	1988.90	1990.26	1529.52	1533.79
pH	6.5 ≤ pH ≤ 8.5	8.03	7.80	7.57	7.51
Ox D (mg/l)	5	4.06	2.34	6.00	4.29
BOD ₅ (mg O ₂ /l)	30	243.57	268.33	3.93	2.83
COD (mg/l)	90	496.44	529.71	22.13	21.27
SM (mg/l)	30	459.88	427.10	6.17	4.63
NO ₃ (mg/l)	1	3.30	1.80	1.00	1.30
NO ₂ (mg/l)	1	5.40	5.60	0.13	0.32
NH ₄ (mg/l)	0.5	70.00	29.20	0.67	0.39
PO ₄ (mg/l)	2	6.50	5.40	3.08	1.68
TN (mg/l)	25	79.00	81.00	11.20	2.90

Temperature variations in wastewater treatment plants significantly impact the growth of microorganism colonies [20]. At the WWTP inlet, the average water temperature is 14.94 °C in the cold period and 17.15 °C in the hot period. At the outlet, the average temperature is 15.28 °C in the cold period and 18.16 °C in the hot period (Table 2). These values are below the Algerian standards for urban liquid waste (30 °C). Temperature influences the metabolism and growth of aquatic organisms, particularly microscopic ones, by promoting the development of mesophilic bacteria that enhance organic pollutants degradation through oxidation and mineralization [24-25], and is therefore directly linked to the rate of organic matter degradation [20].

Climate variations in Algeria affect water temperatures at stations, allowing bacteria growth and organic matter degradation. No significant temperature changes between WWTP inlet and outlet [19].

Conductivity is a crucial measure for wastewater quality control, indicating the mineralization of water and the salinity level of raw water entering a WWTP. The raw water has higher conductivity than the treated water, with averages of 1988.90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in the cold period and 1990.26 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in the hot period, compared to 1529.52 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in the cold period and 1533.79 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in the hot period (Table 2). These values are within the standards for discharge to irrigation (2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), according to JORA [26-27].

pH is a crucial water quality parameter that measures acidity, alkalinity, or basicity, and should be closely monitored during treatment operations [27]. The pH values of the wastewater in both seasons are almost neutral, with 8.03 and 7.57 in the cold period and between 7.80 and 7.51 in the hot period (Table 2). These values remain within the Algerian discharge standards ($6.5 < \text{pH} < 8.5$).

Oxygen is crucial for aerobic aquatic life respiration and organic matter oxidation, also known as self-purification. At the WWTP inlet, dissolved oxygen has average monthly values of 4.06 mg/l in the cold period and 2.34 mg/l in the hot period. In treated water, dissolved oxygen increases, with average values of 6.00 mg/l in the cold period and 4.29 mg/l in the hot period (Table 2). These values meet the Algerian standards for discharge (5 mg/l). This increase in oxygen concentration indicates improved water quality, which benefits most aquatic organisms [28].

Biochemical oxygen demand (BOD_5) measures the oxygen needed for microbial degradation of organic matter in wastewater, measured over a five-day incubation period at 20°C in the dark [28-29]. The BOD_5 values at the WWTP inlet vary between 243.57 and 268.33 mg O_2/l in the cold and hot periods (Table 2), respectively. At the outlet, BOD_5 shows a significant decrease, with values below the optimal limit for discharge (3.93 and 2.83 mg O_2/l in the cold and hot periods, respectively). According to JORA, the limit for irrigation is 30 mg O_2/l , and the same standard applies for discharge to the natural environment [30].

Most suspended matter (SM) in wastewater is biodegradable [31]. This is reflected in the significant reduction in SM from raw to treated water. In raw wastewater, SM values are 459.88 mg/l and 427.10 mg/l in the cold and hot periods, respectively. At the WWTP outlet, values drop to 6.17 mg/l in the cold period and 4.63 mg/l in the hot period (Table 2), remaining below the WHO [24] and Algerian discharge standards (30 mg/l). The WWTP effectively operates by significantly degrading SM in treatment ponds and eliminating a significant portion through sedimentation in settling tanks.

Chemical oxygen demand (COD) measures the concentration of organic or mineral matter, dissolved or in suspension, in water. In treated water, COD values (Table 2) are 22.13 mg/l in the cold period and 21.27 mg/l in the hot period, significantly lower than the COD values of raw wastewater (496.44 mg/l in the cold period and 529.71 mg/l in the hot period). The treatment process enriches water with oxygen, primarily through aerators in activation basins, enabling the chemical degradation of organic matter [30-32], which falls below the Algerian discharge standard (120 mg/l), the Official Journal of the European Community standard (125 mg/l), and WHO standards (<90 mg/l).

The treated wastewater contains ammonium and nitrite concentrations below Algerian standards. Nitrate levels are below Algerian standards. Total nitrogen concentrations are higher in influent water than treated water, with maximum values at the inlet and outlet, but not exceeding Algerian standards.

The predominant form of nitrogen discharged by the Sidi Merouane WWTP is ammonium (NH_4) [33]. Ammonium concentrations can cause dissolved O_2 consumption during oxidation, while low or zero nitrate concentrations indicate nitrification in aeration tanks, which requires adequate pH and dissolved oxygen conditions [35]. Oxygen is essential for nitrification, but its concentration in aeration tanks is limited (around 0.4 mg/l), hindering nitrifying bacteria growth [36]. Dissolved oxygen levels directly affect COD abatement efficiency, with depletion leading to higher COD values and lower abatement rates.

The study found high nitrogen removal rates, likely due to aerobic processes maintaining sufficient nitrifying bacteria concentrations in the aerobic part of the channel, supported by an anoxic zone upstream of biological treatment [35].

Phosphate (PO_4) in treated water can cause eutrophication, water quality deterioration [37], and promote algae growth [38], leading to water body colonization and increased eutrophication in marine waters [39-40].

Description of WWTP performance

The high BOD_5 abatement efficiency is due to the growth of purifying bacteria, while a decrease in bacterial activity results in lower efficiency, consistent with the Maghnia WWTP's 94.94% rate [17-40]. Dissolved oxygen levels directly influence COD abatement efficiency (Table 3), with depletion resulting in higher COD values and lower abatement rates [19-41]. This trend aligns with observations from Mascara city [42].

BOD and COD are crucial indicators of organic contamination in water and wastewater, affecting aquatic life and wastewater treatment facilities. Low concentrations support aquatic life, while high levels deplete dissolved oxygen, affecting aquatic ecosystems [7]. The biodegradability of wastewater, such as that from slaughterhouses, is evident when examining this ratio, suggesting that biological

treatment is suitable [43-44]. High-suspended matter concentrations in treated water (Table 3 and 4) are primarily due to algae presence, lagoon aging, and sludge accumulation, indicating the need for cleaning operations [19].

Table 3

European wastewater discharge standards [28]

Parameters	Concentration	Minimum performance
BOD₅	25 mg/l	80 %
COD	125 mg/l	75 %
SM	35 mg/l	90 %
NTK	10-15 mg/l	70 %
PT	1-2 mg/l	80 %

Table 4

Performance of WWTP

Parameters	Performance (%)	
	Cold period	Hot period
SM	98.61	98.96
BOD₅	98.28	98.94
COD	95.31	96.05

Comparison of principal ions

Compared to treated sewage water in the hot period (Fig 2), the concentration of major ions is significantly higher in the cold period, except for Cl, Mg, and SO₄. In the study region, Na, Mg, and Ca are the predominant cations, while SO₄ and Cl are the main anions in treated water during both periods. The cation chemistry is primarily governed by sodium ions, followed by calcium, magnesium, and potassium (Na > Ca > Mg > K) [23-45].

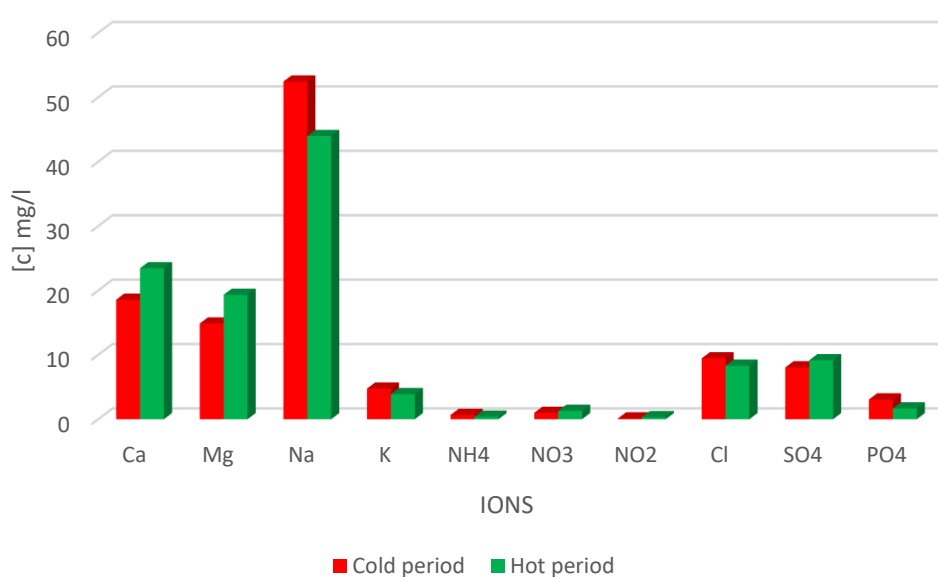


Fig 2. Evaluation of the average concentrations of major ions in treated water (Own edition)

Irrigation suitability

In relation to quality control tests performed on treated water used for irrigation in this area. In order to evaluate quality of this water, we analyzed all the salinity-related variables during study period (Table 5).

Agriculturally useful nutrients such as nitrogen, phosphorus, and potassium could be also recovered and reused [50-51].

Table 5

Classification of various irrigation indices

Index	Range	Water Category	Results and Number of Samples (%)	
			Cold period	Hot period
SAR	<10	Excellent	0	9.5 (100 %)
	10-18	Good	12.87 (100 %)	0
	18-26	Doubtful or fairly poor	0	0
	>26	Unsuitable	0	0
Na%	< 20	Excellent	0	0
	20-40	Good	0	0
	40-60	Permissible	0	52.82 (100 %)
	60-80	Doubtful	63.11 (100 %)	0
	>80	Unsuitable	0	0
MAR	< 50	Good	44.48 (100 %)	45.17 (100 %)
	>50	Unsuitable	0	0
SSP	< 50	Safe	0	0
	>50	Unsafe	61.07 (100 %)	50.70 (100 %)
RSC	< 1.25	Safe	-33.43 (100 %)	-42.77 (100 %)
	1.25-2.5	Marginal	0	0
	>2.5	Safe	0	0
TDS	<1000	Non-saline	109.92 (100 %)	110.14 (100 %)
	>1000	Saline	0	0

The water is thus not in danger of becoming alkaline and may be utilized for irrigation, according to the average SAR value, which is still in excellent category (hot period) to good category (cold period), as well as the other parameters, including MAR, Na %, SSP, RSC, and TDS (Table 5). Overall results showed in Table 5 that there are no alkalinity, magnesium, or bicarbonate dangers associated with using Sidi Marouane WWPT's purified water for agriculture [43–46]. The use of groundwater would not rise if treated wastewaters are used for irrigation on these farms. Instead, the amount of conventional and filtered water available for irrigation would decrease due to lower costs [47]. Recovering and reusing agricultural nutrients like nitrogen, phosphorus, and potassium through treated water reuse for irrigation can contribute significantly to a circular economy and sustainable development [52-53].

Conclusion. Wastewater treatment using the activated sludge process is a continuously operating system where microorganisms are brought into contact with wastewater containing organic matter and oxygen, which is injected to provide the bacteria with this essential element for their respiratory needs. The aim of this study is

to evaluate the efficiency and purification performance of the Sidi Merouane wastewater treatment plant, which utilizes an activated sludge system.

The experimental results demonstrate that the Sidi Merouane WWTP generally produces satisfactory outcomes, adhering to Algerian standards and WHO guidelines in terms of BOD₅, COD, SM, and NT, thereby indicating the effective operation of this facility. During the monitoring period, the Sidi Merouane WWTP achieved notable purification yields, with COD and BOD₅ abatement rates exceeding 98% and SM reduction close to 96%. These results confirm the purification efficiency of the WWTP and its reliability in water treatment, with the treated water quality meeting the required criteria for discharge into the receiving environment. Moreover, the average SAR value remains within the acceptable range, alongside other parameters such as MAR, Na%, SSP, RSC, and TDS, indicating that the purified water is suitable for agricultural irrigation in hot period.

However, the challenges facing wastewater treatment facilities, both in urban and rural areas, include inadequate coverage, poor operational states, design flaws, lack of expertise, corruption, insufficient funding, overloaded capacities, and inadequate compliance monitoring. These issues are prevalent in both developed and developing countries. To protect the environment and public health, especially for those who rely on surface water as a primary water source, it is imperative to enforce water and environmental regulations. Treated wastewater reuse for irrigation can reduce irrigation water imbalances, particularly in water-scarce areas, while also increasing or maintaining food output by expanding irrigated agriculture, and enhancing global food and water security. Additionally, exploring technical solutions to enhance wastewater treatment standards is essential to facilitate safe water recovery. Consideration of the microbiological quality of treated resources, as required by national regulations, is also crucial. Comprehensive regulations and strategies for risk management are critical to ensuring the smooth operation and long-term viability of TW reuse systems, as well as environmental and public health and societal acceptance.

Funding. The authors declare that no funds, grants, or other support were received during the preparation of this manuscript.

Data availability statement. Data cannot be made publicly available; readers should contact the corresponding author for details.

Acknowledgment. The authors gratefully acknowledge Department of Nature and Life Sciences (University of Skikda), for supporting this work. We want to specifically thank for all academicians and researchers for their support, advice, criticism, and friendship. Our deepest gratitude goes out to all of our colleagues and co-authors team who has offered assistance on various occasions. They provide helpful insights and advice.

References

1. Degremont, G. (2005). *Mémento technique de l'eau* (Water technical guide), 10ème édition, Ed. Lavoisier, Paris, 3-38.
2. Von Sperling, M. (2007). *Wastewater characteristics, treatment and disposal*, IWA Ed., London, 123 p.

3. Nuralhuda, A. J., Hamidi, A. A. (2020). The design for wastewater treatment plant (WWTP) with GPS X modelling, *Cogent Engineering*. 7(1), 12 p. doi: <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1723782>
4. Azila, S., Aznah, N., Hakim A-Halim, Md. (2022). Sustainable indicators for designing the wastewater treatment plant. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 012057, 10 p. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1091/1/012057>
5. Abdalla, K. Z., Hammam, G. (2014). Correlation between biochemical oxygen demand and chemical oxygen demand for various wastewater treatment plants in Egypt to obtain the biodegradability indices. *Int. Journal of Sciences: Basic and Applied Research*. 13 (1), 42-48.
6. Aboulfotouh, A., Heikal, G. (2022). Estimation of Per Capita Loading and Treated Wastewater Quality Index in Sharkia Governorate, Egypt. *Journal of Ecological Engineering*. 23(5), 73-80. doi: <https://doi.org/10.12911/22998993/146767>
7. Edokpayi, J. N., Odiyo, J. O., Durowoju, O. S. (2017). Impact of Wastewater on Surface Water Quality in Developing Countries: A Case Study of South Africa. *InTech*. doi: <https://doi.org/10.5772/66561>
8. Zhang, Z., Kusiak, A., Zeng, Y., Wei, X. (2016). Modelling and optimization of a wastewater pumping system with data-mining methods. *Appl. Energy*. 164, 303-311. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.11.061>
9. Filipe, J., Bessa, R.J., Reis, M., Alves, R., Pova, P. (2019). Data-driven predictive energy optimization in a wastewater pumping station. *Appl. Energy*. 252, 213-423. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113423>
10. Xie, Y., Chen, Y., Lian, Q., Yin, H., Peng, J., Sheng, M., Wang, Y. (2022). Enhancing Real-Time Prediction of Effluent Water Quality of Wastewater Treatment Plant Based on Improved Feed forward Neural Network Coupled with Optimization Algorithm. *Water*. 14, 1053, 19 p. doi: <https://doi.org/10.3390/w14071053>
11. Ministry of Water Resources. Office Nationale de l'Assainissement (ONA), (2014). Wastewater, stormwater. Press Newsletter 1, 16 p,
12. Benmalek, A., Amiri, K., Bekkari, N.E., Debbakh, A., Mellah, A. (2022). État de lieux des traitements des eaux usées dans les régions arides. *Journal Algérien des Régions*. 14 (2), 1-5.
13. Abd-Elaty, I., Abd-Elmoneem, S. M., Abdelaal, G. M., Vrána, J., Vranayová, Z., Abd-Elhamid, H. F. (2022). Groundwater Quality Modeling and Mitigation from Wastewater Used in Irrigation, a Case Study of the Nile Delta Aquifer in Egypt. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19(22), 14929. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph192214929>
14. Amine, S. (2008). Algérie: sur les 300 stations d'épuration, seules 36 sont fonctionnelles (Algeria: only 36 of the 300 wastewater treatment plants are operational). URL: <http://archives.tsa-algerie.com/divers> (Accessed 20 October 2014).
15. Edeline, F. (1997). L'épuration biologique des eaux: Théorie et technologie des réacteurs, Ed. Cebedoc, Liège, Belgique, 680 p.
16. Degremont, G. (2005). Mémento technique de l'eau (Water technical guide), 10ème édition, Ed. Lavoisier, Paris, pp. 3-38.
17. Athamena, A., Lehchili, N., Benchaoui, A., Benabdelaziz, N. (2017). Aptitude à l'irrigation par les eaux usées epurees, cas de la step de sidi merouane, wilaya de Mila, Est algérien. *Int J Environ Glob Climate Change*. 5 (2), 125–132.
18. Delarras C. (2007). Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire: Aliments, produits cosmétiques, eaux, produits pharmaceutiques. Éd. Médical I., Tec & Doc Lavoisier, 476 p.

19. Bouchaala, L., Charchar, N., Sahraoui, H., Gherib, A. (2021). Assessment of wastewater biological treatment efficiency and mapping of WWTPs and LTPs in Algeria. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 19, 1153-1169. doi: <https://doi.org/10.1007/s40201-021-00682-1>
20. Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J. P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodier, L. (2009). L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 9 ème édition. Dunod, Paris, 1583 p.
21. Wilcox, L. V. (1955). Classification and use of irrigation waters, vol 969. U.S. Department of Agriculture Circular, Washington, DC, p. 19.
22. Rehman, F., Cheema, T. (2016). Effects of sewage waste disposal on the groundwater quality and agricultural potential of a floodplain near Jeddah, Saudi Arabia. *Arab J Geosci*. 9, 307- doi: <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2340-y>
23. Rehman, A. M., Subyani, T., Cheema, H. M., Harbi, T., Azeem, A. A., Naseem, M. F., Ullah O., Riaz, S., Rehman, F. (2020). Contribution to the comparative study of treated and untreated wastewater: a case study (Wadi Fatima and Al Misk Lake) in Saudi Arabia. *Arab J Geosci*. 13, 842. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05756-2>
24. World Health Organization (WHO), (2012). Factors affecting treatment in ponds In Wastewater Stabilization Pond: Principles of Planning and Practice. FMRO Technical Publication, 138 p.
25. Hamid, C., Elwatik, L., Ramchoun, Y., Fath-Allah, R., Ayyach, A. (2014). Etude des performances épuratoires de la technique du lagunage aéré appliquée à la station d'épuration de la ville d'Errachidia – Maroc. *Afrique Science* 10(2), 173-183.
26. Journal Officiel de la République Algérienne (JORA), (2006). Valeurs limites des paramètres des rejets effluents liquides industriels (Journal Officiel de la République Algérienne Limit values for industrial liquid effluent discharge parameters), 27 p.
27. Saifi, H., Saifi, R., Benabdelkader, M., Saidi, M., Mabrouk, Y. (2018). Impact of wastewater treatment plants on the environment. *Renewable Energy Review SIENR'18* Ghardaïa, 87-91.
28. Yosef, A. Y., Abraha, G., Abraha, M. (2020). Assessment on the performance of wastewater treatment plants and their impact on the surface water quality of awash river. Ethiopia. *Ethiopian Journal of Environmental Studies & Management*. 13(3), 376-392. doi: <https://ejesm.org/doi/v13i3.11>
29. Xanthoulis, D. (1993). Valorisation agronomique des eaux usées des industries agro-alimentaires. *Tribune de l'Eau*, 46 (563), 27-32. URL: <https://hdl.handle.net/2268/263958>
30. Halimi, S., Zeghdani, Z., Allaoui, A. (2018). Aptitude des eaux épurées de la step de Khenchela à l'irrigation. *Sciences et Techniques de l'Eau*. III (2), 20-31.
31. Food and Agriculture Organisation (FAO), (2003). L'irrigation avec les eaux usées traitées: Manuel d'utilisation. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Bureau Régional pour le Proche-orient et Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord. 73 p.
32. Bliefert, C., Perraud, R. (2001). Chimie de l'environnement: Air, Eau, Sols, Déchets. Edition de Boec, pp. 317-477.
33. Guillaud, J. F. (1992). Les rejets urbains en mer (Urban discharges at sea). *Hydroécol. Appl.* 4(2), 159-172.
34. Guivarch, A. (2001). Valeur fertilisante à court terme du phosphore des boues de stations d'épuration urbaines, Thèse doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine. 306 p.

