

**Виставна Ю.Ю., Жидких І.О.***Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова***ІЗОТОПНИЙ СКЛАД ВОДНИХ СИСТЕМ ХАРКІВСЬКОГО РЕГІОНУ**

**Вступ/** Ізотопний склад води є дуже важливим параметром, визначення якого необхідне для проведення метеорологічних, гідрогеологічних, екологічних та палеокліматичних досліджень [1-5]. Інформація про стабільні екологічні ізотопи водню ( $\delta^2\text{H}$ ) та кисню ( $\delta^{18}\text{O}$ ) дозволяє визначити взаємозв'язок між елементами гідрологічного циклу, зонами випаровування та зволоження, ідентифікувати забруднення. Глобальний моніторинг стабільних екологічних ізотопів в атмосферних опадах проводиться з 1961 року у рамках програми GNIP (Global Network on Isotopes in Precipitation) під керівництвом Міжнародного агентства з атомної енергетики (МАГАТЕ) та Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) [3]. У рамках програми було створено розвинену мережу станцій моніторингу ізотопів у атмосферних опадах та водних системах різних країн світу (країни Європейського Союзу, Азії, Океанії, Латинської Америки, тощо). В Україні такі дослідницькі станції діють у м. Сімферополь та м. Одеса з 2010 року [2]. У рамках проекту «Гідрологічна та геохімічна оцінка стану транскордонної ділянки басейну р. Сіверський Донець з використанням методу екологічних ізотопів» (№ 17862, МАГАТЕ) з 2013 року було встановлено метеорологічну станцію GNIP у місті Харків та розроблено мережу станцій відбору поверхневих та підземних вод у басейні річки Сіверський Донець. Дослідженнями з використанням методу стабільних екологічних ізотопів займалися та займаються вчені різних країн, але в Україні метод екологічних ізотопів майже не застосовується, про що свідчать лише окремі публікації [2].

Малодослідженим залишається динаміка стабільних екологічних ізотопів у водних системах степної та лісостепної зони України, що не дозволяє повноцінно визначити геолого-гідрологічні та метеорологічні процеси у окремих басейнах.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження стало визначення стабільних екологічних ізотопів у атмосферних опадах, джерельних та поверхневих водах басейну річки Сіверський Донець. Об'єктами дослідження стали головні притоки річки Сіверський Донець, а саме Уди, Лопань і Оскіл, природні джерела на правих та лівих берегах річок відповідно місцям відбору поверхневих вод. Завданнями дослідження стали: а) розробка мережі моніторингу поверхневих та підземних вод, б) відбір проб води на визначення ізотопів водню і кисню молекули води та в) аналіз динаміки стабільних екологічних ізотопів у атмосферних опадах, поверхневих та підземних водах басейну річки Сіверський Донець на території Харківської області.

**Методи дослідження.** Відбір проб атмосферних опадів проводився щомісячно з листопада 2013 року по листопад 2014 року у м. Харків (N 49°56'12; E 36°11'45, висота над рівнем моря – 113 м). Відповідно методики програми GNIP [6], проби відбиралися у спеціальний контейнер протягом календарного місяця, після чого опади зливалися у обсязі 50 мл для проведення подальшого аналізу. Проби джерельної та поверхневих вод відбиралися безпосередньо на місцях мережі моніторингу (рис.1) у закритий контейнер, зберігалися при температурі +4 °C до проведення аналізу.

Ізотопні аналізи на визначення водню ( $\delta^2\text{H}$ ) та кисню ( $\delta^{18}\text{O}$ ) проводилися у Лабораторії Екологічних Ізотопів МАГАТЕ, м. Відень з використанням високоточної мас – спектрометрії. Результати аналізу оброблялися статистично відповідно стандартам SMOW. Середня точність виміру становила 0,1 %. Середньостатистичне відхилення від еталонів становило 0,05 %.