35. Campos, J. L., Garrido, J. M., Mosquera-Corral, A., Méndez, R. (2007). Stability of a nitrifying activated sludge reactor. *Biochemical Engineering Journal*. 35, 87-92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2007.01.002>
36. Henze, M. (1990). Capabilities of biological nitrogen removal processes from wastewater. *Water Science and Technology*. 23, 669-679.
37. Foglar, L., Briški, L., Sipos, L., Vuković, M. (2005). High nitrate removal from synthetic wastewater with mixed bacterial culture. *Bioresource Technology*. 96, 879-888.
38. Yadav, R. K., Goyal, B., Sharma, R. K., Dubey, S. K., Minhas, P.S. (2002). Post-Irrigation impact of domestic sewage effluent on composition of soils, crops and ground water - A case study. *Environment International*. 28, 481-486. doi: [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(02\)00070-3](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(02)00070-3)
39. Seitzinger, S. P., Kroeze, C., Bouwman, A. F., Caraco, N., Dentener, F., Styles R.V. (2002). Global patterns of dissolved inorganic and particulate nitrogen inputs to coastal systems: recent conditions and future projections. *Estuaries*. 25, 640-655. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02804897>
40. Aboulfotouh, A., Heikal G. (2022). Estimation of Per Capita Loading and Treated Wastewater Quality Index in Sharkia Governorate, Egypt. *Journal of Ecological Engineering*. 23(5), 73–80. doi: <https://doi.org/10.12911/22998993/146767>
41. Hachi, T., Hachi, M., Essabiri, H., Belghyti D., Khaffou M., Benkaddour R., El Yaacoubi, A., Mounir, R., Abba E.H. (2023). Water quality and environmental performance of a municipal wastewater treatment plant (Case of M'rirt City. Morocco). *Materials Today Proceedings*. Vol. 72, Part 7, 3795-3803, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.395>
42. Benfetta, H., Sahnoun, A., Achour, B., Ouadja, A. (2017). Sewage treatment in the wilaya of Mascara. *Larhyss J*. 31, 249-258.
43. Houria, M., Mahfoud hadj, M., Youcef, T., Abdeltif, A. (2014). Physico-chemical Characterization of Industrial Effluents from the Town of Ouargla (South East Algeria). *Energy Procedia*. 50, 255-262. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.031>
44. Osmani, M., Belinda, H., Enkelejda, K., Armela, M., Renato, C. (2023). Wastewater treatment impact on water quality - a case study. *Period. Mineral*. 92, 33-43. doi: <https://doi.org/10.13133/2239-1002/17848>
45. Eid, M. H., Elbagory, M., Tamma, A. A., Gad, M., Elsayed, S., Hussein, H., Moghanm, F. S., Omara, A. E. -D., Kovács, A., Péter, S. (2023). Evaluation of Groundwater Quality for Irrigation in Deep Aquifers Using Multiple Graphical and Indexing Approaches Supported with Machine Learning Models and GIS Techniques, Souf Valley, Algeria. *Water*. 15(1), 182. doi: <https://doi.org/10.3390/w15010182>
46. El-Feky, M., Saber, A., Abd-el-Kader, M., Kantoush, M.M., Sumi, S.A., Alfaisal, T. (2024). Comprehensive environmental impact assessment and irrigation wastewater suitability of the Arab El-Madabegh wastewater treatment plant, ASSIUT CITY, EGYPT. *PLoS one*. 19(2): e0297556. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297556>
47. Manganiello, V., Zucaro, R., Dono, G. (2024). The use of purified wastewater for irrigation: Possible strategies in the Capitanata area (Apulia, Italy). *Agric. Water Manag.* 291, 10861. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108614>
48. Rani, J. P. A., Rubavathi, C. Y. (2024). Enhancing river and lake wastewater reuse recommendation in industrial and agricultural using AquaMeld techniques. *Peer J Computer Science*, 10:e2488. doi: <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2488>
49. Paulo, M.R., Francisco, S. P., Rui C. M. (2024). A framework for enabling conditions for wastewater reuse. *Sustainable Production and Consumption*. 46, 355-366. doi: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.02.022>

50. Christou, A., Beretsou, V. G., Iakovides, I. C., Karaolia, P., Michael, C., Benmarhnia, T., Chefetz, B., Donner, E., Gawlik, B. M., Lee, Y., Thye Lim, T., Lundy, L., Maffettone, R., Rizzo, L., Topp, E., Fatta-Kassinos D. (2024). Sustainable wastewater reuse for agriculture. *Nat Rev Earth Environ.* 5, 504-521. doi: <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00560-y>

51. Akhoundi, A., Nazif, S. (2018): Sustainability assessment of wastewater reuse alternatives using the evidential reasoning approach. *J. Clean. Prod.* 195, 1350-1376, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.220>

52. Angelakis, A. N., Asano, T., Bahri, A., Jimenez, B.E., Tchobanoglous G. (2018). Water reuse: from ancient to modern times and the future. *Front. Environ. Sci.* 6, 1-17, doi: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00026>

53. Dery, J. L., Rock, C. M., Goldstein, R. R., Onumajuru, C., Brassill, N., Zozaya, S., Suri, M.R. (2019). Understanding grower perceptions and attitudes on the use of nontraditional water sources, including reclaimed or recycled water, in the semi-arid Southwest United States. *Environ. Res.* 170, 500-509, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.12.039>

54. Areosa, I., Martins, T. A. E., Lourinho, R., Batista, M., Brito, A.G., Amaral, L. (2024). Treated wastewater reuse for irrigation: A feasibility study in Portugal. *Science of the Total Environment.* 954, 176698. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176698>

Резюме

Заоуї Л., Аббачі С, Фекраче Ф., Кахіт Ф.З., Хеліфі В., Бенселгуб А., Сахер Е., Соліман А.М. **Характеристика якості очищених та стічних вод Сіді Маруанських очисних споруд у провінції Міла, Алжир: придатність та повторне використання для іригації.**

Це дослідження має на меті оцінити якість стічних вод з міста Міла, очищених за допомогою процесу активного мулу, оцінивши їх потенціал для повторного використання в сільському господарстві. Ефективне очищення стічних вод має важливе значення для пом'якшення ризиків для здоров'я, пов'язаних з використанням ресурсів поверхневих і підземних вод. Повторне використання очищених стічних вод для зрошення є ключовою метою, особливо в посушливих і напівпосушливих регіонах, де поширений дефіцит води. Дослідження дотримуються законів Алжиру, які наразі обмежують повторне використання міських стоків. Ми провели комплексний аналіз кількох критичних параметрів, включаючи вимірювання температури та рН *in situ* за допомогою багатопараметричних польових зондів. Були проведені лабораторні аналізи для визначення рівнів завислих речовин (ЗР), біохімічного споживання кисню (БСК₅), хімічного споживання кисню (ХСК), нітратів (NO₃), нітритів (NO₂), амонію (NH₄) і загального азоту (ЗН) за допомогою спектрофотометричних та звичайних методів. Щоб оцінити придатність очищених стічних вод для зрошення, ми оцінили електропровідність (ЕС), відсоток натрію (Na%), коефіцієнт поглинання натрію (SAR), залишковий карбонат натрію (RSC), індекс проникності (PI), коефіцієнт магнію (MR) і коефіцієнт Келлі (KR). Наші висновки, отримані під час візитів на місця та спостережень за процесами очищення, вказують на те, що очищені стоки загалом відповідають стандартам якості щодо основних забруднювачів, зокрема БСК₅, ХСК та ЗР. Очищена вода відповідає нормативним вимогам щодо скидання в приймаюче середовище. Крім того, оцінені параметри, включаючи середнє значення SAR, знаходяться в допустимих межах. Загальні результати показали відсутність небезпеки лужності, магнію чи бікарбонату, пов'язаної з використанням очищеної води Сіді Маруанських очисних споруд для сільського господарства, що вказує на те, що очищена стічна вода придатна для сільськогосподарського зрошення.

Ключові слова: параметри, оцінка, стандарти, активний мул, міські стоки, придатність до поливу, індекси, повторне використання стічних вод.

Хованський В.Ю., Корнус А.О.

ПОВТОРЮВАНІСТЬ СИЛЬНО МОРОЗНИХ НОЧЕЙ У м. КИЄВІ

Дослідження розглядає частоту та динаміку надзвичайно морозних ночей ($T_{\min} \leq -20^{\circ}\text{C}$) у Києві за період 1950–2023 років. Клімат Києва, що характеризується помірно холодними зимами та теплим літом, зазнав помітних змін унаслідок глобального потепління. У роботі проаналізовано довгострокові метеорологічні дані для виявлення тенденцій хвиль холоду та їхнього впливу на міську інфраструктуру, споживання енергії та громадське здоров'я. Результати показують, що кількість надзвичайно морозних ночей суттєво зменшилася з кінця 1980-х років. Якщо в період 1950–1987 років їхня середня кількість становила 17 на рік, то після 1987 року вона знизилася до 4,5. Дослідження виокремлює два періоди: 1950–1987 роки, що характеризуються частими холодними хвилями, та 1988–2023 роки, коли їхня кількість значно скоротилася. Найбільш суворі зими, такі як 1963, 1985 і 1987 років, мали понад 20 надзвичайно морозних ночей, тоді як у останні роки такі явища стали рідкісними. Статистичний аналіз, зокрема лінійна регресія, підтверджує тенденцію до зменшення кількості морозних ночей, що узгоджується із загальними кліматичними змінами та ефектом міського теплового острова. Попри загальне скорочення екстремально холодних явищ, вони все ще трапляються через вплив арктичних повітряних мас, особливо у січні та лютому. Вплив таких ночей на транспорт, потреби в опаленні та ризики для здоров'я вразливих груп населення залишається значним. Дослідження підкреслює необхідність подальшого моніторингу та адаптаційних стратегій для пом'якшення наслідків екстремальних погодних умов у Києві. Отримані результати сприяють кращому розумінню регіональної кліматичної мінливості та підтримують політику кліматичної адаптації.

Ключові слова: надзвичайно морозні ночі, хвилі холоду, зміна клімату, міський тепловий острів, Київ, метеорологічні тенденції, температурна мінливість.

Актуальність теми. Дослідження повторюваності надзвичайно морозних ночей у Києві є актуальним у контексті глобальних змін клімату та їхнього впливу на регіональні кліматичні особливості. Хоча загальна тенденція вказує на підвищення температур і скорочення холодних періодів, екстремальні погодні явища, такі як сильно морозні ночі, все ще становлять суттєву загрозу для міських систем життєзабезпечення, інфраструктури та здоров'я населення.

Глобальне потепління призводить не лише до підвищення середніх температур, а й до зміни частоти й інтенсивності екстремальних явищ. Київ демонструє загальну тенденцію до скорочення морозних періодів, проте у певні

© Хованський В.Ю.,¹ Корнус А.О.¹ ✉, 2025.

¹ Кафедра загальної та регіональної географії Сумського державного педагогічного університету імені А.С.Макаренка, kornus@sspu.edu.ua



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
Article Info: Received: January 10, 2025;
 Final revision: March 25, 2025; Accepted: March 29, 2025.

роки все ще спостерігаються різкі похолодання, які можуть мати серйозні соціально-економічні наслідки. Дослідження таких явищ дозволяє оцінити їхню періодичність і прогнозувати можливі ризики в майбутньому.

Морозні ночі можуть викликати значні проблеми для транспорту, енергетики та водопостачання. При температурі нижче -20°C зростає ризик аварій на теплотрасах, виходу з ладу електромереж і транспортних систем. Дослідження таких явищ допомагає місту розробляти ефективні стратегії адаптації та реагування.

Низькі температури є особливо небезпечними для вразливих груп населення, зокрема літніх людей, бездомних і тих, хто працює на відкритому повітрі. Холодові хвилі можуть спричинити переохолодження, обмороження та навіть летальні випадки. Моніторинг та аналіз морозних ночей дозволяє своєчасно впроваджувати заходи захисту населення.

Раптові морозні хвилі можуть мати серйозні наслідки для сільського господарства, особливо в умовах зміни клімату. Рослинність, що адаптується до м'якших зим, може страждати від несподіваних заморозків, що призводить до зниження врожайності. Аналіз динаміки морозних ночей допомагає оцінити потенційні ризики для аграрного сектору.

У сучасних кліматичних дослідженнях важливо не лише виявляти загальні тренди потепління, а й аналізувати локальні кліматичні екстремуми, які мають значний вплив на життєдіяльність міст. Робота над цією темою сприяє кращому розумінню взаємозв'язку між глобальними та локальними кліматичними змінами та допомагає розробляти адаптаційні стратегії.

Таким чином, вивчення повторюваності надзвичайно морозних ночей у Києві є не лише науково обґрунтованим, а й суспільно значущим. Дослідження цієї проблематики сприяє покращенню прогнозування кліматичних ризиків, допомагає адаптувати міські системи до можливих холодкових екстремумів і підвищує рівень готовності до майбутніх кліматичних викликів.

Метою статті є аналіз частоти, динаміки та тенденцій виникнення надзвичайно морозних ночей ($T_{\min} \leq -20^{\circ}\text{C}$) у Києві за період 1950–2023 років. Дослідження спрямоване на виявлення змін у повторюваності таких явищ у контексті глобального потепління та урбанізаційних процесів, що дозволить покращити прогнозування екстремальних холодкових періодів і сприяти розробці адаптаційних стратегій для мінімізації їх негативних наслідків.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Дослідження частоти та динаміки надзвичайно морозних ночей у Києві є важливим аспектом вивчення регіональних проявів глобальних кліматичних змін. Хоча прямих наукових публікацій, присвячених саме цій темі, обмаль, існує низка робіт, що розглядають пов'язані питання кліматичних екстремумів та їх впливу на

урбанізовані території [10-12]. Загальна тенденція до потепління клімату в Україні підтверджується дослідженнями, які вказують на зменшення кількості холодних зимових періодів [13-15]. Зокрема, в одній з експертних оцінок зазначено, що, попри загальне потепління, окремі морозні зими все ще трапляються, що свідчить про збереження екстремальних холодових явищ [3]. У контексті урбанізації та її впливу на мікроклімат міста варто згадати дослідження, що розглядають феномен міського теплового острова. Хоча конкретні роботи, присвячені Києву, обмежені, загальносвітові тенденції вказують на те, що урбанізовані території можуть мати вищі температури порівняно з прилеглими сільськими районами, що впливає на частоту та інтенсивність екстремальних температурних явищ. Крім того, дослідження, присвячені оцінці вразливості до зміни клімату в Україні, підкреслюють зростання кількості кліматичних стихійних лих за останнє сторіччя, що впливає на різні сектори економіки та суспільства [5]. Таким чином, хоча прямих досліджень, присвячених саме надзвичайно морозним ночам у Києві, небагато, існуючі роботи вказують на загальні тенденції зміни клімату, зменшення частоти екстремальних холодових явищ та вплив урбанізації на мікроклімат міста. Подальші дослідження в цій галузі є необхідними для глибшого розуміння локальних кліматичних змін та розробки ефективних адаптаційних стратегій.

Викладення основного матеріалу. Клімат Києва характеризується середніми річними температурами, що коливаються в межах $+7^{\circ}\text{C}$ до $+10^{\circ}\text{C}$. Зима є відносно прохолодною з незначними мінусовими температурами, а літо помірно теплим із середньомісячними температурами в липні на рівні $+18...+20^{\circ}\text{C}$. Осереднена середня місячна, річна температура повітря, відхилення від норми середньої місячної температури повітря м. Києва за багаторічний період представлено в таблицях 1, 2 [2].

Температурний режим Києва відображає основні ознаки помірного клімату з холодними зимами та теплими літніми сезонами. Абсолютні мінімальні температури, зафіксовані у місті, можуть досягати -30°C і нижче. Водночас максимальні температури влітку іноді перевищують $+35^{\circ}\text{C}$. Зима в Києві зазвичай починається в кінці листопада – на початку грудня і триває до кінця лютого. Для зимового періоду характерні як легкі та помірні морози, так і епізоди сильно холодів. Весна настає в березні, коли середньодобові температури починають перевищувати 0°C . Літо триває з червня по серпень, а осінь, зазвичай тепла і суха, настає у вересні.

Відносна вологість повітря протягом року зазвичай становить 70–80%, з найвищими показниками восени та взимку. Середні значення річної кількості опадів у Києві становлять близько 600–700 мм. Максимум опадів припадає на

теплій період року, особливо на травень та червень, тоді як зима відносно суха, з переважанням снігових опадів.

Таблиця 1

Осереднена середня місячна і річна температура повітря м. Києва за 1881–2020 рр.

Місяць	Характеристика					
	Середня	Середнє квадратичне відхилення	Найбільш низька	Рік	Найбільш висока	Рік
I	-5,6	3,9	-15	1942	2,7	2007
II	-4,2	3,3	-15,9	1929	3,7	2002
III	0,7	3	-6,9	1942	6,9	1990
IV	8,7	1,9	2	1929	12,9	1950
V	15,2	1,9	10,4	1919	19,4	2003
VI	18,2	1,7	13,9	1887	22,6	1999
VII	19,3	1,4	16,9	1935, 1979	25,5	1936
VIII	18,6	1,2	15,5	1884, 1926	24,6	2010
IX	13,9	1,5	10,2	1894	18,4	1909
X	8,1	1,5	2,2	1920	12,4	1935
XI	2,1	2	-6	1993	8	2010
XII	-2,3	2,3	-11,9	1890	2,8	1960
Рік	7,7	1	5,1	1942	9,9	2007

Таблиця 2

Відхилення від норми середньої місячної температури повітря та місячної кількості опадів у Києві

Характеристика		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Середня місячна температура повітря (°C)	норма (1961-1990)	-5.6	-4.2	0.7	8.7	15.2	18.2	19.3	18.6	13.9	8.1	2.1	-2.3	7.7
	2020	0.8	2.5	6.5	9.9	12.4	21.7	21.9	21.4	18.4	12.5	3.8	-0.5	10.9
	Відхилення	6.4	6.7	5.8	1.2	-2.8	3.5	2.6	2.8	4.5	4.4	1.7	1.8	3.2

Сильно морозні ночі [6, 7], під час яких температура повітря опускається нижче -20°C , є однією з характерних особливостей зимового періоду в Києві.

Вони найчастіше спостерігаються у січні та лютому, коли антициклони з Арктики сприяють зниженню температури. В окремі роки такі явища можуть бути інтенсивними та тривалими, суттєво впливаючи на транспорт, енергетику та здоров'я населення. Такі холодіві періоди отримали назву хвиль холоду (Cold waves).

Для України основні критерії визначення хвиль холоду наступні [9]:

зниження середньодобової температури повітря порівняно з кліматичною нормою на 3°C і більше протягом двох і більше діб;

випадки, коли хвиля холоду переривалася одним днем потепління або ізотермії, вважалися однією хвилею холоду.

Кількість хвиль холоду, зафіксованих на метеостанції Київ, наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Динаміка кількості хвиль холоду у Києві (2001–2020 рр.) [9]

Рік	Кількість хвиль холоду
2001	8
2002	11
2003	12
2004	10
2005	8
2006	10
2007	7
2008	5
2009	8
2010	9
2011	8
2012	5
2013	7
2014	8
2015	5
2016	6
2017	9
2018	8
2019	7
2020	3
Усього	154
Середня	7,7

Упродовж XX–XXI століть кліматичні умови Києва зазнали змін, зокрема через глобальне потепління. Через зміну характеру циркуляційних процесів, що відбуваються на тлі глобального потепління, за останні два десятиліття спостерігається помітне зменшення кількості хвиль холоду. Дослідження [9] показали, що найдовші та найсильніші холодні хвилі спостерігалися в першій половині досліджуваного періоду, за винятком 2012 року. Також слід звернути особливу увагу на 2002, 2003 та 2006 роки, коли через сильні хвилі холоду збільшувалася кількість смертей через переохолодження.

Натомість постерігається підвищення зимових температур та зменшення кількості морозних днів. За даними метеорологічних досліджень [2], середньорічна температура в Києві зросла приблизно на $1,5^{\circ}\text{C}$ за останні 80 років (рис. 1, 2), що відповідає загальносвітовим кліматичним трендам.

Однак, хоча зими стали коротшими й менш суворими, періоди екстремального холоду, включно з сильно морозними ночами, все ще трапляються, особливо під час впливу арктичних повітряних мас. Подальший аналіз динаміки морозних ночей дозволить виявити більш детальні тенденції у контексті змін клімату.

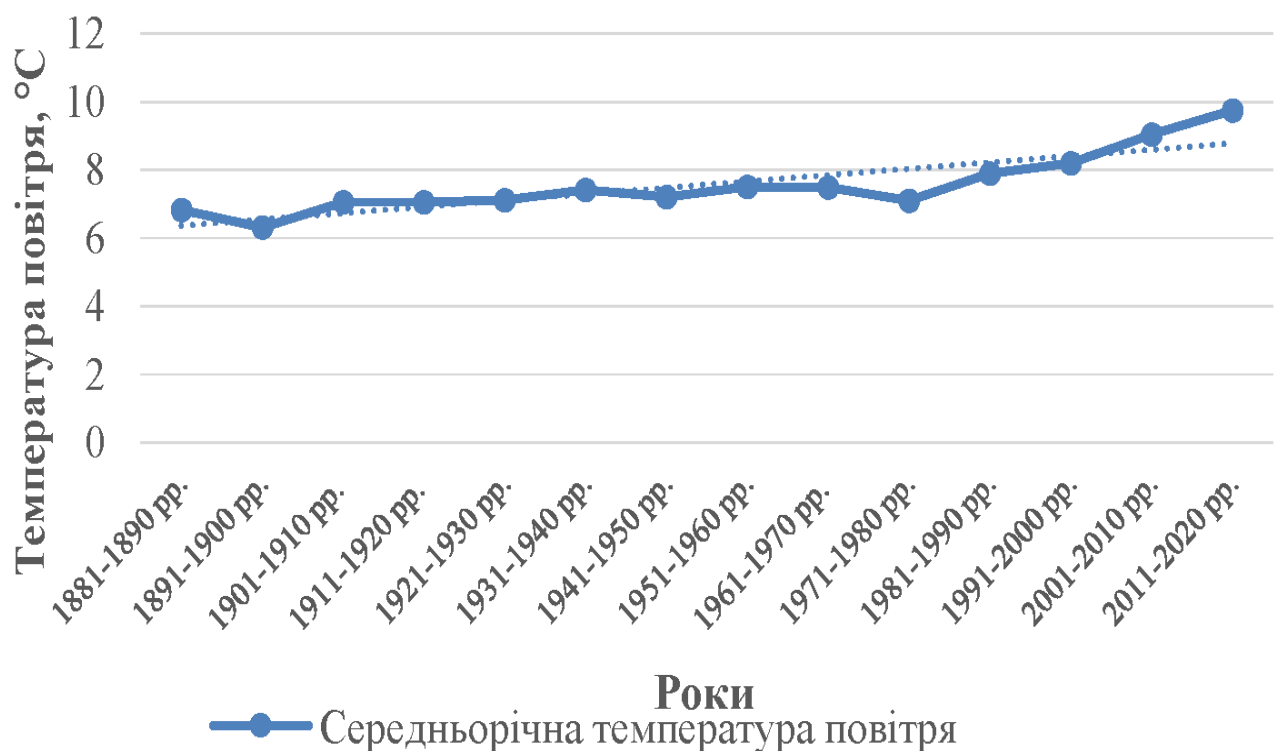


Рис. 1. Середня річна температура повітря за досліджуваний період, ОГМС Київ (1881-2010 pp.) [2]

Температурний поріг -20°C . є критичним для функціонування багатьох сфер життя міста, включаючи транспортну систему, енергетику та охорону здоров'я.

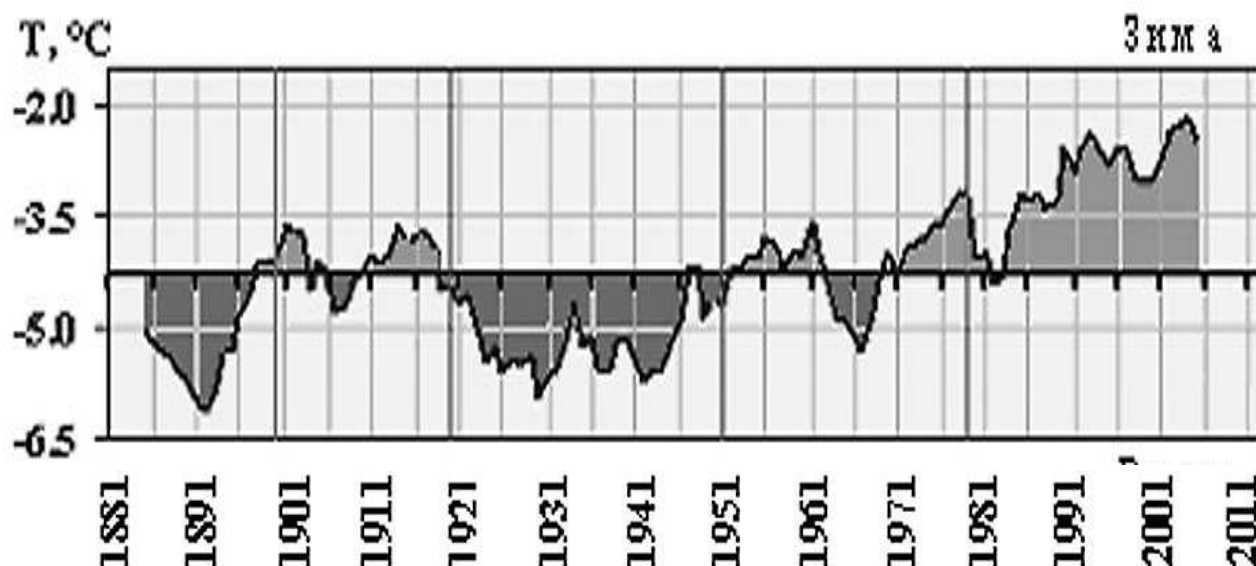


Рис. 2. 10-річне ковзне осереднення середньої температури повітря ($T, ^\circ\text{C}$) за зимовий сезон, ОГМС Київ (1881-2010 рр.) [5]

Критеріями віднесення ночі до категорії "сильно морозних" є:

- 1) Мінімальна температура нижче -20°C , зафіксована на офіційних метеорологічних станціях.
- 2) Стійкість температури нижче цього порогу протягом принаймні 6 годин.
- 3) Відсутність значного впливу локальних теплових аномалій (наприклад, в районах із високою щільністю забудови).

Алгоритм аналізу сильно морозних ночей передбачав обробку та інтерпретацію метеорологічних даних за період, отриманих на ОГМС Київ. Основні етапи дослідження:

- 1) формування бази даних із щоденними показниками мінімальних температур у зимовий період.
- 2) ідентифікація випадків, що відповідають критеріям сильно морозних ночей.
- 3) статистичний аналіз частоти, тривалості та інтенсивності таких явищ.
- 4) виявлення кліматичних тенденцій та змін у динаміці сильно морозних ночей у контексті глобального потепління.

Такий підхід дозволяє систематизувати інформацію про сильно морозні ночі [6, 7] та забезпечити об'єктивну оцінку їхнього впливу на кліматичні умови Києва.

Дане дослідження динаміки сильно морозних ночей ($T_{\min} \leq -20^\circ\text{C}$) у Києві охоплювало період 1950-2023 рр. [1], що дозволяє надійно оцінити характер цієї складової кліматичних змін, виявити періодичність появи сильно морозних ночей та визначити довгострокові тенденції. Ретроспективний аналіз даних дає

підстави припускати як природні кліматичні коливання, так і вплив антропогенних факторів на формування зимових екстремумів температури.

Протягом досліджуваного періоду виявлено нерівномірність розподілу сильно морозних ночей (табл. 4). Аналіз частоти їхньої появи дозволив виділити 2 періоди з їх підвищеною і найнижчою активністю:

1) 1950-1987 рр. – відзначається найбільша кількість років із значною кількістю морозних ночей (10-25 ночей). Наприклад, у 1950 р. зафіксовано 15 ночей, у 1963 р. – 22 ночі, у 1985 р. – рекордні 25 ночей.

2) 1988-2023 рр. – періоди зниження кількості морозних ночей. Зокрема, після 1987 року (22 ночі) тривалий інтервал до 2006 року мав лише помірну активність у плані повторюваності таких ночей, за окремими винятками (у 2006 р. зафіксовано таких 11 ночей, у 2012 р. – 14 ночей). У 2022-2023 рр. такі ночі не спостерігалися узагалі.

Всередині цих періодів можна спостерігати певні інтервали між роками з найбільшою кількістю морозних ночей, які змінюються. У період 1950-1987 рр. такі інтервали становлять переважно 9-10 років, тоді як після 1987 р. спостерігається подовження до 19 років (1987-2006).

Таблиця 4

Кількість морозних ночей на метеостанції Київ за роками (1936-2023 рр.)

Рік	Кількість морозних ночей	Рік	Кількість морозних ночей	Рік	Кількість морозних ночей
1937	8	1968	5	1997	4
1950	15	1973	5	1998	3
1951	3	1976	15	2002	1
1953	2	1977	5	2003	1
1954	17	1978	6	2005	1
1955	2	1979	6	2006	11
1956	5	1980	4	2009	5
1959	2	1985	25	2010	4
1960	5	1986	3	2012	14
1961	1	1987	22	2014	6
1963	22	1988	4	2015	1
1964	11	1991	4	2016	3
1965	4	1993	1	2017	2
1966	2	1994	4	2018	1
1967	10	1996	7	2021	6

На основі аналізу даних метеорологічних спостережень було визначено зміну частоти виникнення морозних ночей за десятиліття. Середнє значення для періоду 1950-1987 рр. становить близько 17 ночей за рік із локальними максимумами у 1963 та 1985 роках. У період після 1987 року середня кількість морозних ночей зменшилася до 4,5 на рік.

Аналіз отриманих даних свідчить про вплив як глобальних, так і локальних кліматичних умов на динаміку морозних ночей у Києві. У середині ХХ століття відзначався період певного похолодання клімату в регіоні, що супроводжувався збільшенням кількості випадків сильних морозів [8]. У той же час, у ХХІ столітті спостерігається загальне потепління, яке супроводжується зменшенням як кількості морозних періодів, так і їх тривалості.

Аналіз змін кількості та інтенсивності сильно морозних ночей ($T_{\min} \leq 20^{\circ}\text{C}$) за період 1950-2023 рр. у Києві демонструє чіткі тенденції, що відображають вплив глобального потепління на кліматичні умови регіону.

Динаміку морозних ночей було проаналізовано за допомогою лінійної регресії, що описується рівнянням $y = -0,0974x + 8,555$ (коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,0278$), де пояснювальна, незалежна змінна – змінна часу (рік спостереження) (рис. 3).

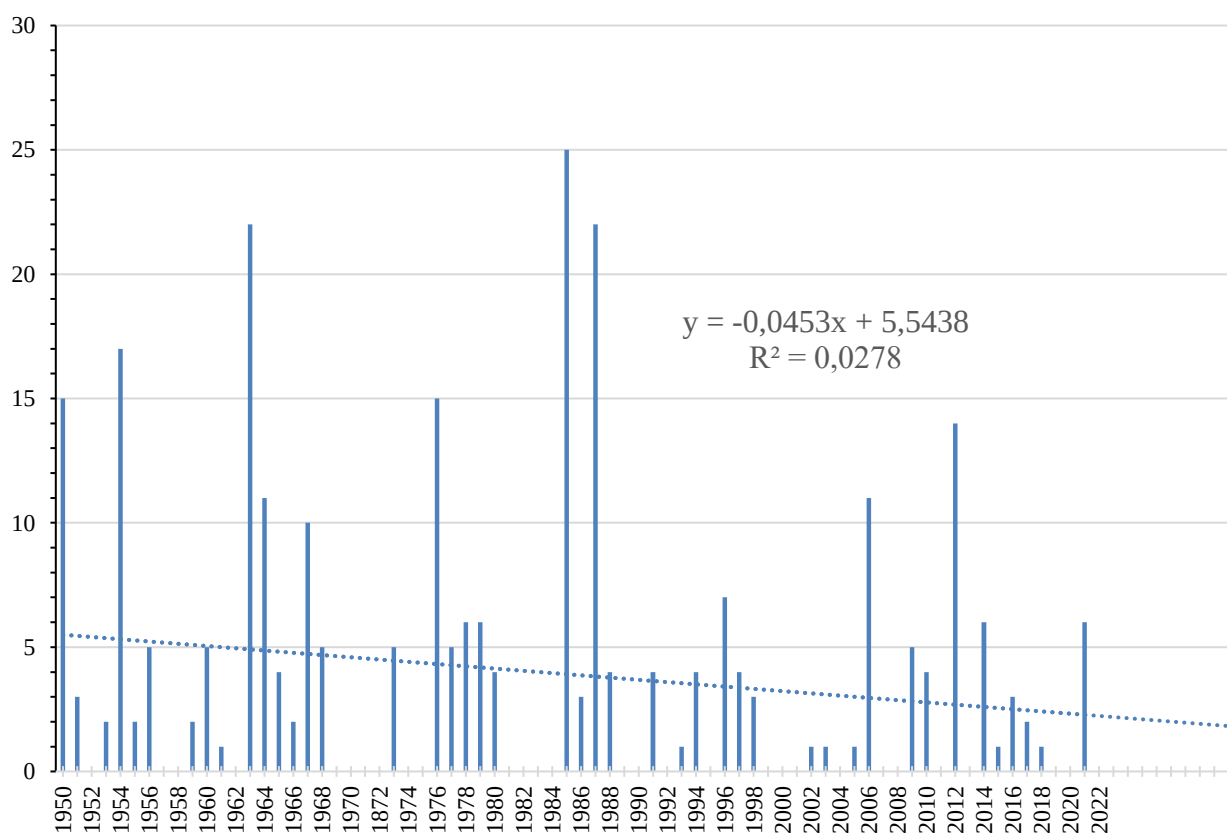


Рис. 3. Динаміка кількості морозних ночей на за 1950-2023 рр. та її прогноз до 2023 р.

Від'ємний коефіцієнт нахилу ($-0,0278$) у рівнянні лінійної регресії означає, що існує негативна кореляція між змінною x (роки) і залежною змінною y (кількість морозних ночей на рік). Незважаючи на невисокий коефіцієнт детермінації, розрахований для цього випадку t -коефіцієнт Стюдента вказує на те, що отримана лінійна залежність є статистично значущою.

На наведеному вище рис. 2. показано кількість морозних ночей на рік, а також лінію тренду. Можна помітити, що кількість морозних ночей є

нестабільною, а частота їх повторюваності зменшується до кінця періоду. Абсолютний максимум, пік, значно вищий за інші значення, становить 25 ночей і був зафіксований у 1985 році. Отже, можна зробити висновок, що визначена лінійна залежність зменшення повторюваності морозних ночей є статистично значимою, причому варто очікувати подальше зменшення їх кількості.

Зменшення кількості сильно морозних ночей стало особливо помітним після 1980-х років, коли середня кількість холодних ночей почала знижуватися до мінімуму. Разом з тим, деякі роки, такі як 1963, 1985 та 1987, виділяються на фоні загального тренду значної кількістю морозних ночей. Це вказує на вплив локальних кліматичних факторів або природних аномалій.

Аналіз даних за 1950–2023 рр. показав нерівномірний розподіл морозних ночей. У 1950–1987 рр. їхня середня кількість становила 17 на рік, а після 1987 р. знизилася до 4,5 на рік. Лінійна регресія підтвердила тенденцію до скорочення кількості таких ночей, що зумовлено глобальним потеплінням та ефектом теплового острова.

Підвищена кількість морозних ночей збігається з фазами локального похолодання, проте з кінця 1980-х спостерігається потепління, що супроводжується зменшенням їхньої тривалості й інтенсивності. Найхолодніші періоди припадають на січень-лютий, а скорочення морозних ночей у міжсезоння вказує на зменшення тривалості зим.

Вплив дуже морозних ночей відчувається у багатьох сферах. Замерзання ґрунту може спричиняти загибель сільськогосподарських культур, а інтенсивне використання енергоресурсів для обігріву приміщень – підвищувати навантаження на енергосистему країни. Крім того, вони створюють загрозу здоров'ю людей, особливо серед уразливих груп населення. Дослідження сильно морозних ночей є важливим для прогнозування і адаптації до екстремальних погодних умов. Воно дозволяє формувати стратегії для мінімізації впливу таких явищ на населення та економіку.

Незважаючи на тенденції до потепління, подібні екстремуми залишаються частиною кліматичної реальності України, що підкреслює необхідність подальшого їх моніторингу і досліджень. Отримані результати важливі для подальшого вивчення кліматичних змін та адаптації до їхніх наслідків.

Висновки. Дослідження показало, що кількість надзвичайно морозних ночей у Києві суттєво зменшилася за останні десятиліття. Якщо в період 1950–1987 років спостерігалася висока повторюваність таких явищ, то після 1987 року їх кількість знизилася майже вчетверо. Це свідчить про пом'якшення зимового клімату столиці, що узгоджується із загальносвітовими тенденціями глобального потепління.

Попри загальне скорочення морозних ночей, вони продовжують траплятися, особливо у січні-лютому, що пов'язано з впливом арктичних повітряних мас. Такі періоди екстремального холоду можуть мати серйозні наслідки для міської інфраструктури, транспорту та енергосистем, створюючи додаткові ризики для функціонування міста.

Аналіз даних засвідчив, що лінійний тренд зменшення морозних ночей є статистично значущим, хоча окремі аномальні роки, такі як 1963, 1985 і 2012, демонстрували суттєве відхилення від загальної тенденції. Це вказує на складний характер кліматичних змін, де глобальне потепління поєднується з природними кліматичними коливаннями та локальними факторами, зокрема ефектом міського теплового острова.

Отримані результати підтверджують необхідність подальшого моніторингу морозних ночей у Києві. Це сприятиме кращому прогнозуванню екстремальних холодних періодів, що дозволить міській владі та громадським службам завчасно адаптуватися до потенційних кліматичних ризиків. Враховуючи продовження глобальних змін клімату, вивчення таких явищ є важливим для розробки стратегії адаптації та мінімізації їхнього негативного впливу на життєдіяльність міста.

Література

1. Дані із архіву погоди. Київ. URL: https://docs.google.com/spreadsheets/d/10hNFjqxVtyRX8gDOO6nM5x_dXGOp20sw/edit?usp=sharing&ouid=115164811626742645696&rtpof=true&sd=true (дата звернення: 05.01.2025).
2. Жукова, О., Негода, Н. (2022). Прогноз змін кліматичних факторів міста Київ та їх вплив на життєвий цикл будівель. Екологічна безпека та природокористування. 43(3), 64–72. doi: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.3.64-72>
3. Коваленко Н. Головний синоптик: в Україні теплішає / Радіо Свобода, 04 лютого 2012 р. URL: https://www.radiosvoboda.org/a/24473286.html?utm_source=chatgpt.com (дата звернення 13.01.2024 р.).
4. Мартазінова В.Ф. (2016). Повторюваність середньої добової температури повітря в останні десятиріччя на прикладі ОГМС Київ / В. Ф. Мартазінова, С. В. Савчук, В. В. Остапчук // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. 269, С. 3-10.
5. Шевченко О., Власюк О., Ставчук І., Ваколюк М., Ілляш О., Рожкова А. (2014). Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. Київ: Myflaer, 74 с. URL: https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf?utm_source=chatgpt.com
6. Fewer Cold Nights. Climate central. URL: <https://www.climatecentral.org/climate-matters/fewer-cold-nights-2016> (дата звернення: 09.01.2025).
7. Heat and cold – frost days. European Environment Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-changing-climate-hazards-1/heat-and-cold/frost-days> (дата звернення: 07.01.2025).
8. Wang, N., Li, J., Wang, H. et al. (2025) A winter cold nights pattern in the Northern Hemisphere lands: Circum-hemisphere teleconnection of extreme cold events. Clim Dyn. 63, 30. doi: <https://doi.org/10.1007/s00382-024-07486-7>

9. Zatula, V. (2023). Cold Waves in Ukraine in 2001–2020. 17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Nov. 2023, 1–5. doi: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520198>
10. Klok, S., Kornus, A., Kornus, O., Danylchenko, O., Skyba, O. (2023). Tropical nights (1976–2019) as an indicator of climate change in Ukraine. *IOP Conf Series: Earth. Environ. Sci.* 1126:012023. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1126/1/012023>
11. Корнус, А.О. (2017) Гідротермічні особливості мезоклімату Північно-Східного регіону України за результатами спостережень 2005–2016 років / А. О. Корнус, Д. В. Ленок. *Наукові записки СумДПУ імені А. С. Макаренка. Географічні науки.* 8, С. 14–18. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6428530>
12. Корнус, А.О. (2018). Сучасні термічні показники мезоклімату Північно-східного регіону України // Рельєф і клімат : Матеріали II Міжнародної конференції (26-28 вересня, 2018 р.). Чернівці: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, С. 21–22.
13. Клок, С. В. (2021). Окремі кліматичні характеристики території Шацьких озер: сьогодення, тренди та перспективи / С. В. Клок, А. О. Корнус // Шацьке поозер'я в контексті змін клімату : збірник матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 70-річчю від дня народження професора Петліна В. М. (1–3 жовтня 2021 р.) / за заг. ред. В. О. Фесюка. Луцьк : ВНУ ім. Лесі Українки, С. 22–31.
14. Клок, С.В., Корнус, А.О., Бобир, О.О., Корнус, О.Г., Данильченко, О.С. (2024). Аналіз локальних кліматичних змін за результатами спостережень на метеорологічній станції Бориспіль. *Слобожанський науковий вісник. Серія Природничі науки.* 2. С. 98–106. doi: <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2024.2.13>
15. Тимофєєв В.Є. (2023). Оцінка сучасного стану регіональної кліматичної системи України та Східної Європи з можливостями сезонного прогнозування / В. Є. Тимофєєв, С. В. Клок, А. О. Корнус, О. Г. Корнус // Восьмі Сумські наукові географічні читання : збірник матеріалів Всеукраїнської наукової конференції, (Суми, 13–14 жовтня 2023 р.) / СумДПУ імені А. С. Макаренка ; Сумський відділ Українського географічного товариства ; [упорядник А. О. Корнус]. Елект. текст. дані. Суми, 163–176.

Summary

Khovansky V.Y., Kornus A.O. **Recurrence of Severe Frosty Nights in Kyiv.**

The study examines the frequency and dynamics of extremely cold nights ($T_{min} \leq -20^{\circ}\text{C}$) in Kyiv over the period 1950–2023. Kyiv's climate, characterized by moderate winters and warm summers, has undergone noticeable changes due to global warming. The research analyzes long-term meteorological data to identify trends in cold waves and their implications for urban infrastructure, energy consumption, and public health. The findings indicate that the number of extremely cold nights has significantly decreased since the late 1980s. While in the period 1950–1987, the average number of such nights was 17 per year, this figure dropped to 4.5 after 1987. The study identifies two distinct periods: 1950–1987, marked by frequent cold waves, and 1988–2023, characterized by a decline in their occurrence. The most severe winters, such as those of 1963, 1985, and 1987, saw over 20 nights with extreme frost, whereas in recent years, such occurrences have become increasingly rare. Statistical analysis, including linear regression, confirms the downward trend in extremely cold nights, which aligns with broader global climate trends and urban heat island effects. Despite the overall decline in extreme cold events, such nights still occur due to Arctic air masses, particularly in January and February. Their impacts on transportation, heating demand, and health risks for vulnerable populations remain significant. The research highlights the need for further monitoring and adaptation strategies to mitigate the adverse effects of extreme weather conditions in Kyiv. The findings contribute to a better understanding of regional climate variability and support climate adaptation policies.

Key words: extreme cold nights, cold waves, climate change, urban heat island, Kyiv, meteorological trends, temperature variability.

Клименко А.В.

УРБАНОФЛОРА ТРАВ'ЯНИСТИХ РОСЛИН В ЗОНІ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТУ В ЛІВОБЕРЕЖНИХ РАЙОНАХ КИЄВА

Проведено моніторинг стану та складу угруповань трав'янистої рослинності навколо транспортних систем на території лівобережних районів столиці. На основі моніторингу складено асортимент існуючих угруповань трав'янистих рослин, що ростуть біля транспортних систем (відкритої лінії метро, автозаправок, транспортних розв'язок, вулиць та магістралей). Було відмічено, що на обстежених територіях спостерігається деградація трав'яного покриву, зменшення автохтонної рослинності, збільшення адвентивних видів рослин, зменшення біорізноманіття трав'яного покриву. Стан і функціональність трав'яного покриву впливають на стійкість екосистеми міста та на комфортність міського середовища. Одним з перспективних шляхів підвищення стійкості міської екосистеми є збільшення біорізноманіття рослин, яке є критерієм та ознакою стійкої екосистеми.

Ключові слова: урболандшафт, трав'яний покрив, транспортні системи.

Постановка проблеми та аналіз попередніх досліджень і публікацій. В п'ятирічній темі відділу ландшафтного будівництва Національного ботанічного саду (НБС) імені М.М. Гришка НАН України за 2022-2026 рр. є розділ з моніторингових досліджень стану та складу рослинності біля транспортних систем великого міста, що пов'язано з сучасними кліматичними та екологічними змінами в урбосередовищі. Кліматичні зміни вплинули на збільшення річних температурних показників, тривалість посухи влітку та зменшення вологості ґрунту і повітря. Екологічні зміни пов'язані зі збільшенням загальної площі дорожнього полотна та кількості транспорту в місті, зі збільшенням кількості шкідливих викидів та погіршенням якості повітря. Всі ці екологічні зміни та збільшення антропогенного навантаження згубно впливають на зелені насадження в місті, особливо навколо транспортних систем. Тематика створення та догляду за міськими зеленими насадженнями широко висвітлюється в наукових та науково-практичних публікаціях з озеленення 50-90-их років 20-го століття, де важливе місце відводиться створенню газонів та догляду за ними на вулицях міста. [3] Результати досліджень стану та складу рослинності навколо транспортних систем великого міста останніх років знову викликають інтерес у зв'язку зі зміною температурних показників та погіршенням екології.

© Клименко А.В.¹ ✉, 2025.

¹ Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України, klimat13@gmail.com



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Article Info: Received: April 8, 2025;

Final revision: April 16, 2025; Accepted: April 29, 2025.

Метою статті є висвітлення нових фактів в дослідженні стану та складу трав'яного покриву навколо транспортних систем у великому місті на прикладі Києва. Завданням наших досліджень є підготовка відомостей про стан та склад рослинних угруповань на досліджених ділянках лівого берега Києва, складання списків та еколого-біологічних характеристик трав'янистих рослин, що ростуть вздовж транспортних систем. Проведення аналізу впливу різних факторів навколишнього середовища на стан та склад ґрунтового покриву територій навколо транспортних систем Києва.

Матеріали та методи. Об'єктами досліджень є угруповання трав'янистих рослин, що зростають навколо транспортних систем (відкритої лінії метро, автозаправок, транспортних розв'язок, вулиць та магістралей) лівого берега Києва. Моніторингові обстеження складу та стану трав'яного покриву навколо транспортних систем були проведені маршрутним методом на пробних площах з урахуванням зміни рослинних угруповань.

Викладання основного матеріалу. Моніторингові дослідження трав'янистих рослин, що ростуть вздовж транспортних систем, вказують на нестійкість рослинних угруповань в лівобережних районах міста, де переважають бідні на поживні речовини піщані та супіщані ґрунти, є мікрорайони на наливних пісках. Бідні ґрунти та відсутність достатньої кількості опадів та поливу влітку важко позначаються на розвитку та відновлюванні рослин, вони перестають бути системами, що саморегулюються. На обстежених територіях спостерігаються швидкі темпи деградації трав'яного покриву, що веде до зміни його видового складу, до збільшення кількості адвентивних видів, особливо інвазійної складової і, як наслідок, зниження декоративності та стійкості покриву. Серед адвентивної фракції в лівобережних районах Києва виявлено 12 трав'янистих видів з інвазійними властивостями, з них однорічники складають 9 видів, багаторічники – 3 види. Всі виявлені інвазійні види рослин широко поширені в місті на лівому його березі. З однорічників – це щириця загнута (*Amaranthus retroflexus* L.), амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), злинка однорічна (*Erigeron annuus* (L.) Desf.), галінсога дрібноквіткова (*Galinsoga parviflora* Cav.), вівсюг звичайний (*Avena fatua* L.), портулак дикий городній (*Portulaca oleracea* L.), ехіноцїстїс шипуватий (їжакоплідник виткий) (*Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray), злинка канадська (*Conyza canadensis* (L.) Cronquist), що іноді має іншу назву (*Erigeron canadensis* L.), цєнхрус довгоголовий (*Cenchrus longispinus* (Hack.) Fernald). Багаторічні інвазійні види – це пирій повзучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), березка польова (*Convolvulus arvensis* L.), чорнощир звичайний (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen.).

Декілька років тому вздовж транспортних розв'язок (біля метро «Чернігівська»), біля зупинок на проспекті Соборності, вздовж декількох вулиць

та магістралей (вул. Андрія Малишка, вул. Миропільська, вул. Анатолія Солов'яненка, Броварське шосе, вул. Микільсько-Слобідська) з'явилися нові для Києва низькорослі теплолюбні види рослин: свинорий пальчастий (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), рокет-салат городній (рукола) (*Eruca vesicaria* (L.) Cav.) та рослини з колючими плодами: якірці сланкі (колючі) (*Tribulus terrestris* L.), курай чіплянковий (солянка) (*Salsola tragus* L.). Але кількість їх поки ще мала.

З аборигенних бур'янів, які утворюють стійкі популяції вздовж транспортних шляхів, зустрічаються як однолітні, так і багаторічні трав'янисті рослини: грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medis.), лобода біла (*Chenopodium album* L.), полин звичайний (*Artemisia vulgaris* L.), рожевий осот польовий (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* F.H.Wigg.), щавель кінський (*Rumex confertus* Willd.), жовтий осот польовий (*Sonchus arvensis* L.), кропива дводомна (*Urtica dioica* L.), глуха кропива стеблообгортна (*Lamium amplexicaule* L.). Деякі з цих рослин є космополітами. Лобода біла, кульбаба лікарська та грицики звичайні дають кілька поколінь за вегетаційний період та займають значні площі в місті.

Останнім часом кількість аборигенних та адвентивних бур'янів зросла та витіснила злакові та декоративні трави. В фітоценозах закріплюються бур'яни, які не бояться спеки та посухи, спроможні виділяти в ґрунти навколо себе шкідливі речовини, які допомагають витіснити конкурентів. Швидкий розвиток бур'янів припадає на спекотні літні місяці, коли іншим травам не вистачає вологи. За короткий термін вони розвиваються і нарощують велику біомасу, дають багато насіння та розповсюджуються вітром, птахами, тваринами, транспортом на значні відстані, далеко від початкового місця їх знаходження. Великі бур'яни (полін звичайний, жовтий осот польовий, лобода біла, щавель кінський, щиряга загнута, злинка канадська) мають висоту 1,0-1,5 м, пригнічують ріст низьких рослин та перетворюють міські екосистеми в смітники. Їх треба вчасно скошувати та утилізувати до утворення насіння.

Широко розповсюдилися містом та на територіях впливу транспорту: тонконіг бульбистий та ячмінь мишачий. Останнім часом вони замінили дороги в ціні газонні суміші (з райграсів, тонконогів, мітлиць та костиць) – стали виконувати роль безплатних газонів, так як дають багато насіння та добре відновлюються без додаткових витрат навесні, коли в ґрунтах багато вологи. Ці рослини зупиняють розвиток бур'янів в першу половину літа. Але їх вегетаційний період короткий і закінчується з початком спеки, тому місця, які вони займали, треба закрити іншими травами раніше, ніж їх займуть посухостійкі бур'яни. Приклади застосування різних травосумішей можна побачити в багатьох виданнях 50-90-их років 20-го століття [3]. Зараз красиві та щільні газони потребують багато вологи та догляду, тому їх можна побачити рідко в

основному на приватних територіях та деінде в місті, де цим займаються професіонали. Але вздовж транспортних шляхів газони сіють дуже рідко. Тому в трав'яному покриві біля транспортних систем повинні переважати стійкі невисокі декоративні рослини, що добре поєднуються з дикими злаковими травами та разом можуть створити яскраві зелені смуги та галявини. Важливо правильно підібрати асортимент рослин, які можуть рости на таких територіях без поливу. Це можуть бути багаторічні посухостійкі злакові та бобові трави, сукуленти, квітучі рослини з родини айстрових: айстри, волошки, деревії, ромашки, роман римський, козелець, скереда, цмин, цикорій, полині (низькі види); з родини жимолостевих: коростяна (скабіоза), короставник (кнаутія); з родини подорожникових: вероніки, льонок, подорожники; з родини гвоздикових: роговик, гвоздика, лищиця (гіпсофіла), мінуарція та інші. Для більш вологих місць підходять мильнянка, зірочки, смілка (віскарія). Дані наших досліджень занесені до таблиці (див. табл. 1).