Рис. 1. Мережа моніторингу стабільних екологічних ізотопів у басейні р. Сіверський Донець, Харківська область

**Результати дослідження.** Розподіл ізотопів  $\delta 2H$  та  $\delta 18O$  у глобальному гідрологічному циклі відповідає взаємовідношенню, яке визначається як лінія метеорних вод (Global Meteoric Water Line, GMWL) та описується наступним рівнянням (1):

$$\delta 2H = 8 \delta 18O + 10. \quad (1)$$

При визначеному поєднанні кліматичних та географічних параметрів взаємовідношення ізотопів може відрізнятися від рівняння 1, але залишається лінійним та називається локальною лінією метеорних вод (Local Meteoric Water Line, LMWL).

Басейн річки Сіверський Донець та території Харківської області знаходиться у зонах степу та лісостепу помірно-континентального клімату і незначним рівнем зволоження (480 – 550 мм опадів щорічно). Такі умови можуть впливати на ізотопний розподіл атмосферних опадів та відрізнятися від GMWL.

За результатами моніторингу ізотопів кисню та водню у атмосферних опадах м. Харків, параметри локальної лінії метеорних вод можуть бути виражені наступним рівнянням (2):

$$\delta 2H = 7,9 \delta 18O + 6,4. \quad (2)$$

Точність апроксимації  $R^2$  становила 0,95. В межах проведених визначень ця лінія дещо відрізнялася від GWML. Незначне відхилення від глобальної лінії метеорних вод (рис. 2) пов'язано з підвищеним рівнем випаровування та континентальністю кліматичної зони у якій розташований басейн річки Сіверський Донець.

Ізотопний склад поверхневих та підземних вод відрізнявся від атмосферних опадів. Поверхневі води рік басейну Сіверського Донця були більш насичені ізотопами ніж джерельні води та знаходилися вище за GMWL та LMWL (рис. 2). Таке явище пов'язане з випаровуванням, що особливо визначається під час межені у літньо-осінній період (рис. 3).

Різниця між ізотопним складом атмосферних опадів, поверхневих та підземних вод (табл.1) пов'язана з тим, що води гідрологічного циклу відносяться до різних зон. Зокрема, атмосферні та підземні води знаходяться у зоні підвищеної зволоженості, а поверхневі води у зоні випаровування.

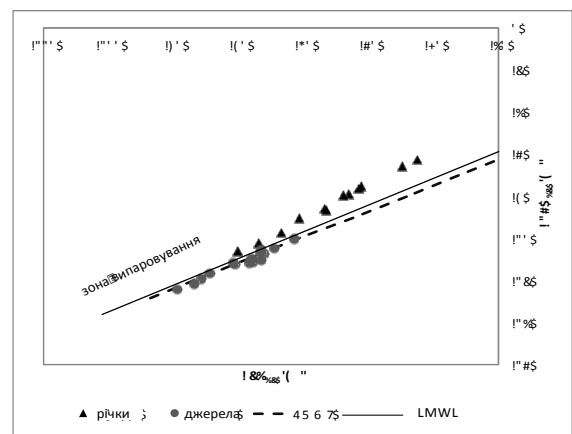


Рис. 2. Розподіл ізотопів водню та кисню у атмосферних опадах, поверхневих та підземних водах

Таким чином, поверхневі води мають більш наявні коливання ізотопного складу протягом року.

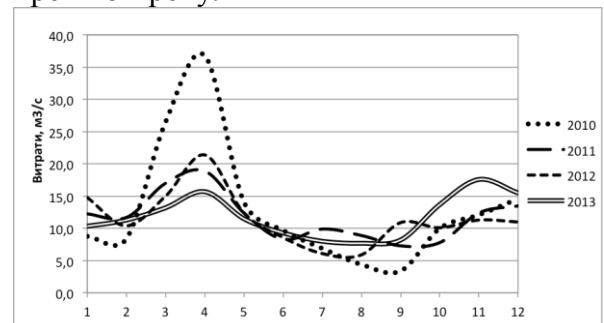


Рис. 3. Гідрограф р. Сіверський Донець, створ у с.Огурцово

Сезонні коливання ізотопного складу підземних вод менш виражені ніж у поверхневих вод та у цілому, ізотопний склад джерельних вод був близьким до GMWL.