Таблиця 1

Еколого-біологічні характеристики трав'янистих рослин, що виявлені в травостой біля транспортних систем на лівому березі Києва (за винятком бур'янів)

НАЗВА ВИДУ РОСЛИНИ [1,4]	Висота, діаметр (см)	Відношення до екологічних факторів [2]								
		до світла			до вологи			до родючості ґрунту		
		світлолюбні	напівтіньовитривалі	тіньовитривалі	гігофіти	мезофіти	ксерофіти	кальцефіли	псаммофіти	мегафіти
Примітка: ☉ – однорічна рослина; ** – дворічна рослина; 24 – багаторічна рослина										
Анхуза (воловик) лікарська (<i>Anchusa officinalis</i> L.) **	45	+	+			+	+		+	+
Астрагал солодколистний (<i>Astragalus glycyphyllos</i> L.) 24	50	+				+				+
Вероніка дібровна (<i>Veronica chamaedrys</i> L.) 24	25		+			+		+		+
Вероніка колосиста (<i>Veronica spicata</i> L.) 24	40	+				+		+		+
Вероніка лікарська (<i>Veronica officinalis</i> L.) 24	25	+	+			+				+
Вика мишачий горішок (<i>Vicia cracca</i> L.) 24	50	+	+			+		+		+
Волошка лучна (<i>Centaurea jacea</i> L.) 24	35	+	+			+				+
В'язіль барвистий (<i>Coronilla varia</i> L.) 24	50	+	+			+				+
Гвоздики крапчасті (<i>Dianthus deltoids</i> L.) 24	40	+				+	+	+		+
Гикавка сіра (<i>Berteroa incana</i> (L.) DC) **	40	+				+	+	+		+
Горлянка женецьська (<i>Ajuga genevensis</i> L.) 24	30	+	+			+				+
Горлянка повзуча (<i>Ajuga reptans</i> L.) 24	25	+	+			+				+
Грабельки звичайні (<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér) ☉	20		+			+				+
Деревій звичайний (<i>Achillea millefolium</i> L.) 24	40	+	+			+	+			+
Енотера дворічна (<i>Onagra biennis</i> Scop.) **	60	+	+			+	+		+	+
Звіробій звичайний (<i>Hypericum perforatum</i> L.) 24	35	+				+		+		+
Квасениця пряма (<i>Oxalis stricta</i> L.) **	15	+	+			+		+		+

Келерія сиза (кипець) (<i>Koeleria glauca</i> (Spreng.) DC) 24	30	+	+			+			+		+	
Китник (лисохвіст лучний) (<i>Alopecurus pratensis</i> L.) 24	80	+				+			+		+	
Козельці лучні (<i>Tragopogon pratensis</i> L.) **	60	+					+				+	
Конюшина біла (повзуча) (<i>Trifolium repens</i> L.) 24	20	+	+			+					+	
Конюшина лугова (червона) (<i>Trifolium pratense</i> L.) 24	35	+	+			+	+				+	+
Конюшина польова (<i>Trifolium arvense</i> L.) 24	15	+					+		+			+
Королиця звичайна (<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.) 24	30	+				+					+	
Коростянка блискуча (<i>Scabiosa lucida</i> Vill.) 24	40	+				+	+				+	
Коростянка блідо-жовта (<i>Scabiosa ochroleuca</i> L.) 24	40	+				+	+				+	
Костриця валіська (<i>Festuca valesiaca</i> Schleich ex Gaudin) 24	40	+	+				+	+		+	+	+
Костриця овеча (<i>Festuca ovina</i> L.) 24	30	+					+		+		+	+
Костриця червона (<i>Festuca rubra</i> L.) 24	40	+	+			+					+	
Люцерна жовта (<i>Medicago falcata</i> L.) 24	30	+	+			+	+				+	
Люцерна посівна (синя) (<i>Medicago sativa</i> L.) 24	60	+	+			+					+	
Льонок звичайний (<i>Linaria vulgaris</i> Mill.) 24	30	+				+	+				+	
Люпин багатолістий (<i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl) 24	50	+				+					+	
Лядвенець рогатий (<i>Lotus corniculatus</i> L.) 24	25	+	+			+			+		+	+
Миколайчики плоскі (<i>Eryngium planum</i> L.) 24	50	+					+		+		+	
Мишенька лікарська (<i>Saponaria officinalis</i> L.) 24	60	+	+			+	+		+	+	+	
Молочай прутяний (<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. Et Kit.) 24	50	+	+			+	+		+		+	
Морква дика, звичайна (<i>Daucus carota</i> L.) **	40	+				+	+				+	
Пахуча трава звичайна (<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.) 24	50	+	+			+					+	
Перстач сріблястий (<i>Potentilla argentea</i> L.) 24	20	+	+			+	+		+		+	+
Пижмо звичайне (<i>Tanacetum vulgare</i> L.) 24	60	+	+	+		+	+				+	
Підмаренник білий (<i>Galium album</i> Mill.) 24	50	+	+			+	+				+	
Підмаренник справжній (жовтий) (<i>Galium verum</i> L.) 24	50	+	+			+			+		+	
Подорожник великий (<i>Plantago major</i> L.) 24	25	+	+	+		+					+	
Подорожник ланцетний (<i>Plantago lanceolata</i> L.) 24	35	+	+			+				+	+	
Полин австрійський (<i>Artemisia austriaca</i> Jacq.) 24	35	+					+				+	+
Приворотень звичайний (<i>Alchemilla vulgaris</i> L.) 24	20	+	+			+					+	
Розхідник звичайний (<i>Glechoma hederacea</i> L.) 24	15	+	+	+		+	+				+	
Роман фарбувальний (<i>Cota tinctoria</i> (L.) J.Gay.) 24	40	+				+			+		+	
Ромашка пахуча (<i>Matricaria discoidea</i> DC) ☉	15	+	+			+					+	
Свербіжниця польова (<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult.) 24	40	+				+					+	
Седум (очиток) їдкий (<i>Sedum acre</i> L.) 24	10	+					+		+	+		+
Синяк звичайний (<i>Echium vulgare</i> L.) **	40	+				+	+		+		+	
Скереда покривельна (<i>Crepis tectorum</i> L.) ☉	35	+				+	+		+		+	+
Смілка звичайна (<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke) 24	40	+	+			+	+				+	
Спориш звичайний (<i>Polygonum aviculare</i> L.) ☉	20	+	+				+		+		+	+
Стокротки багаторічні (<i>Bellis perennis</i> L.) **; 24	20	+				+					+	
Тонконіг бульбастий (<i>Poa bulbosa</i> L.) 24	30	+				+	+		+		+	+
Тонконіг лучний (<i>Poa pratensis</i> L.) 24	40	+	+			+				+	+	
Цикорій дикий (<i>Cichorium intybus</i> L.) 24	70	+	+			+			+		+	
Щавель пірамідальний (<i>Rumex thyrsiflorus</i> Fingerh.) 24	50	+				+					+	
Шавлія лучна (<i>Salvia pratensis</i> L.) 24	50	+				+			+		+	

Серед трав'янистого покриття в місті зустрічаються як шкідливі, небезпечні, так і корисні дикорослі рослини, які затримують пил та очищують повітря від шкідливих домішок, вбираючи в себе їх дрібні частинки, які містять велику

кількість шкідливих речовин. Очищаючи брудне повітря, рослини затримують потрапляння токсинів в організм людини: в легені та кровотік. Тому важлива щільність та різноманіття рослинного покриття.

Серед корисних рослин в таблиці присутні: медоносні, які складають 61%, лікарські – 12% та декоративні – 27 %. Однак більшість рослин виконують кілька задач водночас. Останнім часом зменшується кількість корисних комах-запилювачів, важливу роль для їх збереження виконує збільшення в місті кількості медоносних рослин. Деякі з рослин ліпше ростуть серед диких злаків та інших рослин в суміші: скереда покрівельна, козельці лучні, грабельки звичайні, щавель пірамідальний, свербіжниця (кнаутія) польова, коростянки блідо-жовта (скабіюза) та блискуча, конюшина польова, гвоздики крапчасті, вика мишачий горішок, морква звичайна, пижмо звичайне. Деякі з рослин створюють невеликі угруповання у вигляді кольорових плям – це синяк звичайний, смілка звичайна, різні види очитків, роман фарбувальний, перстач сріблястий, підмаренники білий та справжній (жовтий), волошка лучна, люпин багатolistий, льонок звичайний, анхуза лікарська, шавлія лучна, люцерни жовта та посівна (синя), молочаї прутяний, королиця звичайна, горлянки повзуча та женеvська, полин австрійський, деревій звичайний, миколайчики плоскі, цикорій дикий, спориш звичайний, гикавка сіра.

Біля автозаправок нами виявлено дикорослі декоративні трави, які ростуть без поливу, вони посухостійкі та зберігають зелену масу в час тривалої посухи. Вони мають довгі або широко розгалужені корені та кореневища, що характерно для люцерни синьої, люцерни жовтої, перстачу сріблястого, цикорію дикого, молочаю прутяного, в'язелю барвистого, очитків, синяку звичайного, анхузи лікарської, астрагалу солодколистого, гикавки сірої, деревію звичайного, споришу звичайного, моркви дикої, енотери дворічної, групи з яких виглядають на газонах не гірше рослин культивованої флори.

На територіях зелених смуг між Броварським шосе та відкритою лінією метро «Дарниця» – «Лісова» було виявлено популяції лучних рослин, деякі з яких тепер рідко зустрічаються на території Києва. В напівтіні дерев з ажурною кроною ростуть: вероніка дібровна, келерія сиза, китник (лисохвіст лучний), костриці червона, овеча та валіська (типчак), пахуча трава звичайна (запашний колосок), приворотень звичайний, вика мишачий горошок, гвоздика крапчаста, горлянки женеvська та повзуча, перстач сріблястий, королиця звичайна.

На галявинах і невеликих схилах між транспортними системами, що примикають до Броварського шосе та до лінії метро ближче до станції «Лісова» ростуть більш характерні для околиць міста трав'янисті рослини: астрагал солодколистий, жовтець багатоквітковий, конюшини біла та лугова, ромашка пахуча, седум (очиток) їдкий, просянка розлога, тонконіг лучний, щавель

кислий, анхуза (воловик) лікарська, грабельки звичайні, деревій звичайний, смілка звичайна (хлопавка), синяк звичайний, пижмо звичайне, підмаренники білий та справжній (жовтий), полин австрійський, конюшина польова (котячі лапки), люцерни жовта та посівна, льонок звичайний, щавель пірамідальний, козлобородник луговий (козельці лучні). На більш родючих та вологих ґрунтах ростуть більш вологолюбні: лядвенець рогатий, звіробій звичайний, мильнянка лікарська, подорожники великий та ланцетний, чина лучна, розхідник звичайний, смілка звичайна, келерія сиза, конюшини лугова та повзуча.

Асортимент рослин збільшується в місцях, де автошляхи проходять біля лісосмуг та лісопарків (вулиці в бік Троєщини), основою яких є сосна звичайна. Вздовж тротуару перед лісосмугою ростуть: енотера дворічна, волошка лучна, гвоздики крапчасті, костриця валіська, костриця овеча, конюшина лугова, молочаї прутяний, підмаренник справжній, щавель пірамідальний. На лінії трамваю, що прямує на Троєщину, між шпал на щебені квітують популяції очитку їдкою, перстачу сріблястого, портулаку дикого городнього.

За останні роки зі збільшенням температурних показників в Києві перестали підмерзати і поширюються очитки білі. Вони займають схили вздовж шосе та магістралей, що добре прогріваються сонцем, та місця біля нижніх частин опор дорожніх мостів, куди насіння рослин потрапляє з клумб, що квітують на територіях транспортних розв'язок між Броварським шосе та відкритою лінією метро (між станціями «Лісова» та «Дарниця»).

В широких зелених розділових смугах руху автотранспорту та в межах транспортних розв'язок доцільно частіше використовувати композиції з цікавих трав'янистих рослин в поєднанні з камінням, чагарниками, малими формами. Композиції ліпше розміщувати в місцях, що добре проглядаються з мостів та з вікон транспорту. Прикладом слугують композиції вздовж Броварського шосе.

Висновки: 1). Проведені моніторингові натурні обстеження ґрунтового покриву вздовж транспортних систем, складено список трав'янистих рослин, що утворюють популяції, з поділом їх на багаторічні, дворічні та однорічні. Більшість з них є багаторічниками (80%). 2). Дослідження показали, що на обстежених територіях зустрічаються як аборигенні, так і адвентивні популяції рослин, які з різною частотою зустрічаються біля транспортних систем, що напряду залежить від родючості та вологості ґрунту, інсоляції, антропогенного впливу, росту шкідливих викидів, професійного догляду за рослинами. 3). Виявлено, що рослини страждають більше від антропогенного впливу, ніж від посухи, коли ґрунти під рослинами витоптуються до стану асфальту і рослини навіть після тривалих дощів не можуть відновитися та гинуть. 4). Моніторинг складу та стану рослин вказав на швидке розповсюдження містом адвентивних

видів з інвазійними властивостями, які найбільш стійкі до посухи та антропогенного навантаження, що важливо для аналізу подальшого впливу цих видів рослин на існуючу місцеву флору. 5). Запропоновано збільшити створення композицій з трав'янистих рослин, кущів, каміння, малих архітектурних форм в розділових смугах руху автотранспорту та в межах транспортних розв'язок. 6). Території навколо транспортних систем слід очищати від заростей адвентивних видів з інвазійними властивостями та перетворювати ці території в стійкі рослинні угруповання з корисними властивостями, що сприяє збільшенню біорізноманіття місцевої флори та фауни (корисних комах-запилювачів) у великому місті.

Література

1. Определитель высших растений Украины. – К.: Наук. думка, 1987. – 548 с.
2. Радужка Д., Шомшак Л., Габерова И. Цветовой атлас растений. – Братислава: Обзор, 1990. – 416 с.
3. Рубцов Л.И., Лаптев А.А. Справочник по зеленому строительству. – Издание 2-е, переработанное и дополненное. – Киев: «Будівельник», 1971. – 310 с.
4. World Flora Online Plant List. – 2021. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://wfoplantlist.org>

Summary

Klimenko A.V. Urban flora of herbaceous plants in the area of transport impact in the left-bank districts of Kyiv.

The topic of creating urban green spaces and decorative expositions from them was widely covered in scientific and practical publications on landscaping and landscape architecture of the 50s-90s of the 20th century. In the 21st century, this issue has become relevant again due to climate change towards warming, decrease in precipitation and increase in droughts in summer, due to environmental changes associated with an increase in the number of vehicles, harmful emissions and deterioration of air quality. The Department of Landscape Construction at the M.M. Hryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine conducts monitoring studies of the condition and composition of vegetation growing along transportation systems. The results of recent studies are once again attracting interest in scientific publications and are discussed at conferences and seminars. The purpose of this article is to highlight new facts in the study of grass cover along transport routes in a large city, using Kyiv as an example, and to prepare general information on the condition and composition of plant communities in the studied areas of the left bank of Kyiv. We conducted field monitoring surveys of the grass cover around transportation systems (an open metro line, highways, gas stations, traffic intersections, streets) on the left bank of the capital. Studies indicate that plant communities are unstable in the left bank areas of the city, where nutrient-poor sandy and sandy-loam soils prevail and where there are neighborhoods built on alluvial sands. Poor soils and the lack of sufficient rainfall and irrigation in summer have a severe impact on plant development and regeneration as they cease to be self-regulating systems. In the surveyed areas we observe a rapid rate of degradation of the grass cover, which leads to a change in its species composition, an increase in the number of invasive species and, as a result, a decrease in the decorative effect and stability of the cover.

Key words: urban landscape, grass cover, transportation systems.

Данильченко О.С., Плужник О.М.

АНАЛІЗ ВОДНОСТІ РІЧКИ СЕЙМ У МЕЖАХ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Стаття присвячена аналізу водності річки Сейм у межах Сумської області. Досліджено динаміку витрат води річки Сейм (середньорічних, максимальних та мінімальних) за даними гідрологічного поста село Мутин за період з 1979 по 2019 роки. Встановлено, що для середньорічних витрат води річки Сейм характерна стійка тенденція до зниження, маловодні роки переважають над багатоводними; значення показника максимальних витрат води різко знижується, 60,9% даних вибірки мають значення менше 265,7 м³/с; динаміка мінімальних витрат води річки Сейм показує також тенденцію до зниження, а за останні 10 років показник мінімальних витрат води значно знизився і середнє його значення за період 2010-2019 рр. становить 22,9 м³/с; внутрішньорічний перерозподіл стоку для річки Сейм яскраво виражений, хоча із 2010 року значення мінімальних витрат води різко знижується. У висновку автори зазначають, що наявні всі ознаки маловоддя: зменшуються усі досліджувані кількісні показники стоку.

Ключові слова: річка Сейм, водність, середньорічна, максимальна, мінімальна витрата води.

Постановка проблеми. Водність річок відносна характеристика стоку, що порівнює даний стан його з середньою багаторічною величиною стоку і на сьогодні є гострою, важливою проблемою сьогодення, так як не тільки вчені відмічають зниження водності. Річка Сейм, за виключення річки Десни, що протікає по кордону з Чернігівською областю, найповноводніша річка Сумської області, ще у недалекому минулому вважалася судноплавною, з чистою водою, привабливою для туристів та рекреаційної діяльності, але статус транскордонної річки, особливо на фоні останніх воєнних подій країни-агресорки, створює складну та, часом, непередбачливу ситуацію, яку можна визначити як «екологічна катастрофа». Сучасний гідроекологічний стан річки викликає занепокоєння. Тому встановлення сучасного екологічного стану річки Сейм, виявлення та аналіз змін водності річки надзвичайно актуальне питання.

Формулювання мети дослідження. Мета роботи полягає в аналізі динаміки водності річки Сейм у межах Сумської області. Об'єкт дослідження – річка Сейм у межах Сумської області, предмет дослідження – водність річки Сейм та її динаміка за даними гідрологічного посту села Мутин.

© Данильченко О.С.¹ ✉, Плужник О.М.¹, 2025.

¹ Кафедра загальної та регіональної географії Сумського державного педагогічного університету імені А.С.Макаренка, olena.danylchenko@ukr.net



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
Article Info: Received: April 8, 2025;
Final revision: April 16, 2025; Accepted: April 29, 2025.

Виклад основного матеріалу. Річка Сейм – це одна із головних водних артерій Сумської області, найбільша притока Десни і транзитна річка регіону. Бере початок на схилах Середньоруської височини та впадає у Десну в Чернігівській області. Сейм – середня річка, площа басейну 27500 км², загальна довжина 748 км, у межах Сумської області площа басейну 6408 км², довжина 167 км (22,3% загально довжини) [1].

Динаміку водності річки Сейм можна прослідкувати використавши найвагомішу кількісну характеристику стоку річки і єдину, яку можна виміряти – витрати води. Аналіз динаміки витрат води річки Сейм по суббасейнах (7 фрагментів) у межах Сумської області за період 1980-2020 рр. за даними Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України [8] встановив, що спостерігається стрімке скорочення цього показника більше ніж у 5 разів. Більш детальний аналіз динаміки водності річки Сейм у межах Сумської області здійснено за даними гідрологічному посту с. Мутин за період 1979-2019 рр. за середньорічними, максимальними та мінімальними значеннями витрат води. Аналіз проводився за методикою викладеною у працях [4, 5, 6], де описані аналогічні дослідження річок регіону Сули, Ворскли та Псла.

Середньорічні витрати води річки Сейм по гідрологічному посту с. Мутин за період 1979-2019 рр. характеризується хвилюватою низхідною динамікою. Середнє значення середньорічних витрат води за період 1979-2019 рр. становить 86,6 м³/с. За даними довідника [7] у період 1926-1949 рр. середньорічні витрати зафіксовані 104 м³/с. До 1987 року переважали показники середньорічних витрат води вище 100 м³/с, з 1987 року і по нині – нижче 100 м³/с (всього 4 випадки на 30 років вище), а з 2010 року переважно фіксуються значення середньорічних витрат води з показником нижче 70 м³/с (рис. 1).

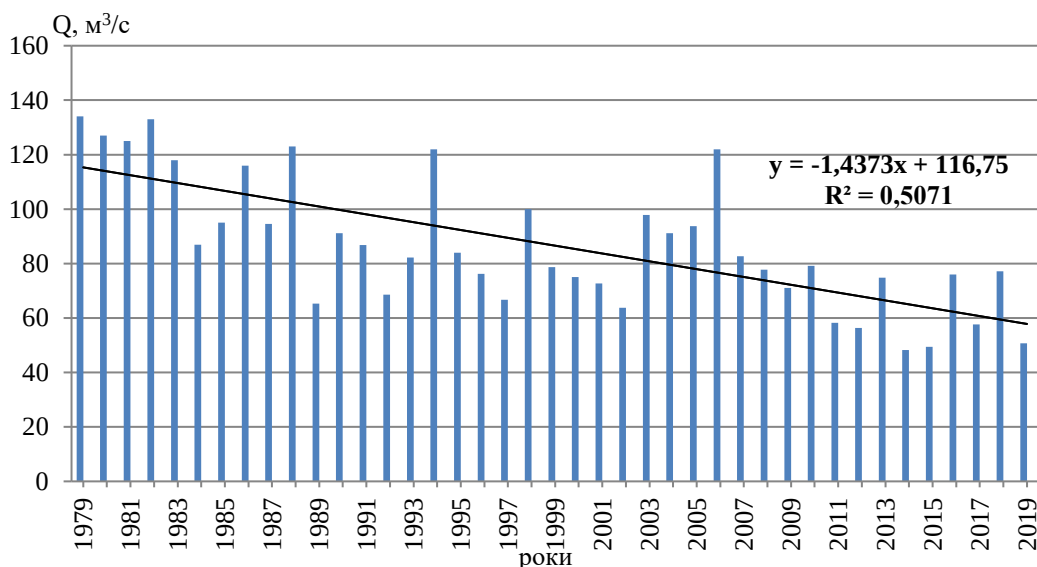


Рис. 1. Динаміка середньорічних витрат води річки Сейм по гідрологічному посту с. Мутин за період 1979-2019 рр.

Середнє значення середньорічних витрат води річки Сейм по гідрологічному посту с. Мутин за останні 10 років склало 62,8 м³/с, що у 1,4 рази нижче середнього значення за досліджуваний період. Максимальне значення середньорічних витрат води річки Сейм зафіксоване у 1979 році – 134 м³/с, а мінімальне – у 2014 році 48,2 м³/с.

Аналіз розподілу середньорічних витрат води річки Сейм по гідрологічному посту с. Мутин за період 1979-2019 роки засвідчує переважання показників в інтервалі 80,0-69,3 м³/с, що складає 10 випадків із 41 та становить 24,4% досліджуваних показників, а разом з інтервалом 101,6-90,9 м³/с – 17 випадків із 41 (41,4%) (табл. 1, рис. 2).

Таблиця 1

**Згруповані показники середньорічних витрат води річки Сейм
(за даними гідрологічного посту с. Мутин)**

Характеристика	Інтервали								Примітка
	134,0-123,3	123,2-112,5	112,4-101,7	101,6-90,9	90,8-80,1	80,0-69,3	69,2-58,5	58,4-47,7	
Абсолютна частота (в кількості випадків), n	4	5	0	7	5	10	4	6	Σn=N=41
Відносна частота, %	9,8	12,2	0	17,0	12,2	24,4	9,8	14,6	Σ%=100%

На значення середньорічних витрат води нижче 58,5 м³/с припадає 14,6% вибірки. Таким чином, аналіз середньорічних витрат води річки Сейм по гідрологічному посту с. Мутин вказує на переважання маловодних років над багатоводними.

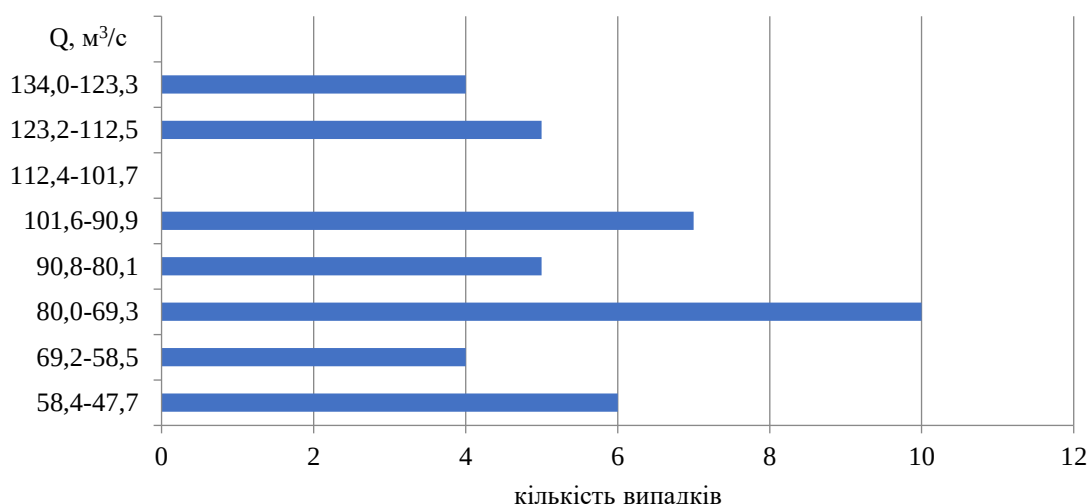


Рис. 2. Гістограма розподілу кількості випадків середньорічних витрат води річки Сейм по гідрологічному посту с. Мутин

Динаміка максимальних витрат води річки Сейм за період 1979-2019 роки показує стійку тенденцію до зниження цього показника. Найбільше значення максимальних витрат води річки Сейм по гідрологічному посту зафіксовано у 1979 році – 1350 м³/с, а найнижче – у 2014 році 112 м³/с (рис. 3).

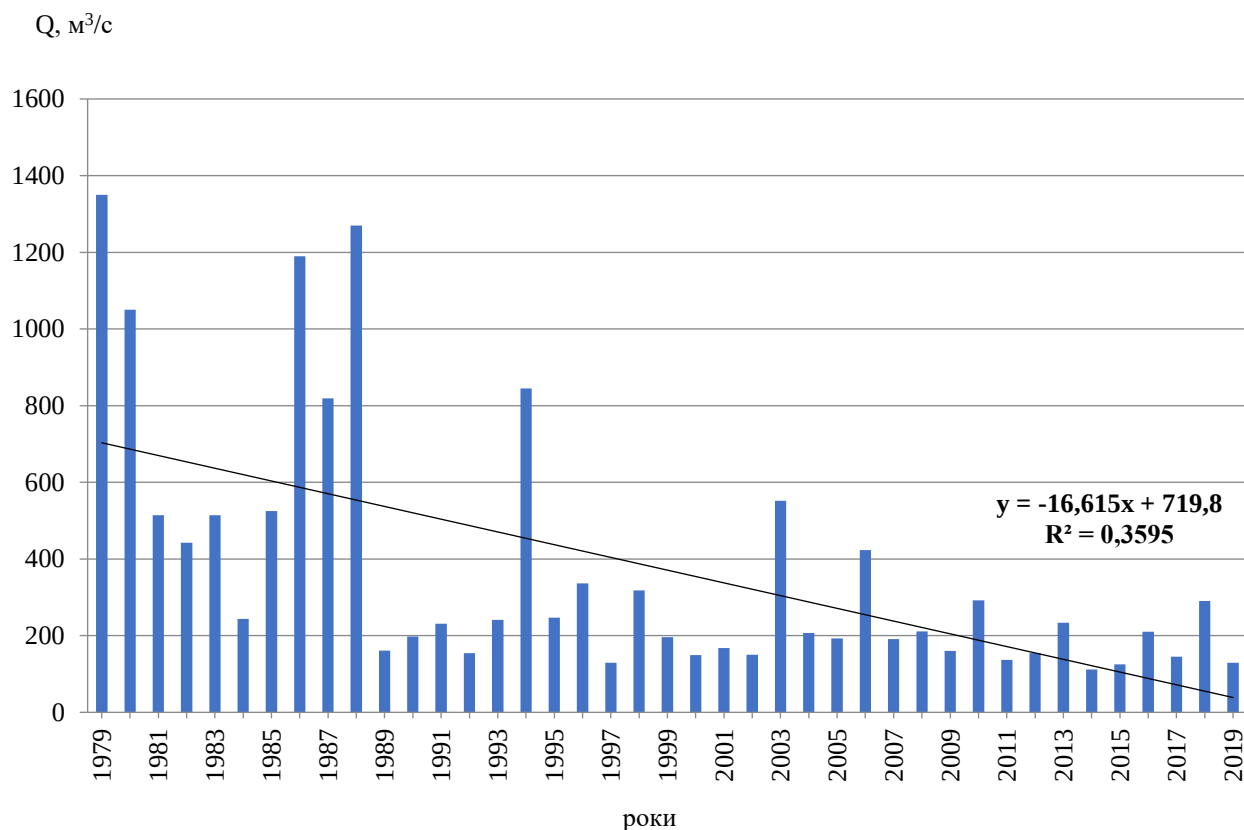


Рис. 3. Динаміка максимальних витрат води річки Сейм по гідрологічному посту с. Мутин за період 1979-2019 рр.

За даними довідника [7] у період 1926-1950 рр. максимальні витрати становили 3530 м³/с (1942 р.), а за досліджуваний період у 3 рази нижче. Середні максимальні витрати води у період 1970-1990 рр. становили 1090 м³/с [1] – зниження у більше ніж 3 рази. Так як і для середньорічних витрат води так і для максимальних прослідковується одна тенденція: до 1988 року переважають високі показники – вище 800 м³/с, а з 1988 року і по нині – нижче 800 м³/с (всього 1 випадок вище значення за останні 30 років). За останні 10 років показник максимальних витрат води значно знизився і середнє його значення за період 2010-2019 рр. становить 182,8 м³/с.

Амплітуда величини максимальних витрат води становить 1238 м³/с. Аналіз розподілу максимальних витрат води за період 1979-2019 рр. засвідчує значне переважання показників в інтервалі 265,7-110,9 м³/с, що складає 25 випадків 60,9% вибірки, а на максимальні витрати вище 265,8 м³/с приходить 39,1% вибірки даних (табл. 2, рис. 4).

Таблиця 2

**Згруповані показники максимальних витрат води річки Сейм
(за даними гідрологічного посту с. Мутин)**

Характеристика	Інтервали								Примітка
	1350,0-1195,2	1195,1-1040,3	1040,2-885,4	885,3-730,5	730,4-575,6	575,5-420,7	420,6-265,8	265,7-110,9	
Абсолютна частота (в кількості випадків), n	2	2	0	2	0	6	4	25	$\Sigma n = N = 41$
Відносна частота, %	4,9	4,9	0	4,9	0	14,6	9,8	60,9	$\Sigma \% = 100\%$

Найбільші максимальні витрати води річки Сейм характерні для 1979, 1988, 1980, 1986 років та змінюються в інтервалах від 1350,0 м³/с до 1040,3 м³/с.

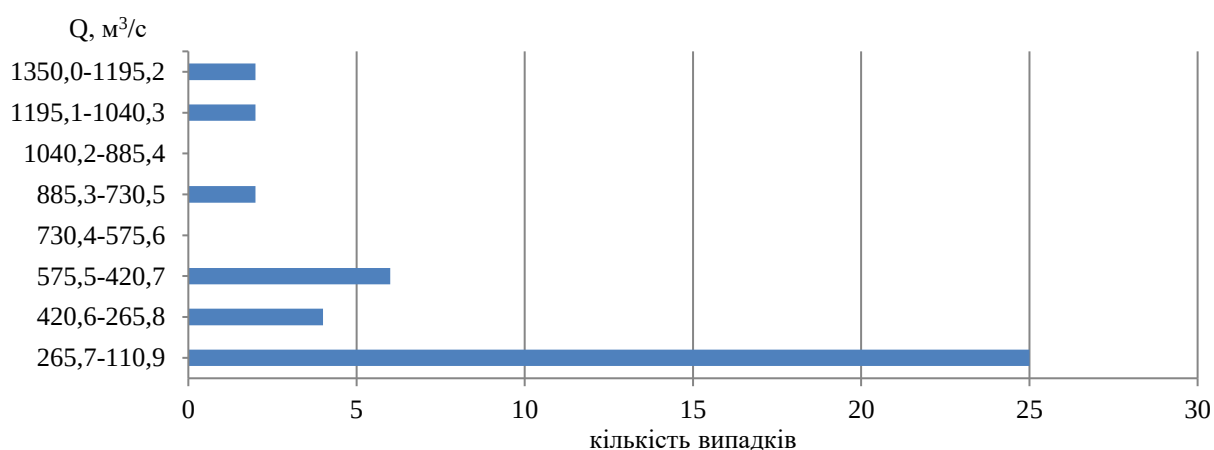


Рис. 4. Гістограма розподілу кількості випадків максимальних витрат води річки Сейм по гідрологічному посту с. Мутин

Динаміка мінімальних витрат води річки Сейм за період 1979-2019 роки показує також тенденцію до зниження цього показника. Максимальне значення мінімальних витрат води річки Сейм зафіксоване у 1982 році та становить 81,9 м³/с, а мінімальне – у 2010 та 2019 роках 16,5 м³/с (рис. 5).

Так як і для середньорічних витрат води і максимальних, так і для мінімальних, прослідковується одна тенденція – до зниження: до 1986 року переважають високі показники – вище 40,0 м³/с, а з 1986 року і по нині переважають значення мінімальних витрат води річки Сейм нижче 40,0 м³/с. За даними довідника [7] у період 1925-1950 рр. мінімальні витрати становили 8,0 м³/с (1939 р.), а за період 1970-1990 рр. відповідний показник складав 31,5 м³/с [1] – відбулося зростання.

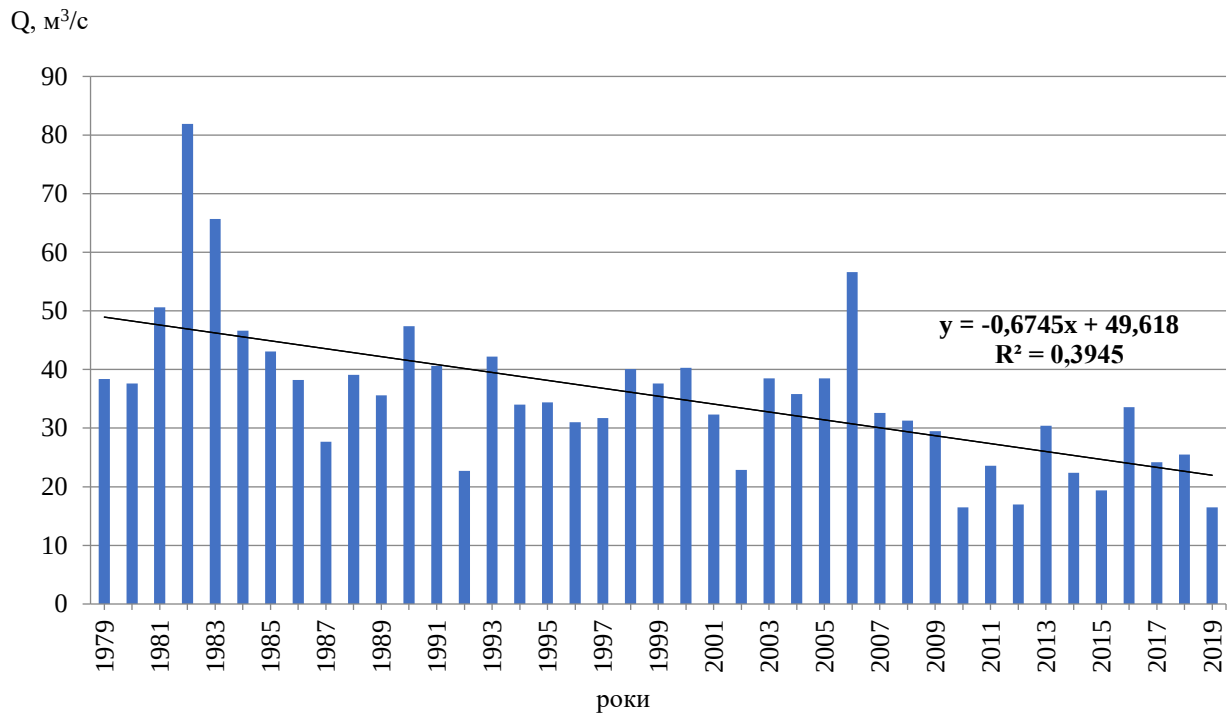


Рис. 5. Динаміка мінімальних витрат води річки Сейм по гідрологічному посту с. Мутин за період 1979-2019 рр.

Очевидно, що до 1986-1989 рр. під час тривання багатоводної фази, відбувалося зростання мінімальних значень витрат води на фоні зменшення максимальних, тобто відбувався перерозподіл внутрішньорічного стоку, про що свідчать дослідження різних вчених [2, 3]. Але за останні 10 років показник мінімальних витрат води значно знизився і середнє його значення за період 2010-2019 рр. становить $22,9 \text{ м}^3/\text{с}$ та наблизилося до середнього значення мінімальних витрат води за період 1925-1950 рр. $22,5 \text{ м}^3/\text{с}$, але не досягло абсолютного мінімуму 1939 р. [7].

Амплітуда величини мінімальних витрат води становить $65,8 \text{ м}^3/\text{с}$, кількість інтервалів – 8, задані межі становлять 8,2, (табл. 3).

Таблиця 3

**Згруповані показники мінімальних витрат води річки Сейм
(за даними гідрологічного посту с. Мутин)**

Характеристика	Інтервали								Примітка
	81,9-73,7	73,6-65,4	65,3-57,1	57,0-48,8	48,7-40,5	40,4-32,2	32,1-23,9	23,8-15,6	
Абсолютна частота (в кількості випадків), n	1	1	0	2	5	16	9	7	$\Sigma n = N = 41$
Відносна частота, %	2,4	2,4	0	4,9	12,2	39,1	21,9	17,1	$\Sigma \% = 100\%$

Аналіз розподілу мінімальних витрат води річки Сейм по гідрологічному посту с. Мутин за період 1979-2019 роки засвідчує значне переважання показників в інтервалі 40,4-32,2 м³/с, що складає 16 випадки із 41 та становить 39,1% досліджуваних показників, а разом з інтервалами 32,1-23,9 та 23,8-15,6 складає 32 випадки - 78,1% вибірки. Найвищі мінімальні витрати води вище 40,5 м³/с відповідають 9 випадкам – це 21,9% вибірки даних (рис. 6).

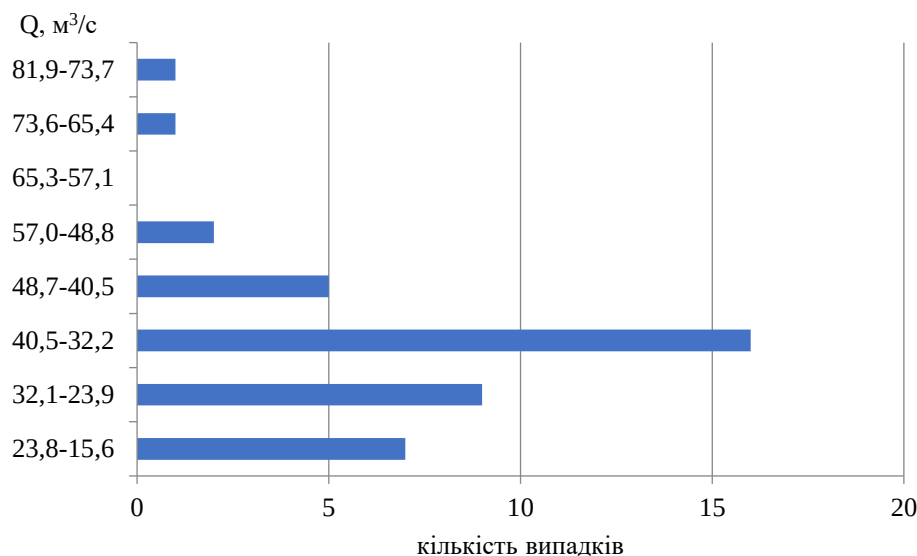


Рис. 6. Гістограма розподілу кількості випадків мінімальних витрат води річки Сейм по гідрологічному посту с. Мутин

Для 1982 року прослідковуються найвищі мінімальні витрати води річки Сейм, які змінюються від 81,9 м³/с до 73,7 м³/с, а для 1992, 2002, 2010, 2012, 2014, 2015, 2019 років – найнижчі показники від 23,8 м³/с до 15,6 м³/с.

Висновки. Аналіз водності річки Сейм за даними гідрологічного посту с. Мутин у період з 1979 по 2019 роки, здійснений на основі кількісної характеристики стоку витрати води, встановив: 1) для середньорічних витрат води річки Сейм характерна стійка тенденція до зниження, маловодні роки переважають над багатоводними, середнє значення середньорічних витрат води за останні 10 років становить 62,8 м³/с; 2) значення показника максимальних витрат води різко знижується, 60,9% даних вибірки мають значення менше 265,7 м³/с, лише у 1979 році зафіксовано аномально високий показник 1350 м³/с; 3) динаміка мінімальних витрат води річки Сейм показує також тенденцію до зниження, а за останні 10 років показник мінімальних витрат води значно знизився і середнє його значення за період 2010-2019 рр. становить 22,9 м³/с; 4) слід зазначити, що тенденція, яку констатують вчені про внутрішньорічний перерозподіл стоку (водопільні показники витрат води зменшуються, а меженні, навпаки, збільшуються) для річки Сейм яскраво виражена, хоча із 2010 року значення мінімальних витрат води різко знижується; 5) зменшуються

усі досліджувані кількісні показники стоку річки, отже, наявні всі ознаки маловоддя.

Література

1. Водний і меліоративний фонди Сумської області : довідник / за заг. ред. В. Федченка. Суми : Сумське обласне виробниче управління водного господарства, 2006. 128 с.
2. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України ландшафтногідрологічний аналіз): монографія. К. : Ніка-Центр, 2010. 316 с.
3. Данильченко О. С. Річкові басейни Сумської області : геоекологічний аналіз : монографія. Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2019. 270 с.
4. Данильченко О. С., Басов А. О. Зміна водності річки Ворскли за даними гідрологічного поста Чернеччина у період з 1979 по 2019 роки. *Слобожанський науковий вісник. Серія Природничі науки*. 2023. Вип. 1. С. 20-26.
5. Данильченко О. С., Клок С. В., Карнаушенко Д. П. Динаміка водності річки Сули за даними гідрологічного поста міста Ромни у період з 1979 по 2019 роки. *Наукові записки СумДПУ імені А.С. Макаренка. Географічні науки*. 2022. Т. 2. Вип. 3. С. 8-18.
6. Данильченко О. С., Лиштван В. Л. Аналіз водності річки Псел за даними гідрологічного поста міста Суми за період з 1979 по 2019 роки. *Наукові записки СумДПУ імені А.С. Макаренка. Географічні науки*. 2023. Т. 2. Вип. 4. С. 9-16.
7. Справочник по водным ресурсам СССР. Украинская ССР. Ч. I / под ред. М. С. Каганер. Киев : Укр. науч.-исслед. гидромет. ин-т., 1954. 620 с.
8. Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України. Агро-гідрологічна модель річкових басейнів України Land & Water. URL: <https://landwater.uhmi.org.ua/> (дата звернення: 02.01.2025)

Summary

Danylchenko O.S., Pluzhnyk O.M. Analysis of the water content of the Seim river within the borders of Sumy region.

The article is devoted to the current problem of the present day – the analysis of the water content of rivers using the example of the Seim River – a second-order left-bank tributary of the Dnieper, which originates outside the Sumy region and flows through the territory of the region for about 167 km (22.3% of the total length). The purpose of the study: to analyze the water content of the Seim River according to water discharge indicators according to the data of the hydrological station of the village of Mutyn for the period from 1979 to 2019. It was established that the average annual water discharge of the Seim River is characterized by a steady downward trend, low-water years prevail over high-water years, the average value of the average annual water discharge over the last 10 years is 62.8 m³/s. The value of the maximum water discharge indicator is sharply decreasing, 60.9% of the sample data have a value less than 265.7 m³/s. The dynamics of the minimum water discharge of the Seim River also shows a downward trend, and over the past 10 years the minimum water discharge indicator has significantly decreased and its average value for the period 2010-2019 is 22.9 m³/s. It should be noted that the trend noted by scientists about the intra-annual redistribution of runoff for the Seim River is clearly expressed, although since 2010 the value of the minimum water discharge has been sharply decreasing. In conclusion, the authors note that all signs of low water are present: all the studied quantitative indicators of runoff are decreasing.

Key words: Seim River, water content, the average annual, the maximum, the minimum water discharge.

II. ЕКОНОМІЧНА, СОЦІАЛЬНА, ПОЛІТИЧНА ТА РЕКРЕАЦІЙНА ГЕОГРАФІЯ

УДК 323.173 (913.4)

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15106039>

Ріпа В.М, Філоненко І.М.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРИЧИН І ФОРМ ПРОЯВУ СЕПАРАТИЗМУ В ЄВРОПІ ТА АЗІЇ

Стаття присвячена вивченню сепаратизму, його причин, різновидів, інтенсивності проявів у країнах Європи та Азії. Сепаратизм є проблемою багатьох країн обох регіонів, але з певними особливостями, відмінними рисами та кількістю осередків. На основі використанням літературного, порівняльно-географічного, картографічного методів, аналізу й синтезу, узагальнення проведена порівняльна характеристика та розглянуті наслідки європейського й азійського сепаратизму. В Азійському регіоні сформувалося близько 50 осередків сепаратизму. Домінуючими причинами, в більшості випадків, стали етнічні та релігійні відмінності населення окремих країн, що, зумовило прояви активного, часто, агресивного сепаратизму з терором та людськими жертвами. У країнах Європи нараховується більше 60 осередків сепаратизму, а поштовхом для його виникнення стали, переважно, причини економічні, етно-лінгвістичні, підсилені історичними та політичними чинниками. Європейський сепаратизм, попри більшу кількість осередків і більшу кількість країн, де вони сформувалися, є менш активним, ніж азійський і найчастіше проявляється, як поміркований або пасивний. Проблема сепаратизму зумовила пошук шляхів для її вирішення. Серед великої кількості методів протидії сепаратизму більш рекомендованими є методи політичні й економічні, такого підходу дотримуються європейські країни. У випадку з активним етнічним та релігійним сепаратизмом, який переважає в країнах Азії, частіше застосовують методи силові. Вирішення проблеми сепаратизму й попередження його наслідків є важливим для досягнення політичної, економічної та соціальної стабільності в регіонах..

Ключові слова: сепаратизм, сецесія, еноліз, іредентизм, автономія, федералізація, самовизначення, просторовий аналіз, геополітичні процеси, конфліктологія.

Постановка проблеми. Сепаратизм – складне й негативне за своїми наслідками явище, яке може зумовити цілу низку проблем – руйнування цілісності держав, здатність поширюватися на інші території, порушення політичної, економічної, соціальної стабільності, тероризм. Він став поширеним явищем у світі і Європейському та Азійському регіонах зокрема. Прояви

© Ріпа В.М.¹, Філоненко І.М.² ✉, 2025.

¹ Кафедра країнознавства і туризму Київського національного університету імені Тараса Шевченка

² Кафедра географії, туризму та спорту Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, irinafilonenko1971@gmail.com



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
Article Info: Received: February 28, 2025;
Final revision: March 16, 2025; Accepted: March 28, 2025.

сепаратизму в країнах Європи й Азії мають свою історію, свої особливості, домінуючі причини, які зумовили виникнення сепаратистських настроїв, що, в свою чергу, вплинуло на активність сепаратистських рухів у цих регіонах та їх наслідки.

Актуальність і новизна дослідження. На сучасному етапі розвитку суспільства практично в усіх регіонах і багатьох країнах світу існують осередки сепаратизму різної інтенсивності. Значні проблеми створюють сепаратистські рухи в Азії, де осередки активного сепаратизму сформувалися в Індії, Китаї, Таїланді, М'янмі, Індонезії, Філіппінах, Ємені, Туреччині, Ірані, Іраку, Сирії, країнах Південного Кавказу, Кіпрі та Ізраїлі. Далекими від територіальної єдності є й більшість європейських країн, а проблеми з сепаратистськими рухами різної інтенсивності мають Іспанія, Італія, Сербія, Чорногорія, Косово, Північна Македонія, Боснія і Герцоговина, Бельгія, Данія, Франція, Німеччина, Швейцарія, Нідерланди, Великобританія, країни Скандинавії, Балтії, Молдова, Румунія, Польща, Чехія, Україна. Прояви сепаратизму зумовлюють дестабілізацію в межах самих цих країн, можуть викликати посилення сепаратистських рухів і в інших країнах обох регіонів та, зрештою, зумовити зміни на політичній карті.

Сепаратизм сьогодні є серйозною і складною для вирішення проблемою в Україні. Анексію українського Криму, утворення так званих ЛНР та ДНР і визнання їх росією, військові дії на Донбасі та повномасштабне російське вторгнення в Україну з подальшою окупацією частини території нашої держави важко назвати сепаратизмом, але росія робить все можливе, щоб у світі ці події сприймалися саме як сепаратизм, а розв'язана нею війна – як громадянська.

Тому на рівні великої кількості напрацювань вітчизняних та зарубіжних дослідників з даної тематики, подальше вивчення проблеми сепаратизму в країнах Європейського та Азійського регіонів, з акцентом на проведення його порівняльної характеристики й досвіду протидії, залишається дуже важливим, а обрана для дослідження тема – цікавою й актуальною.

Мета й завдання. Основною метою даної статті є вивчення проблеми сепаратизму в Європі й Азії шляхом дослідження чинників, що його зумовлюють, відмінностей у його проявах, можливих наслідків і способів впливу на прояви цього явища.

Відповідно до зазначеної мети було вирішено низку **завдань**, які передбачали опрацювання та систематизацію матеріалів, що стосуються сепаратизму в країнах Азії та Європи, здійснення порівняльної характеристики

європейського та азійського сепаратизму, його наслідків та методів вирішення проблеми сепаратизму.

Матеріали і методи дослідження. Вивченню Азійського та Європейського сепаратизму передував огляд робіт з політичної географії вітчизняних та зарубіжних науковців Б. Яценка, В. Стафійчука, С. Сюткіна, С. Трохимчука, Дж. Агнєва, Н. Мідлтона, С. Сміт, П. Тейлора та ін., які створюють розуміння історичних особливостей формування політичної карти світу та динаміки її змін, державних кордонів, розвитку давніх та сучасних цивілізацій. Опрацьована низка науково-методологічних розробок, присвячених проблематиці сепаратизму загалом та його проявів в окремих країнах Азійського та Європейського регіонів, зокрема роботи Б. Джордана, Л. Бентона, В. Дівак, Д. Закіянова, Д. Казанського, Б. Кривня, О. Резнікова, Р. Панічева, О. Попова, І. Росомахи, Р. Федюка, Е.Салекс, Г. Тарасенка, Д. Гомона, П. Островського, О. Кудряченка, Я. Черногора, Р.Коса та ін.