До того ж, води більш глибокого водоносного горизонту мають практично незмінний ізотопний склад внаслідок відносно постійного складу та умов формування.

Підземні вод, які знаходяться ближче до поверхні землі, можуть змінювати ізотопний склад залежно від джерел живлення. Зимні опади суттєво поповнюють запаси підземних вод, чому сприяють багаточисельні відлиги протягом зими та відновлення снігового покриву. Меженний стік джерел характеризується ізотопним складом наближеним до середньорічного ізотопного складу атмосферних опадів, а незначні коливання (рис. 2) пов'язані з забрудненням підземних вод.

Таблиця 1 – Середні значення ізотопного складу атмосферних опадів, поверхневих та підземних вод

Об'єкт	Період	$\delta^{2}\text{H}$	$\delta^{18}\text{O}$
Атмосферні опади	2013 - 2014	-56,04	-7,92
Джерельні води	2013 – 2014	-79,34	-11,14
Поверхневі води	2013 - 2014	-65,9	-8,4

Найбільш різноманітним у просторі склад ізотопів було визначено для поверхневих вод, що може бути пов'язано з зонами різного гідрохімічного складу річних вод у басейні Сіверський Донець та характеризувати рівень забруднення.

#### Висновки:

У рамках проведеного дослідження було визначено ізотопний склад атмосферних опадів, поверхневих та підземних вод у басейні річки Сіверський Донець. Також було розраховано локальну лінію метеорних вод для Харкова. Було визначено сезонні та просторові коливання ізотопного складу водопроявів та проаналізовано основні причини змін ізотопного

складу у водних регіональних екосистемах.

Розвиток моніторингу ізотопів у водних ресурсах надасть можливість отримувати додаткову інформацію про гідрологічні та гідрохімічні показники окремих басейнів та регіонів. Подальші дослідження та інтерпретація ізотопного складу потребує більшої кількості спостережень. У майбутній програмі моніторингу планується визначити ізотопи азоту, що дасть можливість оцінити ступінь нітратного забруднення вод та його походження.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Дослідження нітратного забруднення гідросфери у трансграничному районі басейну Сіверського Донця [Текст] / [авт. кол. : Виставна Ю.Ю., Яковлев В.В., Дядін Д.В. та ін.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – 6/10 (72). – С. 20 – 27. – ISSN 1729-3774.
2. Изотопный состав атмосферных осадков и карстовых источников Северо-западного склона Крымских гор [Текст] / [авт. кол. : Дублянский Ю.В., Климчук А.Б, Амеличев Г.Н. та ін.] // Спелеология и карстология. – 2012. – № 9. – С. 14 – 21. – ISSN 1997-7492.
3. Araguas-Araguas L., Froehlich K., Rozanski K. Deuterium and oxygen-18 isotope composition of precipitation and atmospheric moisture. [Text] / Hydrological Processes. – 2000. - № 14. – P. 1341–1355.
4. Baskaran Mark. Handbook of Environmental Isotope Geochemistry / Baskaran M. – Heidelberg : Springer, 2012. - 951 p. - ISBN 978-3-642-10637-8.
5. Joel R. Gat, Willem G. Mook, Harro A.J. Meijer. Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle: Principles and Applications / Vol.2. – Paris : IAEA, UNESCO, 2000 – 164 p.
6. Using Isotopes for Design and Monitoring of Artificial Recharge Systems. – Vienna : IAEA - Tecdoc-1723, 2013. – 74 p. - ISBN 978-92-0-163613-3.