Дослідження проводилося з використанням літературного, порівняльно-географічного методів, аналізу й синтезу, узагальнення.

Викладення основного матеріалу. У межах Азійського та Європейського регіонів існує багато країн, які зіштовхнулися з проблемою сепаратизму або можуть її мати, але кількість осередків сепаратизму, його причини, інтенсивність проявів, методи протидії цьому явищу в обох регіонах мають свої відмінності (табл. 1).

Найбільше осередків сепаратизму серед країн Азії сформувалося у М'янмі та Індії. У М'янмі, передусім, за рахунок прагнення титульних національних меншин, поєднаних в одній державі, до автономії або незалежності, що часто супроводжується військовими сутичками, людськими жертвами й ускладнює роботу окремих секторів економіки країни. В Індії прояви сепаратизму виникають, переважно, в прикордонні з Пакистаном та Китаєм, а основними їх рушіями є етно-релігійні та зовнішньо-політичні чинники.

У Європейському регіоні нараховується кількісно більше осередків сепаратизму і з цією проблемою, так чи інакше, зіштовхуються практично всі держави Європи. Серед лідерів - Великобританія та Іспанія. Великобританія, маючи проблему з Шотландією та Північною Ірландією, таке «лідерство» тримає, перш за все, за рахунок існування сепаратистських настроїв у етнічно різних і деяких територіально віддалених Заморських територіях та Коронних Землях, на які поширюється її суверенітет. У Іспанії, крім відомих осередків сепаратизму – Каталонії, Країни Басків та Галісії, загальну кількість примножують регіони, де є партії та рухи, які хоча й не мають представництва в

національних парламентах, але прагнення до автономії або незалежності підтримують, навіть якщо й декларативно.

Таблиця 1

Осередки сепаратизму по країнах Азії та Європи

	Країни Азії		Країни Європи	
	Країна	Кількість осередків: усього/ активного	Країна	Кількість осередків усього/ активного
1	2	3	4	5
1	Китай	5/2	Бельгія	1/1
2	Індія	7/5	Німеччина	5/-
3	Пакистан	2/2	Франція	6/3
4	Таїланд	2/1	Швейцарія	1/-
5	М'янма	9/5	Нідерланди	1/-
6	Філіппіни	1/1	Великобританія	13/3
7	Індонезія	4/4	Данія	2/1
8	Туреччина	2/1	Норвегія	1/-
9	Ємен	1/1	Швеція	1/-
10	Іран	1/1	Фінляндія	1/-
11	Ірак	1/1	Литва	1/-
12	Сирія	1/1	Латвія	1/-
13	Грузія	3/2	Естонія	1/-
14	Азербайджан	3/1	Іспанія	11/1
15	Казахстан	4/-	Італія	5/1
16	Таджикистан	1/1	Сербія	1/-
17	Киргизстан	1/1	Чорногорія	2/-
18	Кіпр	1/1	Косово	1/-
19	Ізраїль	1/1	Боснія і Герцоговина	1/-
20			Півн. Македонія	1/-
21			Молдова	2/1
22			Польща	1/-
23			Румунія	2/1
24			Чехія	1/-
25			Україна	4/2
Усього країн з осередками сепара- тизму	19 країн	50 осередків, в т.ч. 32 активного сепаратизму	25 країн	63 осередки, в т.ч. 14 активного сепаратизму

Але кількість осередків не свідчить автоматично про велику активність сепаратистських настроїв. Хоча в Європейському регіоні сепаратистських осередків більше, ніж в Азійському, активність проявів набагато нижча, способи дії м'якші, зазвичай, політичні, тоді як азійський сепаратизм, переважно агресивний, збройний з більшою кількістю прямих тяжких наслідків і людських втрат.

Якщо аналізувати причини сепаратизму, то в різних країнах обох регіонів простежуються різні види причин, що викликають сепаратистські настрої, але з переважанням однієї-двох головних. Причому, на загальному фоні причин на сучасному етапі у Європейському й Азійському регіонах одні й ті самі причини викликають абсолютно різну інтенсивність проявів сепаратизму.

Так, Європейський сепаратизм не має чітко домінуючої причини, яка б зумовлювала появу сепаратистських настроїв у більшості країн регіону. В окремих осередках переважають економічні, підсилені іншими, причини, в деяких простежується домінування етно-лінгвістичних, історичних, політичних причин та їх поєднання, в деяких – основною причиною посилення сепаратистських настроїв стало відверте зовнішнє втручання з боку російської федерації.

Загалом у країнах Європи переважає сепаратизм поміркований та прихований, причому, більш активними є прояви сепаратизму, зумовлені економічними чинниками. Яскравими прикладами того є Каталонія в Іспанії, Фландрія у Бельгії, Шотландія у Великобританії, Паданія в Італії, Гренландія в Данії та ін. За формами прояву такий сепаратизм є, як правило, сецесійним.

Активні сепаратистські настрої, які провокує росія (АР Крим та Донбас в Україні, Придністров'я в Молдові), вона використовує в якості платформи для виправдання своїх подальших загарбницьких агресивних дій. Так, культивування росією сепаратизму в Україні стало щаблем до її наступного повномасштабного вторгнення і розв'язання на теренах Європи найкровопролитнішої з часів Другої світової війни, яка спричинила тисячі жертв в Україні, потоки біженців до європейських країн, раптову зміну економічних умов, зростання цін та величезні економічні збитки.

Сепаратистські настрої, викликані іншими причинами, наприклад, етно-релігійними, хоча й завершилися в 1991-1992 рр розпадом Соціалістичної Федеративної Республіки Югославії, в 1993 році – Чехословаччини, на даний час в європейських країнах є, зазвичай, поміркованими або прихованими, проявляються найчастіше у формі автономії чи енолізу (наприклад, у деяких країнах, що утворились на теренах колишньої Югославії).

На відміну від країн і субрегіонів Європи, де приклади активного сепаратизму становлять лише четверту частину всіх проявів, практично в усіх країнах Центральної, Південно-Східної, Південної та Південно-Західної Азії переважна більшість осередків сепаратизму сформувалася на основі етнічних та релігійних чинників з активними його проявами, часто у вигляді збройних конфліктів та терористичних актів. В азійському регіоні можна виокремити лише декілька осередків помірного (Тибет, Тайвань у Китаї, Пенджаб та Ладакх в

Індії, Аджарія в Грузії, Лезгістан в Азербайджані) та прихованого (Талиш-Маганська АР в Азербайджані, Внутрішня Монголія в Китаї та всі осередки в Казахстані) сепаратизму. За формами проявів також у переважній більшості випадків азійський сепаратизм є сецесійним, рідко – у формі автономії, у Внутрішній Монголії та в індійському штаті Джамму і Кашмір сепаратистські ідеї передбачають еноліз.

Тобто, соціокультурні, зокрема етнічні та релігійні чинники у країнах Азії є головними, які зумовлюють виникнення активних і агресивних сепаратистських настроїв, тоді як у європейських країнах подібні причини на даний час такої активності проявів не викликають, що можна пояснити більшою толерантністю європейського суспільства щодо релігійних і етнічних відмінностей та уподобань, схильністю до дипломатії та домовленостей, зміщенням акцентів на якість життя й надання першочергової ролі економічним його складовим, що й виводить економічні чинники в лідери серед причин виникнення активного сепаратизму в країнах Європи.

Водночас, якщо в країнах Азії спостерігаємо більше проявів активного сепаратизму з довготривалими збройними протистояннями, то осередки сепаратизму в країнах Європи порівнюють зі сплячими вулканами, які проте будь-якої миті можуть активізуватися. Крім того, беручи до уваги досвід України, у випадку цілеспрямованого розкачування ситуації ззовні, це цілком може відбутися навіть там, де ніхто нічого подібного не очікує.

Виходячи з характеристик основних сепаратистських осередків у країнах Азії та Європи, можна зауважити, що азійський сепаратизм є більш агресивним і його прямі наслідки більш трагічні, порівняно з європейським, особливо стосовно людських жертв.

Так уйгурський сепаратизм у Китаї, з точки зору права корінних народів на самовизначення, є явищем цілком природним і виправданим. Це, по суті, боротьба тюркомовного народу уйгурів за існування й супротив офіційній владі, яка чинить геноцид і намагається знищити уйгурську ідентичність – забороняє мову, культуру, віру, майже мільйон уйгурів утримує у так званих таборах «ідеологічного перевиховання» [9]. З точки зору державницьких інтересів Китаю опір уйгурів - це дестабілізація в країні, численні терористичні акти з сотнями постраждалих, недовіра й напружене ставлення до уйгурів з боку ханьців. Крім того, є свідчення, що уйгури беруть участь у формуваннях сирійських загонів «елітних смертників» інгімасі, забезпечуючи таким чином експорт внутрішньокитайського тероризму до інших країн.

У Таїланді сепаратизм, посилений терористичними атаками, вважають серйозною загрозою туристичній сфері цієї країни, адже озброєні сепаратисти

почали влаштовувати підриви та терор на курортах півдня країни, зокрема в туристичному районі Хуахіна. На півдні Таїланду також останнім часом загострилась конфронтація між мусульманами та радикально налаштованими буддистами.

Також тероризм може нанести великої шкоди економіці Сінгапуру, Гонконгу, Тайваню, тощо. Побоюється відродження ісламських радикалів і Малайзія, сили безпеки якої час від часу знешкоджують ісламістів, що заявляються на її територію з Таїланду. Тобто напруження, породжене сепаратизмом, весь час набуває нових обертів.

Дослідники сепаратизму в Азії наголошують на можливих негативних наслідках конфлікту в М'янмі й висловлюють побоювання, що він «може спровокувати регіональну кризу» [4], адже в країні більше десятка сепаратистських осередків різної інтенсивності, а конфлікт рохінджа став міжконфесійним, зросло невдоволення місцевого населення не лише по відношенню до рохінджа, а й усіх мусульман [8]. До того ж рохінджа знають, що їм «ніде не зрадіють», тому й надалі залишатимуться в штаті Ракхайн, не випускаючи можливості помсти буддистам, провокуючи нові конфлікти [4].

Дзеркальним відображенням десятків гарячих точок назвав викликану сепаратизмом війну, що тривала в Шрі-Ланці К. Данильченко. За подібними стандартами та типовими параметрами конфліктів, на його думку, російська пропаганда готувала сценарій для України й наголошує, «щоб повторити перемогу Шрі-Ланки, потрібно розвивати армію, відмовляти собі в усьому...» [1].

Громадянська війна та сутички між шиїтами та сунітами на півночі й сепаратизмом у південному регіоні Ємену, посилила проблеми внутрішньої безпеки й переросла у «проксі-війну між Саудівською Аравією та Іраном» [11], набула затяжного характеру, перетворившись у регіональний конфлікт.

Намагання сформувати незалежний Курдистан «загрожує Близькому Сходу парадом нових суверенітетів» [12], а за умови радикалізації курдських угруповань в небезпеці може опинитися вся Європа, у якої доволі своїх осередків сепаратизму. На наш погляд, сьогодні найбільш доцільно вести мову про відокремлення курдів лише в межах Іраку, адже інші країни мають доволі сильні центральні уряди, які цього не допустять.

Після Іракського Курдистану, відділитися від Іраку можуть і суніти, що проживають в сучасних межах його території і мають у планах формування власної автономної області, з «дуже, дуже широкою автономією» [1], а В. Дівак вважає, що іракські суніти можуть об'єднатися із сирійськими сунітами в єдину

державу Суністан [2]. І. Росомаха прогнозує розпад Іраку на «курдську, шіїтську та сунітську частини» в силу його нездатності «жити як єдина держава» [10].

У Ірані можуть активізуватися белуджі, які час від часу влаштовують бойові вилазки й виношують ідею створення власної держави Белуджистан, до якої мають увійти частини територій Ірану, Пакистану й Афганістану. Хоча, з точки зору міжнародної безпеки, враховуючи політику Ірану, фінансування та озброєння ним терористичних організацій, підтримку диктаторських режимів, сепаратизм у цій країні можна розглядати під призвою позитивного явища, яке запускає внутрішні дестабілізаційні процеси й таким чином послаблює Іран.

Тривалий конфлікт Ізраїлю з Палестиною, яка прагне повної незалежності й терористичними угрупованнями Сектора Гази – ХАМАС та Рухом за національне визволення Палестини (ФАТХ), які вважають Палестину країною, окупованою Ізраїлем і мають на меті руйнування Ізраїлю, супроводжувався постійним терором з боку Палестини та 7 жовтня 2023 року переріс у найбільший сплеск терору з боку Гази й зумовив початок активних воєнних дій, а спонсорство ХАМАС з боку Ірану, підтримка єменськими хуситами та ліванською ХЕЗБОЛЛОЮ призвели до розширення зони конфлікту й посилення дестабілізації в регіоні.

На Європейських просторах, як уже зазначалось, сепаратизм став у свій час однією з причин розпаду Югославії та Чехословаччини й появи на карті Європи нових суверенних країн. Також одним з прямих наслідків європейського сепаратизму є створення невизнаних або визнаних лише окремими державами так званих «самопроголошених квазідержав», зокрема: Придністровської Молдавської Республіки, Донецької Народної Республіки (ДНР) та Луганської Народної Республіки (ЛНР), Косова. До того ж перші три мають постійну військову, політичну й економічну підтримку з боку росії [13].

Євросоюз не підтримує сплески прагнення до відокремлення іспанської Каталонії та бельгійської Фландрії. Хоча подібні сепаратистські рухи й не спрямовані безпосередньо проти ЄС і навіть пропагують гасла єдиної Європи, однак їх протистояння з центральними урядами вносять додаткові елементи нестабільності всередині ЄС, а подібний економічний сепаратизм похитує принципи європейської солідарності, тому ЄС більше влаштовує посилення, а не розпад держав, що входять до його складу.

Суперечливим, як для острова, так і для країн, з якими він має зв'язки вбачається одержання незалежності Гренландією, зокрема: в разі незалежності Гренландії у Данії не буде важливого форпосту біля своїх арктичних воріт; порушиться економічне партнерство, оскільки без фінансових впливів з Данії до державного бюджету Гренландії і без гарантій збереження цих субсидій,

майбутній незалежній країні потрібно буде шукати нових партнерів по бізнесу та працювати над встановленням нових міжнародних контактів. Проблематичним існування країни в незалежному статусі може бути й через невелику кількість населення, труднощі в самостійному забезпеченні безпеки й оборони, відсутності можливості швидко й ефективно розробляти корисні копалини (поклади урану, рідкоземельних металів, графіту та літію), завдяки багатим запасам яких вона, крім усього, перебуває в колі стратегічних інтересів великих світових гравців, котрі хочуть тримати контроль над цим регіоном, особливо США, які мають там свої військові бази й час від часу висувують пропозиції стосовно купівлі острова та Китаю, гірничо-добувні компанії якого мають там контракти.

В. Дівак вважає, що посилення міжконфесійного сепаратизму та перекроювання кордонів триватиме, бо це вигідно великим світовим державам, які вичерпали багато своїх ресурсів і тепер їм треба забрати необхідну сировину й запаси у слабших держав, «страх втратити світове панування штовхає їх на відверті політичні й військові авантюри» [2]. Адже роздроблення великих незалежних країн на багато дрібніших державних утворень значно полегшить світовим лідерам експлуатацію ресурсів, що є в цих країнах.

Кожна з країн Європи й Азії, яка зіштовхнулася з проблемою сепаратизму, намагається зберегти цілісність своєї території з огляду на власні політичні та соціокультурні традиції, використовуючи при цьому різні методи протидії поширенню даного явища, виходячи з активності та особливостей прояву сепаратизму.

Світовий досвід боротьби з сепаратизмом має у своєму арсеналі чимало заходів та рекомендацій, однак єдиного підходу до врегулювання чи подолання цієї проблеми нема, та й навряд чи можливо його виробити, адже і причини зазначеного явища, і форми його прояву, й інтенсивність у тих чи інших регіонах різні.

Прослідковуються відмінності у використанні різних методів у країнах Європи й Азії, зокрема, в європейських країнах на сучасному етапі перевагу надають ненасильницьким, зазвичай, політичним, методам протидії, тоді як у більшості азійських країн переважають силові методи боротьби з сепаратизмом, з додаванням економічних та політичних.

Так, офіційна внутрішня й зовнішня політика Китаю є антисепаратистською. У переліку провин, за які карають у Китаї, сепаратизм поставлений на 2-му місці після державної зради.

У боротьбі за цілісність своєї території Китай використовує, переважно, силові методи, особливо стосовно уйгурів, проводить політику китаїзації задля зменшення частки бунтівного корінного населення у проблемних районах,

робить все, щоб уйгури не почувалися господарями на своїй землі. Водночас, центральна влада Китаю займається й економічним відродженням уйгурських територій та запровадженням комплексу додаткових посиленних заходів щодо прикордонного контролю й покращення технологічного оснащення кордонів з метою попередження потрапляння на територію держави терористів.

У боротьбі з тибетським сепаратизмом комбінуються заходи політичні й економічні, а найкращим варіантом для уряду Китаю вважають компроміс з Далай-Ламою й надання Тибету розширеної автономії. Однак, експерти прогнозують, що проблеми сепаратизму в Сіньцзян-Уйгурському та Тибетському автономних районах швидко й мирно Китаю вирішити не вдасться.

Силові, політичні й економічні методи боротьби з сепаратизмом застосовує Таїланд. Перемогти сепаратизм у цій країні можна або шляхом придушення місцевого населення, яке підтримує сепаратистів, або ж шляхом тривалих зусиль і великих грошових вкладень [6]. Водночас в уряді країни зазначають, що необхідно створити атмосферу довіри серед місцевих мусульман до державних інститутів шляхом забезпечення чітких гарантій їх політичних прав [4].

Колишній демократичний уряд М'янми, використавши потужний арсенал силових методів, намагався розробити положення щодо врегулювання ситуації в сепаратистських регіонах країни, особливо стосовно мусульманської нацменшини рохінджа, але йому вплинути на ситуацію не вдалося через «соціальний песимізм, зневіру в яке-небудь рішення проблем» [7]. Сучасна ж хунта, яка прийшла до влади внаслідок військового перевороту в лютому 2021 р веде жорстоку політику стосовно нацменшин, створюючи табори для інтернованих, блокади поставки продовольства та ліків, влаштовуючи атаки на цивільне населення з численними руйнуваннями та жертвами.

Після безрезультатного застосування силових методів на нові політичні й економічні кроки задля вирішення проблеми сепаратизму моро пішло керівництво Філіппін, дозволивши з січня-лютого 2019 р. проведення кількох етапів референдуму щодо створення автономії. Також було виділено фінансову допомогу регіону, розроблені інвестиційні проєкти та створена Рада стосовно економічного розвитку Бангсаморо, що в сукупності призвело до роззброєння сепаратистських угруповань і врегулювання ситуації в проблемному регіоні.

Однак, на думку деяких дослідників, референдум, проведений у Мінданао, може викликати вимоги провести подібні референдуми й серед інших народностей багатонаціональних Філіппін, що додасть проблем правлячим елітам, а надання широкої автономії філіппінським мусульманам моро може вплинути на активізацію діяльності мусульманських угруповань, які борються за

розширення своїх прав у сусідніх Таїланді, Малайзії, Індонезії, чиї уряди не готові до поступок такого рівня.

З метою припинення активності сепаратистів та стабілізації ситуації цілу низку політичних, законодавчих та військових заходів застосовує індійський уряд. На законодавчому рівні діє «Закон про протидію тероризму» та інші антитерористичні закони. Особливо жорсткою є позиція щодо кашмірських сепаратистів, яка передбачає застосування силових методів, ув'язнення, інформаційної блокади та контролю у сфері інтернету. Політичні методи боротьби, переважно, полягають у посиленні заходів стосовно терористичних організацій та угруповань, пов'язаних з Пакистаном.

Сучасний уряд Шрі-Ланки, після силового знищення останніх прибічників сепаратизму у травні 2009 року, зараз докладає великих зусиль для розвитку економіки і врегулювання відносин між двома народами, щоб «почути Джафну» і щоб таміли почувалися комфортно в єдиній державі й не мали бажання братися за зброю [1].

Шляхи вирішення курдської проблеми й питання щодо створення держави Курдистан рекомендують розглянути в ООН, адже курди мають право на самовизначення й важливо вибирати можливі варіанти, які приведуть до найменших втрат. Повномасштабна війна може зруйнувати кілька держав, тоді як пожертвувавши невеликими частинами, можна зберегти все інше [8].

Враховуючи сумний досвід України та Грузії, влада Казахстану навіть найменші спроби порушення територіальної цілісності намагається відстежувати й знищувати на стадії їх зародження, але застосовує, переважно, правові важелі. Проводиться казахізація органів влади, коли на більшість державних постів призначають казахів.

У європейських країнах прояви сепаратизму є менш радикальними, часто прихованими, методи боротьби також застосовуються, переважно, політичні, дипломатичні, з акцентом на врегулюванні проблеми в правовому полі.

Наприклад, уряд Швейцарії для вирішення проблеми ще в 1996 році прийняв нову редакцію мовної статті, яка гарантувала рівноправне існування чотирьох мов. У країні діє Федеральна Рада, яка займається розробкою механізмів досягнення взаєморозуміння між культурно-мовними регіонами, є ціла низка політичних, культурних, ментальних домовленостей між суперечливими частинами.

Франція підживлює сепаратистські настрої на Коморах, чим унеможлиблює об'єднання окремих островів і ускладнює вихід з-під сфери її впливу острова Майотта, хоча генеральною Асамблеєю ООН права на острів визнані за державою Коморські острови.

Румунія, Словаччина, Сербія виробили чітку й аргументовану позицію щодо вирішення угорського питання, яка дозволяє враховувати амбіції країн-сусідів і вигоди для кожної з них.

Вирішенню етнічних питань та конфліктних ситуацій у країнах Європи також сприяють високі стандарти в етнічній політиці держав-членів ЄС, а концепція «Європи регіонів», на думку М. Мосори, поступово зумовила перехід європейського сепаратизму від активної фази у пасивну [9].

Головним важелем боротьби з сепаратизмом у нашій державі на даний час є прийнятий Верховною Радою України Закон України «Про внесення змін до Кримінального кодексу України», який передбачає посилення відповідальності за сепаратистські дії шляхом позбавлення волі на різні терміни. У сучасних умовах протистояння російській агресії й подальшого збереження української державності також заборонена діяльність проросійських партій, у серпні 2024 року підписаний законопроект про заборону діяльності пов'язаних з росією релігійних організацій, зокрема, УПЦ МП. Важливим є постійне пропагування національної ідентичності й формування в державі стійкого україномовного середовища.

Висновки. Азійський та Європейський сепаратизм мають суттєві відмінності за причинами, формами прояву, наслідками й заходами протидії. Особливо небезпечним є міжконфесійний сепаратизм, який переважає в Азії і практично завжди проявляється в активній формі, супроводжується радикальними діями та численними людськими жертвами. У Європейському регіоні сепаратизм базується, переважно, на економічних чинниках, зумовлює нестабільність всередині ЄС, порушення принципів європейської солідарності, створення невизнаних самопроголошених формувань.

Серед великої кількості методів вирішення проблеми сепаратизму більш рекомендованими є методи політичні й економічні, яких намагаються дотримуватися уряди європейських країн. Уряди азійських країн ведуть активну боротьбу з сепаратизмом, використовуючи, силові, політичні, економічні заходи, однак прояви сепаратизму, особливо зумовлені етнічними та релігійними чинниками, врегулювати дуже складно, дієві методи боротьби з ними знайти важко, конфлікти тривають десятиліттями й досі більшість з них залишаються невирішеними.

Література

1. Данильченко К. Як придушити сепаратизм: уроки війни у Шрі-Ланці для України URL: <http://hvylya.net/analytics/history/kak-podavit-separatizm-uroki-voynyi-v-shri-lanke-dlya-ukrainyi.html>

2. Дівак В. Сепаратизм як геополітична зброя: виникнення нових квазідержав на карті світу. Пошук критеріїв міжнародного визнання невизнаних державних утворень // Віче. - 2016. - № 3-4. - С. 43-47.
3. Дівак В. Сепаратизм як феномен сучасної політики: політологічні та правові аспекти / дис. ... доктора філософії за спец. 23.00.02 – Політичні інститути та процеси. URL: <https://uacademic.info/ua/document/0410U004124>
4. Закіянов Д. АТО по-буддистськи: армія М'янми виганяє мусульман. URL: <https://mind.ua/publications/20176330-ato-po-buddistski-armiya-myanmi-viganya-e-musulman>
5. Казанський Д. Україні варто повчитися у Казахстану боротьби з "руським миром" і сепаратизмом URL: https://censor.net.ua/ua/news/441188/ukrayini_varto_povchytysya_u_kazahstanu_borotby_z_russkym_mynom_i_separatyzmom_jurnalist_kazanskyi
6. Кантасса Т. Політичний сепаратизм у сучасному Таїланді. URL: <http://www.dissercat.com/content/politicheskii-separatizm-v-sovremennom-taillande>
7. Кривень Б. Страх і ненависть М'янми. Хто за маскою режисера? URL: <http://hvylya.net/analytics/geopolitics/strah-i-nenavist-m-yanmi-hto-za-maskoyu-rezhisera.html>
8. Міжнародний досвід боротьби із сепаратизмом: висновки для України : аналіт. доп. / О. О. Резнікова, А. О. Місюра, С. В. Дрьомов, К. Є. Войтовський. К.: НІСД, 2016. 52 с. (Сер. «Національна безпека», вип. 12). URL: http://www.niss.gov.ua/content/articles/files/Separatism_druk-8a53a.pdf
9. Мосора М.А. Особливості сепаратизму в європейському союзі у контексті концепції "Європи регіонів" / М. А. Мосора // Прикарпатський вісник НТШ. Думка. - 2017. - № 5-6. - С. 148-158. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pvntsh_2017_5-6_17
10. Росомаха І. Іраку загрожує розпад. URL: <https://www.ar25.org/article/iraku-zagrozhuye-rozpad.html>
11. Салекс Е. Єменський конфлікт у рамках «холодної війни» на Близькому Сході: геополітичний аспект URL: https://www.researchgate.net/publication/333705464_EMENSKIJ_KONFLIKT_V_RAMKAH_HOLODNOI_VIJNI_NA_BLIZKOMU_SHODI_GEOPOLITICNIJ_ASPEKT
12. Федюк Р. Чому розпад Іраку – це катастрофа, що може обернутись на краще. URL: <https://www.depo.ua/ukr/svit/chomu-rozpad-iraku-ce-katastrofa-scho-mozhe-obernutis-na-krasche-20171006653238>
13. Шаран О. Міжнародно-політичні механізми протидії сепаратизму у державах Європи / дисертація здобувачки доктора філософії URL: https://lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/03/novelty_sharan.pdf

Summary

Ripa V.M., Filonenko I.M. **Comparative Analysis of the Causes and Forms of Manifestation of Separatism in Europe and Asia.**

The article is devoted to the study of the problem of separatism, its causes, varieties, intensity of manifestations in the countries of Europe and Asia. The causes and intensity of manifestations of this phenomenon in them are identified. Approaches to solving this problem are discussed. Separatism is a theory, policy and practice aimed at weakening the influence and control of central government in a particular territory. The main groups of causes of separatism include the mutual territorial claims of ethnic groups, economic, socio-cultural, political, historical, ideological, demographic. In Asian countries, ethnic and religious differences in the populations of individual countries have become the dominant causes in most cases.

In East Asia, China is the main country with separatism issues, with five major centers currently identified, including Xinjiang Uyghur, Tibet Autonomous Areas, Taiwan, Hong Kong, and Inner Mongolia. In Southeast Asia, the problems of separatism are Thailand, Myanmar, Indonesia and the Philippines. In South Asia, significant branches of separatism were formed in India, in particular in the states of Punjab, Assam, Nagaland, West Bengal, Jammu and Kashmir; The separatism of

Pashtuns and Baluchis in Pakistan is dangerous. In the countries of Southwest Asia, the manifestations of separatism can be traced in Yemen, Turkey, Iran, Iraq, Syria and the countries of the South Caucasus. Kyrgyzstan, Kazakhstan and Tajikistan are among the five countries in Central Asia with particular problems of separatism.

In European countries, the impetus for separatism was mainly economic, ethno-linguistic, exacerbated by historical and political factors. European separatism is less active than Asian, often moderate or passive.

The brightest centers of separatism in Northern Europe have formed in Great Britain and Denmark, and manifestations may be intensifying in the Norwegian and Swedish parts of Lapland, as well as in Lithuania, Latvia, and Estonia. In Western Europe, the most pronounced manifestations of separatism are Belgium, France, to some extent Germany, Switzerland, and the Netherlands. Spain and Italy suffer from separatism in the southern Europe, bursts of Albanian separatism from time to time occur in Macedonia, Serbs in Bosnia and Herzegovina and Kosovo, and the disintegration of Bosnia and Herzegovina. Among Central and Eastern European countries, Poland, Romania, Moldova and Ukraine have problems of separatism.

Separatism is a dangerous influence on the integrity and internal security of each individual state, where it is manifested and spread to neighboring countries and regions, causing destabilization and conflicts in them.

Especially dangerous is separatism active in its forms of manifestation - Uyghur in China, which is accompanied by terrorist attacks and the spread of terrorism to other territories; in the southern provinces of Thailand, which, among other things, is a significant threat to the development of the economy and the tourism sector; in Myanmar, which is cultivating increasingly sectarian animosity. The problem of separatism in Yemen may become a regional problem, and the activity of the Kurds in the struggle for self-determination may cause the disintegration of some states where they live, and also lead to the intensification of similar activities in other countries of the Middle East.

In the European region, the main consequences of separatism were the disintegration of Yugoslavia in 1991-1992, Czechoslovakia in 1993, instability within the EU, the shaking of the principles of European solidarity, and the creation of unrecognized self-proclaimed formations.

Political and economic methods are more recommended among the large number of methods for solving the problem of separatism, although in the case of active ethnic and religious separatism, power methods are more commonly used.

Each of the studied countries chooses methods based on the activity and characteristics of the manifestations of separatism. Thus, in the struggle for South Ossetia and Abkhazia occupied by Russia, official Tbilisi tries to act diplomatically, China uses mainly forceful methods in relation to the Uyghurs, with Tibetan separatism - political and economic measures. Thailand combines force, political and economic measures to combat separatism. Forceful methods, especially in the State of Jammu and Kashmir, are used by India. The authorities of Kazakhstan are trying to prevent manifestations of separatism, using legal levers. The Myanmar government, having used a powerful arsenal of force methods, is now leaning more towards political means. Inter-confessional separatism, which prevails in Asia, almost always manifests itself in an active form and is accompanied by radical actions and numerous human sacrifices. And it is difficult to find effective methods of combating it, conflicts have been going on for decades, and most of them still remain unresolved.

In the fight against separatism, the governments of European countries are trying to give preference to political, diplomatic, and legal problem-solving methods, for example, resolving the language issue in Switzerland at the legislative level, developing clear positions on the Hungarian issue in Romania, Slovakia, and Serbia; in Ukraine - adoption of the Law "On Amendments to the Criminal Code of Ukraine" and increased responsibility for separatist actions.

Key words: separatism, secession, enolysis, irredentism, autonomy, ethnicity, religion, Islam, federalization, nationalism, independence, self-determination, spatial analysis, geopolitical processes, conflictology.

Сова Б.В., Король О.М.

АНТАРКТИДА І УКРАЇНА: НАУКОВА ТА НАУКОВО-ПРОСВІТНИЦЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ АНТАРКТИЧНОЇ СТАНЦІЇ «АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ»

Антарктида – це унікальний континент, що залишається найменш вивченим регіоном Землі. Актуальність дослідження полягає в тому, що сучасні екологічні та кліматичні зміни в Антарктиді безпосередньо впливають на глобальну систему Землі. Крім того, вивчення цього континенту дозволяє прогнозувати наслідки змін клімату, досліджувати механізми функціонування полярних екосистем та вдосконалювати міжнародну співпрацю у сфері науки та охорони довкілля. Особливу роль відіграють українські дослідники, що здійснюють наукову діяльність на станції «Академік Вернадський». У статті розглянуто особливості діяльності української антарктичної станції «Академік Вернадський», її історія та сьогодення. Особлива увага приділена партнерству України і Великої Британії. Окремо розглянуто роль науково-дослідного судна «Ноосфера», яке забезпечує транспортну підтримку та дослідження у відкритих водах навколо Антарктиди. Також у роботі висвітлено перспективи майбутніх досліджень та міжнародного співробітництва. Підкреслено, що Україна має всі можливості для подальшого розвитку своїх досліджень у цьому регіоні та зміцнення міжнародної наукової співпраці.

Ключові слова: антарктична станція «Академік Вернадський», науково-дослідне судно «Ноосфера», міжнародна співпраця України і Великої Британії.

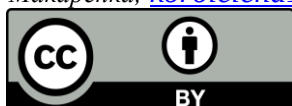
Постановка проблеми. Україна стала частиною світової наукової спільноти в Антарктиді завдяки отриманню станції «Фарадей» від Великої Британії у 1996 році. Це стало важливою подією для незалежної України, що закріпила її статус як країни, здатної здійснювати довготривалі дослідження на крижаному континенті. Станцію було перейменовано на честь видатного вченого Володимира Вернадського, який зробив значний внесок у розвиток геохімії та біосферології.

Мета дослідження – проаналізувати історичні й сучасні аспекти діяльності української антарктичної станції «Академік Вернадський», а також оцінити роль України в дослідженні Антарктиди.

Виклад основного матеріалу. Історія станції бере свій початок у 1947 році, коли британці заснували станцію для вивчення магнітного поля Землі та

© Сова Б.В.,¹ Король О.М.¹✉, 2025.

¹ Кафедра загальної та регіональної географії Сумського державного педагогічного університету імені А.С.Макаренка, korolelana1976@gmail.com



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
Article Info: Received: April 8, 2025;
Final revision: April 17, 2025; Accepted: April 29, 2025.

дослідження клімату. Протягом десятиліть тут накопичувалися безцінні дані про зміну озонового шару, що пізніше стали ключовими для розробки міжнародної екологічної політики. Після передачі станції Україні, українські вчені продовжили ці дослідження, значно розширивши спектр наукових програм [2].

Сьогодні станція «Академік Вернадський» є багатопрофільним науковим центром, де проводяться дослідження у сферах біології, метеорології, геофізики, океанографії та гідрології. Українські вчені вивчають адаптацію живих організмів до екстремальних умов, відстежують динаміку льодовикових покривів і визначають рівень ультрафіолетового випромінювання.

Окрім наукової роботи, станція відіграє важливу дипломатичну роль. Вона є платформою для міжнародної співпраці, де українські дослідники обмінюються даними з вченими з усього світу, беручи участь у спільних дослідницьких програмах. Наприклад, дослідження руху льодовиків чи впливу змін клімату на морські екосистеми реалізуються у тісній взаємодії з міжнародними науковими центрами.

Важливою складовою діяльності станції є також просвітництво. Вчені проводять онлайн-зустрічі зі школярами та студентами, розповідають про особливості життя та роботи в Антарктиді, популяризуючи науку серед молоді. Однією з яскравих подій, що підкреслює людський вимір наукової діяльності, стала історія пінгвіна Зоряна – м'якої іграшки, яку учні 3-А класу Кролевецької гімназії № 5 із Сумщини передали полярникам 30-ї Української антарктичної експедиції (УАЕ). Діти готувалися до цього моменту, вивчаючи історію станції, цікаві антарктичні явища та беручи участь у виставках. Ця подія стала символом зв'язку між українськими науковцями та суспільством, підкреслюючи, що наука – це не лише дослідження, а й історії людяності, підтримки та натхнення [3].

3 березня 2025 року до станції «Академік Вернадський» прибула 30-та Українська антарктична експедиція (УАЕ). Доставка полярників і вантажів здійснювалася науково-дослідним судном «Ноосфера». Ця подія ознаменувала початок нового етапу в українських дослідженнях Антарктики. Основні завдання нової експедиції включають безперервний збір метеорологічних, геофізичних та біологічних даних, підтримку функціонування станції та впровадження новітніх методів дослідження. Через особливості рельєфу дна судно «Ноосфера» зупинилося у протоці Пенола, а транспортування вантажів до станції здійснюється моторними човнами. На станцію було доставлено річний запас продовольства, 140 куб. м дизельного пального для генераторів, а також наукове та технічне обладнання.

Крім того, сезонний науковий загін завершує свою роботу, підготовлюючи

зразки для лабораторного аналізу в Україні. Будівельна група підбиває підсумки модернізації станції та визначає пріоритетні завдання на наступний рік. Завдяки успішному завершенню перезмінки наукова діяльність України в Антарктиді залишається безперервною, що забезпечує довготривалі спостереження та інтеграцію в міжнародні наукові програми.

Також ведеться постійна міжнародна співпраця. В березні 2025 року у Києві та Лондоні відкрилася ексклюзивна фотовиставка «Спільна британсько-українська антарктична історія: наукова станція, криголам і... старовинна бібліотека». Захід присвячений майже 30-річній співпраці України та Великої Британії в Антарктиці та відзначає важливі віхи цього партнерства [6].

На виставці було представлено 26 унікальних світлин, які ілюструють історію станції та сучасні дослідження. Вперше в Україні показали архівні фото з британської станції «Фарадей», зокрема знімки їзових собак і доставки пошти літаком. Натомість британська аудиторія отримала можливість дізнатися більше про новітні дослідження українських вчених та їхній внесок у глобальну науку. Окрема частина виставки присвячена українським полярникам, які після повномасштабного вторгнення Росії долучилися до лав Збройних сил України.

Виставка відбувалася одночасно в Центральній бібліотеці ім. Т. Г. Шевченка для дітей у Києві та в Елтемській бібліотеці в Лондоні. Під час відкриття відбувся телеміст за участі представників Британської антарктичної служби (British Antarctic Survey), українських науковців та команди станції «Академік Вернадський».

Науково-дослідне судно (НДС) «Ноосфера» стало невід'ємною частиною сучасних українських антарктичних досліджень. Це унікальний криголамний корабель, який забезпечує логістичну підтримку Української антарктичної станції «Академік Вернадський», а також виконує важливі наукові місії в Південному океані. «Ноосфера» є спадкоємцем британського науково-дослідного судна «James Clark Ross», яке Україна придбала у 2021 році, що стало важливим кроком у розвитку національної полярної програми [5].

На борту судна розміщені сучасні лабораторії, гідрографічне та океанографічне обладнання, що дозволяє проводити детальні дослідження водних мас, морської біоти та змін клімату. Корабель оснащений сучасною навігаційною системою та пристосований для тривалих автономних експедицій у крижаних водах.

«Ноосфера» виконує основні функції: логістичну та науково-дослідну, а також є важливим елементом міжнародного співробітництва (рис. 1).

Окрім наукової функції українців навколо теми полярних досліджень об'єднують виставки, документальні фільми та символічні ініціативи, сприяючи формуванню національної гордості та міжнародного визнання.

Логістична підтримка станції (забезпечує безперебійне перевезення)	Дослідження в Південному океані (океанографічних процесів, біологічного різноманіття та змін клімату)	Участь у міжнародних дослідженнях
• персоналу; • продовольства; • пального ; • наукового обладнання	• Моніторинг стану морських екосистем та впливу змін клімату на морську біоту. • Вивчення циркуляції океанічних течій та їхньої ролі у глобальному кліматичному балансі. • Дослідження рівня солоності та температури води для прогнозування динаміки льодовикових покривів. • Випробування новітніх методів дистанційного зондування та геофізичних досліджень дна океану.	• Україна бере участь у спільних дослідницьких проєктах з країнами-учасницями Договору про Антарктику,; • бмінюється даними та проводить спільні експедиції.

Рис. 1. Роль судна «Ноосфера» в дослідженнях Антарктики

Важливим культурно-просвітницьким заходом стала виставка «Україна в Антарктиці: дослідження і незламність», що відкрилася в Чернівцях у березні 2025 року. Вона надала відвідувачам унікальну можливість зануритися в світ крижаного континенту, познайомитися з життям полярників та їхніми відкриттями. Експозиція демонструвала авторські відео про життя на станції «Академік Вернадський», дослідження українських учених у галузях біології, геофізики та кліматології, а також розповідала про екосистеми Антарктиди та виклики, з якими стикаються дослідники [4].

Онлайн-зустріч із науковцями, які працюють в Антарктиці, дозволила відвідувачам почути безпосередньо від полярників про реалії життя на станції, їхні відкриття та важливість наукових місій для глобального розуміння змін клімату. Такі заходи стимулюють інтерес до науки серед молоді. Школярі та студенти отримали унікальну можливість задати запитання дослідникам, дізнатися про буденне життя на станції, специфіку роботи з науковим обладнанням та особисті враження від Антарктиди.

У лютому 2025 року в Києві відбулася прем'єра документального фільму «Воїни науки», присвяченого українським полярникам, які беруть участь у наукових дослідженнях в Антарктиді та водночас захищають Україну на фронті. Стрічка, створена телеканалом «Дім» та UATV English у співпраці з Національним антарктичним науковим центром, стала вагомим культурним проєктом, що поєднав науку, патріотизм і військову стійкість [1].

Проєкт «Воїни науки» розпочався у березні 2024 року, коли журналіст Геннадій Куркін та оператор Руслан Белозьоров приєдналися до 29-ї

Української антарктичної експедиції (УАЕ). Вони пройшли весь шлях перезмінки на станції «Академік Вернадський» та стали свідками нелегких буднів науковців, які працюють у суворих умовах Антарктики. Знімальна група також повернулася до України разом із 28-ю експедицією, фіксуючи всі етапи повернення полярників.

Водночас автори фільму відвідали передові позиції Збройних сил України, де знімали історії українських науковців, які змінили лабораторні прилади на зброю, ставши на захист Батьківщини. За офіційними даними, станом на 2024 рік понад 30 українських полярників, які раніше працювали на станції «Академік Вернадський», долучилися до лав ЗСУ. Деякі з них загинули, виконуючи бойові завдання. Саме їхній подвиг і став основним акцентом стрічки. Фільм одразу здобув великий резонанс, адже він не просто розповідав про складні умови наукових досліджень в Антарктиді, а й демонстрував зв'язок між науковими відкриттями та боротьбою за незалежність України. Стрічка увійшла до короткого переліку найкращих національних документальних фільмів року.

Фільм викликав емоційний відгук у глядачів, адже його сюжетна лінія змінювалася від мальовничих краєвидів Антарктики до руйнувань українських міст і палаючих лісів. Автори стрічки присвятили її «всім українським вченим, хто сьогодні виборює свободу та незалежність країни зі зброєю в руках, а також полеглим воїнам, які віддали життя за Україну».

«Воїни науки» стали не просто документальним фільмом, а символом стійкості української наукової спільноти. Українські полярники, які роками працювали в Антарктиді, досліджували зміну клімату, морську біологію та атмосферні процеси, у 2022–2024 роках змушені були змінити свою діяльність через повномасштабну війну. Вони не лише борються на передовій, але й надають важливу наукову інформацію про екологічні зміни, які можуть мати довгострокові наслідки для всього світу. Фільм також піднімає питання спадкоємності наукових традицій.

Висновки. Сьогодні нове покоління українських вчених продовжує роботу на станції «Академік Вернадський», проводячи важливі дослідження, які сприятимуть глобальному розумінню змін клімату. При цьому вони усвідомлюють, що їхні колеги ризикують життям на полі бою заради майбутнього всієї країни. Таким чином, Антарктида є важливим об'єктом наукових досліджень. Дослідження цього континенту мають велике значення для всього людства, а внесок України у цю сферу є вагомим і перспективним.

Література

1. Дзинда, М. Виступ про польові дослідження в Антарктиді : Facebook Watch [Відео]. URL: <https://www.facebook.com/watch/?v=627266633566237> (дата звернення: 12.05.2025).

2. Дикий, Є. Українські антарктичні експедиції: історія та перспективи // Географічний вісник. 2022. №2. С. 15–22.
3. Пінгвін із Сумської школи поїхав на станцію «Академік Вернадський». URL: <https://bigkyiv.com.ua/pingvin-iz-sumskoyi-shkoly-poyihav-na-stancziyu-akademik-vernadskeyj/> (дата звернення: 12.05.2025).
4. Огляд сучасних досліджень в Антарктиді – AntarcticCenter. Facebook-допис. URL: <https://www.facebook.com/AntarcticCenter/posts/pfbid0fZVXQhQ9ExWebc9Stva5PgosddEPkgoVaGebAchFynHjCAXFjoBY7ncdFgXreoLKl> (дата звернення: 12.05.2025).
5. Таємниці криголама «Ноосфера». Скільки коштуватиме Україні колишній дім британських вчених – BBC News Україна. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-59352130> (дата звернення: 12.05.2025).
6. Укрінформ: Антарктика. URL: <https://www.ukrinform.ua/tag-antarktika> (дата звернення: 12.05.2025).

Summary

Sova B.V., Korol O.M. Antarctica and Ukraine: scientific research and cultural and educational activities.

Antarctica is a unique continent that remains the least studied region of the Earth. Despite its harsh natural conditions, it plays an important role in global ecological and climatic processes. The discovery of Antarctica has become one of the most significant achievements of mankind, and its development and scientific research are of key importance for understanding climate change, natural ecosystems and the evolution of our planet. The relevance of the study lies in the fact that modern ecological and climatic changes in Antarctica directly affect the global Earth system. In addition, the study of this continent allows us to predict the consequences of climate change, investigate the mechanisms of functioning of polar ecosystems and improve international cooperation in the field of science and environmental protection. Ukrainian researchers carrying out scientific activities at the Akademik Vernadsky station play a special role. The study examines the features of the activities of the Ukrainian Antarctic station Akademik Vernadsky, its history and present. Special attention is paid to the partnership between Ukraine and Great Britain. Separately, the role of the research vessel «Noosfera», which provides transport support and research in open waters around Antarctica, is considered. The paper also highlights the prospects for future research and international cooperation. It is emphasized that Ukraine has every opportunity to further develop its research in this region and strengthen international scientific cooperation. The practical significance of the study lies in the possibility of using the results obtained to popularize knowledge about Antarctica, increase environmental awareness and form scientific approaches to its further study.

Key words: *Antarctic «Akademik Vernadsky» station, research vessel «Noosfera», international cooperation between Ukraine and the United Kingdom.*

IV. МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ГЕОГРАФІЇ

УДК 373.11.33

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15101809>

Панасюра Г.С., Корнус О.Г.

АНАЛІЗ ПІДРУЧНИКІВ ІНТЕГРОВАНОГО КУРСУ «ПІЗНАЮ ПРИРОДУ» (5-6 КЛАС) ЩОДО ЇХ ВІКОВОЇ АДАПТОВАНOSTI

Здійснено аналіз апробованих підручників інтегрованого курсу природничого циклу «Пізнаємо природу» для 5 та 6 класів щодо їх структурної побудови, дидактичного наповнення, візуалізації. Опис спільних та відмінних рис підручників дав змогу визначити ті, що більш ефективно використовувати при дистанційному навчанні, у класах з різним рівнем підготовки учнів, а також у закладах з поглибленим вивченням природничої складової. Результат вказує на те, що деякі підручники перевантажені ілюстративним матеріалом, та містять мінімум інформаційної складової, інші містять складні для вікового усвідомлення тексти, велику кількість термінів й розраховані на дуже високий рівень інтелекту учнів. Згідно з аналізом вивчено адаптованість даних джерел для учнів середньої ланки закладів загальної освіти, складено рекомендації щодо їх використання для педагогів з різними методиками викладання.

Ключові слова: інтегрований курс, «Пізнаємо природу», структура підручника, візуалізація, інформаційне наповнення.

Постановка проблеми. Освіта у процесі модернізації передбачає навчальний процес високого технологічного рівня, з переорієнтацією на особистість учня, а не «колективний розум». Учень не слухач, а активний, зацікавлений об'єкт навчання, здатний до самоопрацювання інформації та саморозвитку, оскільки компетентнісний підхід передбачає не лише наявність знань, досвіду та сформовані цінності, а й використання набутих знань та вмінь в конкретних ситуаціях життя кожним учасником навчального процесу. Саме це завдання – формування компетентності з природничих наук покладено на інтегрований курс, передбачені типовими освітніми програмами. Проте підручники до курсу часто обираються педагогами інтуїтивно, що в подальшому ускладнює, а подекуди і унеможлиблює роботу з ними в урочний час, окрім того

© Панасюра Г.С.¹, Корнус О.Г.¹ ✉, 2025.

¹ Кафедра загальної та регіональної географії Сумського державного педагогічного університету імені А.С.Макаренка, zavgeogr@sspu.edu.ua



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Article Info: Received: December 20, 2024;

Final revision: March 18, 2025; Accepted: March 27, 2025.

в джерелах наявні неточності і помилки, багато спірних тверджень, що ще більш негативно впливає на освіту та розвиток компетентного учня.

Формулювання мети дослідження: метою статті є аналіз бази наявних підручників з подальшими рекомендаціями щодо їх використання та визначення їх адаптованості до віку учнів.

Виклад основного матеріалу. До викладання інтегрованого курсу «Пізнаю природу» розроблено, апробовано та затверджено Міністерством освіти і науки такий перелік підручників для 5 класу: Біда Д. Д. Пізнаємо природу : підр. інтегр. курсу для 5-го кл. заг. серед. освіти / Дарія Біда, Тетяна Гільберг, Ярина Колісник. Київ : Генеза, 2022. 256 с. [1]; Кравченко М. Пізнаємо природу: підр. інтегр. курсу для 5-го кл. заг. серед. освіти. Тернопіль: Підручники і посібники, 2022. 247 с. [6]; Коршевнюк Т., Ярошенко О. Пізнаємо природу: підр. інтегр. курсу для 5-го кл. заг. серед. освіти. Київ: Оріон, 2022. 255 с. [4]; Шаламов Р.В., Ягенська Г.В. Пізнаємо природу: підручник інтегрованого курсу для 5 кл. закладів загальної середньої освіти. Київ: ТОВ «ПРОПАПР», 2022. 200 с. [10]; Пізнаємо природу: підручник інтегрованого курсу для 5 класу закладів загальної середньої освіти / Л. Я. Мідак, Н. В. Фоменко, В. Я. Гайда, С. М. Подолук, В. І. Кравець, І. В. Кравець, І. В. Олійник, В. П. Стахурська, З. М. Пушкар, С. В. Банах, Л. П. Козловська. Тернопіль : Астон, 2022. 272 с. [8].

Практика шкільного навчання вказує на те, що відсутність унітарного підходу в оформленні шкільних джерел призводить до того, що у 5 класі учні не мають єдиного уявлення про роботу із друкованими підручниками. Абсолютно різні позначення, структура, виділення тексту, перевантаженість ілюстративним матеріалом робить сучасні підручники «не зрозумілими» для учнів.

Підручник авторки Дарії Біди, у співавторстві з Тетяною Гільберг, Яриною Колісник містить 256 сторінок тексту. Серед блоків матеріалів, що промарковані відповідними символами наступні: «Запитання», «Завдання», «Дослідження», «Працюємо разом», «Це цікаво», «Наукові забави», «Коротко про головне», «Робота с картою».

Кожен розділ містить коротку преамбулу, всього розділів – 5, передній форзац містить фізичну карту України, задній – фізичну карту Світу.

Основні поняття та терміни вміщені в рамках та виділені напівжирним шрифтом, що полегшує їх пошук учням. Деякі завдання вміщено у форматі QR-коду. Підсумком кожного параграфу є короткі тезисні висновки, за якими – перелік питань для самоконтролю, включно із творчими завданнями.

Візуальна частина підручника містить одночасно малюнки, схеми, фотографії у виваженій кількості, вміру яскраві, тобто – візуально не переобтяжений. Структура побудови чітка, відповідає єдиному алгоритму. Огляд джерела вказує на те, що воно адаптоване для учнів 5-6 класів, містить

розвивальний, ігровий контент, проте не перевантажене кольоровою гамою та надмірною кількістю зображень. Чітко структурований текст, розбитий на блоки, виділені терміни допомагають визначати головне та шукати потрібу інформацію досить швидко.

«Пізнаємо природу» авторського колективу Д. Шабанова та М. Кравченко створено на науковій базі Лабораторії інтегруючого викладання природничих наук Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Структура побудована за тижнями навчання, містить матеріал у розмовній формі: автори звертаються не до учня, а до читача книги (кількість сторінок – 247). Кількість зображень (це фото і малюнки) мінімалізована, проте вони досить великого розміру, поряд із тим, що між текстовими фрагментами багато пустого простору (рис. 1).



Рис. 1. Фрагмент підручника М. Кравченко [6, 16]

Відмінні риси книги можливо проаналізувати на прикладі розділу «Тиждень 17» – «Мапи – моделі земної поверхні». Теоретична частина розпочинається із запитання до герою роману «Острів скарбів»: «Де мапа, Біллі?». Далі підрозділ «Орієнтування у просторі». Подача матеріалу позбавлена емоційного забарвлення, включає велику кількість сухих термінів, є досить науковою, як то «для вимірювання відстаней між віддаленими об'єктами прийнято використовувати стандартні одиниці» [6, 131]. Наступний підпункт

«Масштаб» містить опис поняття, з єдиним виділеним напівжирним терміном «Масштаб» та приклад переведення одиниць вимірів у масштабі. Наступний підпункт – сторони світу, що закінчується лаконічними тезами «Головні думки». Далі вміщено практичний блок «Читання та побудова картосхеми» та основні вимоги до її складання, рисунок із прикладом картосхеми.

За практичною частиною у рамці розміщені терміни, якими учні мають опанувати при вивченні розділу тижня: мапа, картосхема, масштаб, сторони світу, компас (у більшості підручників термінологія, що вивчається в темі, розміщена на початку). Далі – питання для закріплення матеріалу та теми для обговорення і виконання, як то «знайдіть за допомогою різних джерел інформації як саме позначаються гори, море, острови на мапах» [6, 136]. Закінчується розділ додатком «Різноманіття мап», що містить короткий текст із термінами, що ще не вивчалися учнями (певно з розрахунком та самоопрацювання чи високий інтелект 5-класників) та три різні зображення мапи України. У підсумку: структура підручника повністю спрощена, лише інформаційні блоки та мінімум зображень; текстова частина заскладна, перенасичена термінами. Для сучасних учнів-візуалів такий підручник буде апріорі не цікавий, оскільки містить у більшій частині обтяжений невідомими словами текст. Хоча для приватних навчальних закладів, з посиленою природничою складовою, може розглядатися як варіант.

Підручник Т. Коршевніук та О. Ярошенко (225 сторінок) містить наступні рубрики: «наукова довідка», «нумо досліджувати», «досліди й дізнайся», «пізнавальний калейдоскоп», «добрі справи для природи», «медіапошук», «тобі до снаги», «нотатки допитливих і спостережливих», «технотека», «парад порад», «пліч-о-пліч» уважаємо, що їх забагато як для одного підручника. Зміст, що включає 6 тем, вміщено на початку підручника, що полегшує подальший пошук сторінками для учнів. Інформаційне наповнення вміщене досить специфічно: за назвою теми ідуть запитання до неї, потім зображення та «наукова довідка», на наступній сторінці завдання з малюнками, і лише з третьої сторінки текст по суті (1 абзац) і знову наукова довідка. Далі «Парад порад» з QR-покликаннями, нотатки для допитливих та «Тобі до снаги». Тобто, один параграф розміщений з 8 по 13 сторінки, а тексту по суті в ньому – два абзаци. Увесь інший матеріал розбитий на рубрики, перемежований зображеннями. Вважаємо, що структура є заскладною для учнів 5-х класів, вона не сприймаються ефективно навіть дорослим. Таким чином, даний підручник перевантажений рубриками, вони розбивають основний текст на дрібні частини, основний текст визначити взагалі складно, через що загальне враження не як про підручник, а як про розважальну настільну книгу учня.

Р. Шаламов, Г. Ягенська пропонують у підручнику (200 сторінок) знайомство із героями Яромілом, Сельмою та роботом Арті, тобто казковими героями, на основі історій яких і побудовано навчальну книгу. Зміст не розбитий на розділи, містить лише 24 теми, як то «Визначення та порівняння швидкості руху людини та вітру», «Створення планів приміщень і картосхеми прилеглої до закладу освіти території», «Дослідження мікроскопічної будови рослин», тобто вже у назві закладена дослідницька складова.

Інформаційне наповнення вирізняється чітко означеними текстовими блоками та гарними простими схемами (рис. 2), між якими візуальні кольорові блоки із героями, як бачимо на відміну від попереднього підручника основний текст міститься окремо.



Рис. 2. Візуалізація підручника Р. Шаламова, Г. Ягенської [10]

Теми закінчуються блоком із завданнями для самоперевірки, окрім того включають багато дослідних завдань, як короткотривалих, так і таких, що розраховані до довготривалі спостереження у природі. Підсумовуючи, можна зробити висновок про те, що підручник створений з метою формування дослідницької компетентності у повній мірі, проте у використанні вчителем є досить складним, оскільки вимагає попереднього активного вивчення, визначення тих інформаційних блоків та дослідів, які будуть використані, оскільки для повноцінного оволодіння усім вмістом двогодинного навантаження в тиждень, на жаль, не вистачить. Хоча для 5-ти класників це досить адаптований та цікавий продукт, як у плані візуалізації так і науково-дослідного компоненту, оскільки запропоновані дослідження виписані покроково, без переобтяження термінами.

Підручник [8] містить 271 сторінку тексту та зображень, що побудовані на основі історій героя-робота $\pi\text{Zn5J2022Co}$. Візуально книга нагадує підручники початкової школи, текст досить крупний, із великими проміжками.

Зміст включає п'ять розділів та 73 параграфи, що практично відповідає кількості годин, наприкінці вміщений словник термінів, ці ж терміни в тексті параграфів винесені в окремі рамки. Основний текст здебільшого

структурований, між основними блоками вміщено дослідний компонент, як наприклад: «Перейдіть на сайт за адресою <https://cutt.ly/gIf3zb0> або за QR-кодом та прочитайте легенди про Архімеда» [8]. У кінці параграфу основні тези, запитання для самоконтролю та завдання (групові, парні). Візуалізація стримана, у структурі між текстовими блоками подана коректно. Підручник має чітку структуру, невелику кількість зображень, що допомагає сконцентруватись на тексті, велика кількість дослідних завдань із готовими покликаннями має мотивувати учнів до саморозвитку.

Перелік підручників до 6 класу з інтегрованого курсу «Пізнаємо природу» наступний: Біда Д. Д. Пізнаємо природу: підруч. інтегрованого курсу для 6 класу закладів загальної середньої освіти Київ: Видавничий дім «Освіта», 2023. 256 с. [2]; Пізнаємо природу: підруч. інтегр. курсу для 6-го кл. закл. заг. серед. освіти / Тетяна Гільберт [та інш]. Київ: Генеза, 2023. 256 с. [7]; Коршевніук Т., Ярошенко О. Пізнаємо природу: підр. інтегр. курсу для 6-го кл. заг. серед. освіти. Київ: Оріон, 2023. 2595 с. [5]; Пізнаємо природу: підручник інтегрованого курсу для 6 класу закладів загальної середньої освіти /Л.Я. Мідак, Н.В. Кокар, В.І. Кравець, Н.В. Фоменко, І.В. Кравець., Г.Я. Жирська. Тернопіль : Астон, 2023. 256 с. [9]; Дж. Ендрю Біос. Пізнаємо природу: підруч. інтегрованого курсу для 6 кл. закладів загальної середньої освіти. К.: Видавництво «Лінгвіст», 2023. 184 с. [3].

Підручники авторів Д. Біда та Т. Коршевніук, О. Ярошенко, а також авторського колективу на чолі з Л. Мідак, що є у переліку описаних вище, для 5-го класу структурно й інформаційно відповідають у побудові та наповненні попередньому курсу. У підручнику Л. Мідак навіть робот-казковий герой той же.

Підручник «Пізнаємо природу» Т. Гільберт у співавторстві [7] містить 5 розділів на 255 сторінках. У поєднанні текстових та візуальних складових підручник є класичним, не перевантажений ілюстраціями, текст однакового типу та розміру, терміни та основні поняття виділені жирним шрифтом. Закінчується параграфлогічно – тезами про головне, питаннями для самоконтролю та рефлексивним блоком: «я дізнався... мене здивувало... хочу дізнатися більше...». Дослідницька складова лаконічна – автори замість великої кількості малюнків вмістили короткий опис-алгоритм роботи та надали QR-покликання на відповідний відеоконтент. Таким чином підручник є досить «дорослим», можливо позбавленим емоційності, вираженої через візуалізації, проте він спонукає до більш серйозного сприйняття матеріалу, що є можливим для учнів 6-го класу.

Підручник Джон Ендрю Біоса [3] вирізняється від інших вже тим, що насправді він створений групою авторів, що використали псевдонім. Під цим же псевдонімом вийшли підручники з математики та інформатики для НУШ. Автори працювали над максимальним спрощенням підручника, і мали на мені

створення такої навчальної книги, яка не буде переобтяжена текстом, але в той же час буде цікавою. В основі видань лежить навчальна технологія 5E's, що складається з п'яти етапів: залучення (*engage*), дослідження (*explore*), пояснення (*explain*), формування компетентностей (*elaborate*), самооцінювання (*evaluate*). Саме це дає змогу реалізувати основні принципи STEM-освіти.

На 184 сторінках вміщено 7 навчальних розділів та термінологічний словник. Підручник і справді містить мінімум тексту, окрім дослідницької складової, де покроково описано алгоритми дій, а в кінці підручника окремими сторінками опис до проєктної діяльності учнів – блок може використовуватись учителем у повній чи частковій формі, здобувачі освіти можуть опрацьовувати його вдома, за допомогою батьків, або ж повністю самостійно за особистим бажанням. Проте, важко уявити як працювати з даним джерелом у повністю дистанційному форматі, проте частина учнів країни вже кілька років поспіль займається виключно он-лайн.

Окрім того, у джерелі міститься багато металевих карт, що візуалізують текст та є дуже зручними для опрацювання, дають комплексне уявлення про явища, допомагають вибудувати логічні взаємозв'язки між компонентами, проте знову ж – лише за безпосередньої допомоги вчителя (рис. 3).

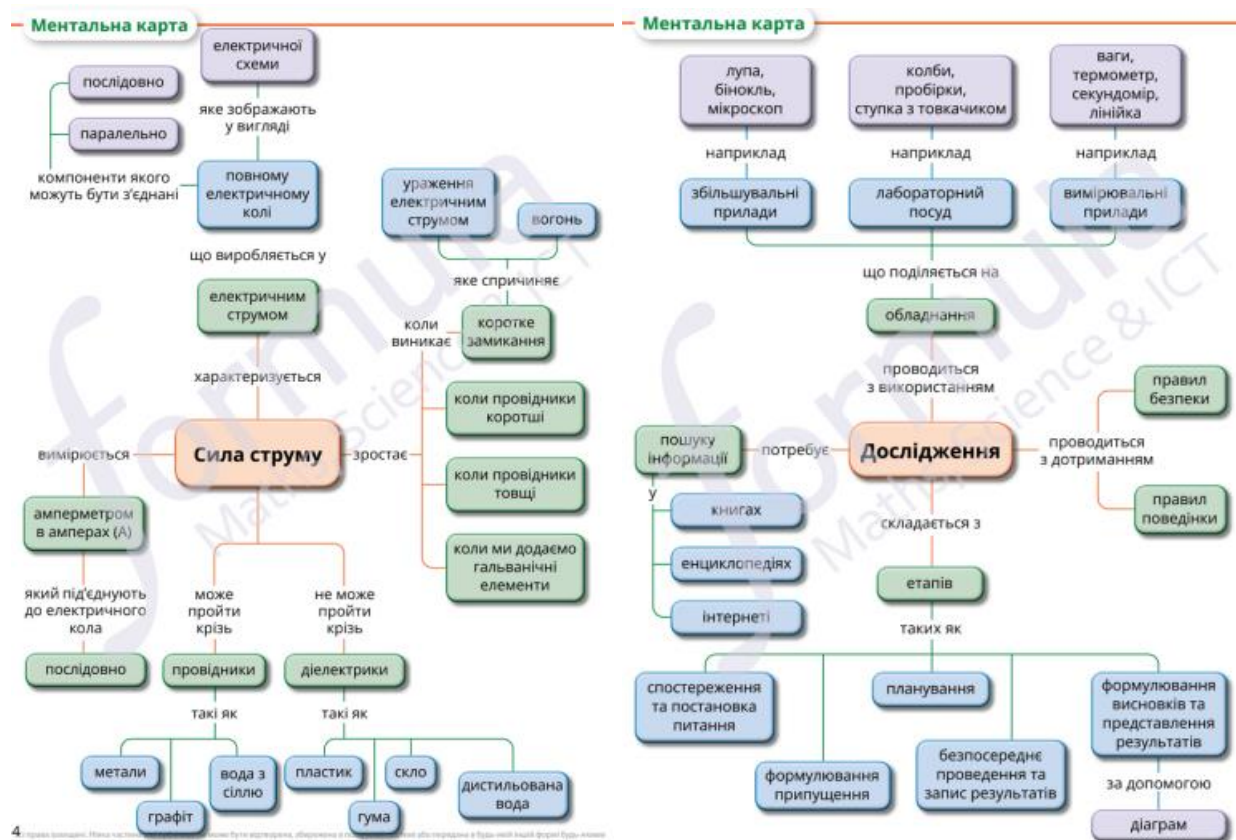


Рис. 3. Візуалізація ментальних карт [3]

Підручник авторського колективу справді відрізняється від звичних для педагогічного загалу освітніх джерел побудовою матеріалу, його логічним

викладом. Уважаємо, що для здобувачів освіти при не дистанційній формі навчання він адаптований добре, проте для вчителя його використання має виклики: володіння методиками створення та відтворення ментальних карт для їх ефективного використання; володіння формами роботи на уроках, за якої учні вмотивовано самостійно здобувають знання, готовність до використання учнями гаджетів з метою пошуку потрібної інформації.

Висновки. Вибір підручників з курсу «Пізнаємо природу» можливий у кількох напрямках:

- з орієнтацією на адаптацію учнів молодшої школи до навчання у середній ланці. За таких умов обираються підручники з більшою кількістю візуалізації, меншою кількістю тексту та присутністю казкових героїв, історії яких і складають текст підручників. Таким є підручник авторського колективу на чолі з Л. Мідак;

- з орієнтацією на формування дослідницької компетентності: підручник, що повністю складений у руслі досліджень та проєктів: Р. Шаламов, Г. Ягенська створили ресурс для юних дослідників;

- з орієнтацією на високий рівень інтелекту та високу мотивацію: Д. Шабанова та М. Кравченко, проте книги цих авторів, на нашу думку, будуть заскладними для дистанційної форми навчання.

Література

1. Біда Д. Д. Пізнаємо природу: підр. інтегр. курсу для 5-го кл. заг. серед. Освіти. Київ: Генеза, 2022. 256 с.
2. Біда Д. Д. Пізнаємо природу: підруч. інтегрованого курсу для 6 класу закладів загальної середньої освіти К.: Видавничий дім «Освіта», 2023. 256 с.
3. Джон Ендрю Біос. Пізнаємо природу: підруч. інтегрованого курсу для 6 класу закладів загальної середньої освіти. Київ: Видавництво «Лінгвіст», 2023. 184 с.
4. Коршевніюк Т., Ярошенко О. Пізнаємо природу: підр. інтегр. курсу для 5-го кл. заг. серед. освіти. Київ: Оріон, 2022. 255 с.
5. Коршевніюк Т., Ярошенко О. Пізнаємо природу: підр. інтегр. курсу для 6-го кл. заг. серед. освіти. Київ: Оріон, 2023. 259 с.
6. Кравченко М. Пізнаємо природу: підр. інтегр. курсу для 5-го кл. заг. серед. освіти. Тернопіль: Підручники і посібники, 2022. 247 с.
7. Пізнаємо природу: підруч. інтегр. курсу для 6-го кл. закл. заг. серед. освіти / Тетяна Гільберт [та інш]. Київ: Генеза, 2023. 256 с.
8. Пізнаємо природу: підручник інтегрованого курсу для 5 класу закладів загальної середньої освіти / Л. Я. Мідак, Н. В. Фоменко, В. Я. Гайда, С. М. Подолюк, В. І. Кравець, І. В. Кравець, І. В. Олійник, В. П. Стахурська, З. М. Пушкар, С. В. Банах, Л. П. Козловська. Тернопіль : Астон, 2022. 272 с.
9. Пізнаємо природу: підручник інтегрованого курсу для 6 класу закладів загальної середньої освіти / Л. Я. Мідак, Н. В. Кокар, В. І. Кравець, Н. В. Фоменко, І. В. Кравець., Г. Я. Жирська. Тернопіль : Астон, 2023. 256 с.
10. Шаламов Р.В., Ягенська Г.В. Пізнаємо природу: підручник інтегрованого курсу для 5 кл. закладів загальної середньої освіти. Київ: ТОВ «ПРОПАПІР», 2022. 200 с.

Summary

Panasiura H., Kornus O.H. **Analysis of Textbooks of the Integrated Course «Discovering Nature» (5-6 grade) in Terms of Their Age Adaptation.**

The article is devoted to the analysis of textbooks written by the authors for the course «Discovering Nature». The integrated course «Discovering Nature» is taught to students in grades 5 and 6 of the New Ukrainian School. There are many textbooks, and teachers cannot choose the best one right away. Therefore, when they work with students, they have problems because students do not perceive the material or do not understand it well. The analysis of textbooks allows us to understand how textbooks are adapted for students in grades 5 and 6. The main method used in the study is analysis. The analysis allowed us to identify the textbooks that are best used for distance learning. They contain general information and many illustrations to the texts. The other group includes those books that are best used only in face-to-face learning, in classes with high intelligence of students. The books are different: some authors have written a difficult book for students. It contains many terms and concepts that students cannot understand because of their age. Such a book can be used in schools where natural sciences are studied in greater depth. Other authors, on the contrary, have simplified the educational material and added a lot of drawings and photographs to the book. Such a textbook can be used only in classes with weak students or in distance learning. However, one should not expect that students will have a solid knowledge of the natural sciences course by studying this book. The authors also reviewed the structure and information contained in the books.

Keywords: *integrated course, «Discovering Nature» textbook structure, visualization, information content.*

З М І С Т

I. ФІЗИЧНА ГЕОГРАФІЯ, ГЕОЕКОЛОГІЯ ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ	3
Атгамена А., Белаліте Н., Аоуіссі Н.А., Атгамена М., Боугедірі М., Лаамоурі Б., Гаагаі А., Кебаілі Ф.К., Бенселгуб А. Походження, еволюція та оцінка гідрогеохімічного функціонування термального мінерального джерела в Батна (Східний Алжир)	3
Заоуї Л., Аббачі С., Фекраче Ф., Кахіт Ф.З., Хеліфі В., Бенселгуб А., Сахер Е., Соліман А.М. Характеристика якості очищених та стічних вод Сіді Маруанських очисних споруд у провінції Міла, Алжир: придатність та повторне використання для іригації.....	19
Хованський В.Ю., Корнус А.О. Повторюваність сильно морозних ночей у м. Києві.....	34
Клименко А.В. Урбанофлора тра'янистих рослин в зоні впливу транспорту в лівобережних районах Києва	46
Данильченко О.С., Плужник О.М. Аналіз водності річки Сейм у межах Сумської області.....	54
II. ЕКОНОМІЧНА, СОЦІАЛЬНА, ПОЛІТИЧНА ТА РЕКРЕАЦІЙНА ГЕОГРАФІЯ	62
Ріпа В.М., Філоненко І.М. Порівняльний аналіз причин і форм прояву сепаратизму в Європі та Азії.....	62
Сова Б.В., Король О.М. Антарктида і Україна: наукова та науково-просвітницька діяльність антарктичної станції «Академік Вернадський»	76
III. МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ГЕОГРАФІЇ.....	82
Панасюра Г.С., Корнус О.Г. Аналіз підручників інтегрованого курсу «Пізнаю природу» (5-6 клас) щодо їх вікової адаптованості	82

C O N T E N T S

I. PHYSICAL GEOGRAPHY, GEOECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	3
Athamena A., Belalite H., Aouissi H.A., Athamena M., Boughediri M., Laamouri B., Gaagai A., Kebaili F.K., Benselhoub A. Origin, Evolution and Assessment of the Hydrogeochemical Functioning of a Thermal Mineral Spring in Batna (Eastern Algeria).....	3
Zaoui L., Abbaci S., Fekrache F., Kahit F.Z., Khelifi W., Benselhoub A., Sakher E., Soliman A.M. Treated and Wastewater Quality Characterization of Sidi Marouane WWTP in Mila Province, Algeria: Suitability and Reuse for Irrigation	19
Khovansky V.Y., Kornus A.O. Recurrence of Severe Frosty Nights in Kyiv	34
Klimenko A.V. Urban flora of herbaceous plants in the area of transport impact in the left-bank districts of Kyiv.....	46
Danylchenko O.S., Pluzhnyk O.M. Analysis of the water content of the Seym river within the borders of Sumy region	54
II. ECONOMIC, SOCIAL, POLITICAL AND RECREATIONAL GEOGRAPHY	62
Ripa V.M., Filonenko I.M. Comparative Analysis of the Causes and Forms of Manifestation of Separatism in Europe and Asia.....	62
Sova B.V., Korol O.M. Antarctica and Ukraine: scientific research and cultural and educational activities	76
III. GEOGRAPHY SUBJECT TEACHING	82
Panasiura H., Kornus O.H. Analysis of Textbooks of the Integrated Course «Discovering Nature» (5-6 grade) in Terms of Their Age Adaptation.....	82

Наукове видання

**Наукові записки Сумського державного педагогічного
університету імені А.С. Макаренка
Географічні науки.**

Збірник наукових праць

Том 2. Випуск 6, 2025

Зареєстровано суб'єктом у сфері друкованих медіа рішенням Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення №478 від 29.02.2024 р.
Ідентифікатор у реєстрі суб'єктів у сфері медіа R30-03113

<https://scinotesgeo.sspu.edu.ua>

Відповідальний за випуск *А. О. Корнус*
Комп'ютерна верстка *А. О. Корнус*

Підписано до друку 28.04.2025 р.
Формат 60x84/16. Гарн. Times New Roman. Папір офсет. Друк ризогр.
Ум. друк. арк. 4,01. Ум. фарб.-відб. 4,01. Обл.-вид. арк. 4,09.
Тираж 50 прим. Вид. №32

Видавець і виготовлювач:
СумДПУ імені А.С. Макаренка
40002, м. Суми, вул. Роменська, 87.

Свідоцтво ДК № 231 від 02.11.2000 р.