

А. Бровко, асп., nastia.brovko@gmail.com

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко  
Геологический факультет, ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ И ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ НА СКОРОСТЬ РАСТВОРЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД НА ТЕРРИТОРИИ РОВЕНСКОЙ АЭС

Целью исследования есть оценка влияния величины коэффициентов фильтрации на развитие карстовых процессов и нахождения корреляционной связи между величинами коэффициентов фильтрации и содержанием ионов  $Ca^{2+}$  в подземных водах. В работе применялись систематические и статистические методы, а также метод геоинформационного подхода и сравнительного анализа.

В результате исследования обнаружено наличие корреляционной связи между количествами свободных ионов кальция в подземных водах водоносных комплексов в четвертичных и верхнемеловых отложениях и величинами коэффициентов фильтрации подземных вод. Для водоносного комплекса в четвертичных отложениях установлено наличие прямой корреляционной связи между количествами ионов кальция и величинами коэффициентов фильтрации в природных условиях и обратной связи в условиях антропогенной нагрузки. Для водоносного комплекса в верхнемеловых отложениях установлено наличие обратной связи как в природных условиях, так и в условиях антропогенной загрузки.

Для территории исследования впервые: 1) применены метод геоинформационного подхода для определения величин коэффициентов фильтрации в точках, которые соответствуют современной наблюдательной сети, но по состоянию на прошедший период; 2) применен метод непараметрической корреляции, ранговый коэффициент корреляции Спирмена, для определения корреляционной связи между величинами коэффициентов фильтрации и количествами свободных ионов кальция в подземных водах; 3) проведен сравнительный анализ полученных результатов для природных условий и условий антропогенной нагрузки.

Выявлено наличие обратной корреляционной связи между количествами ионов кальция в подземных водах и величинами коэффициентов фильтрации, а следовательно, и скорости растворения карбонатных пород от величины коэффициентов фильтрации. Выявление такой зависимости есть важным при эксплуатации водоносных комплексов, изучении антропогенного влияния на гидрогеохимическую составляющую окружающей среды техногенных объектов и проектировании разной сложности сооружений.

Ключевые слова: подземные воды, коэффициент фильтрации, Ровенская АЭС.

УДК 550.4

С. Войтович, ст. лаб., E-mail: starostasvetik@mail.ru  
кафедра фізики Землі, геологічний факультет,  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

## ЧАСОВІ ЗМІНИ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ШАХТНИХ ВОД ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. О.Є. Кошляковим)

Мета – виявити часові закономірності змін компонентного складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району, простежити часові варіації показників та встановити чинники, що її зумовили. Методика: аналітична і статистична обробка всіх зібраних геохімічних даних по шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району. Побудова діаграм відбувалась за допомогою програми Statistica.

У результаті проведено аналіз динаміки змін компонентів хімічного складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району. Встановлено наявність сезонних змін цих компонентів, а також встановлено, що природна група факторів є вирішальною у формуванні хімічного складу шахтних вод у переважній більшості випадків. Вперше встановлено особливості просторово – часових змін компонентів сольового складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району. Визначено пріоритетні фактори і закономірності формування хімічного складу шахтних вод. Проаналізовано природні та антропогенні фактори, що впливають на формування складу цих вод.

Практичне значення дослідження полягає в тому, що результати досліджень можуть використовуватись для прогнозу змін стану довкілля під впливом шахтних вод, для вибору оптимального способу очищення цих вод, а також для можливого прогнозування екологічних наслідків в інших районах, з огляду на схожість, геологічних особливостей і відмінності районів.

Ключові слова: шахтні води, хімічний склад, сезонні варіації, Червоноградський гірничопромисловий район.

**Вступ та постановка проблеми.** Червоноградський гірничопромисловий район (ЧГПР) є найбільшим вуглевидобувним комплексом Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. За останні 40–50 років екологічні умови даного району погіршилися. Некомплексне використання родовищ і формування великих обсягів відходів зумовили значне забруднення ґрунтів, гідросфери та атмосфери, призвели до утворення техногенних ландшафтів, а також сприяли активізації і розвитку небезпечних геологічних процесів [1]. Так, однією з основних екологічних проблем цього регіону є шахтні води, які є одним із основних джерел забруднення поверхневих і пов'язаних із ними підземних вод у Червоноградському гірничопромисловому районі.

За умов зростаючого негативного впливу на підземні і поверхневі води вивчення просторово-часових закономірностей змін компонентного складу шахтних вод, так само як і прогнозування таких змін становлять великий науковий і практичний інтерес. Вони необхідні для вирішення ряду теоретичних питань, пов'язаних з процесами міграції хімічних компонентів; прогнозу якості води в цьому басейні; оцінки ефективності водоохоронних заходів у басейні річки Західний Буг. Ці питання набувають особливої актуальності в умовах техногенезу.

**Аналіз останніх досліджень та виділення частини проблеми, яка не була досліджена.** До теперішнього часу об'єм інформації, присвяченої геохімії шахтних вод та часовим закономірностям змін компонентів складу цих вод не є значним. Аналіз літературних джерел показав, що велика увага приділяється питанню очищення шахтних вод різними методами, з'ясуванню їх генези. Питання розвитку видобутку вугілля та його вплив на навколишнє природне середовище розглянуто у працях Н.А. Архипова, Е.А. Єльчанінова, Л.Д. Горбачова, В.І. Ніколіна, Є.С. Матлака, М.Є. Певзнера, А.А. Малишева, А.Д. Мелькова. Питання геохімії шахтних вод висвітлені в наукових публікаціях таких вчених, як Н.І. Кононенко, А.П. Ощепкова, Б.Б. Немковський, Л.О. Петрова, О.А. Улицький, В.Г. Суярко, Ю.А. Проскурня, О.А. Шевченко, Е.А. Тарасова, Н.Г. Матвеева та ін. Проблема прогнозування хімічного складу шахтних вод стала актуальною і почала вивчатися з 80-х років ХХ ст. Дослідженням цієї проблеми займалися В.Ф. Макляк, П.В. Калигін, П.В. Білінов, Е.А. Яковлев. Аналіз літературних джерел свідчить про обмеженість наукових публікацій з проблеми, що розглядається. Часові закономірності змін компонентного складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

ну до останнього часу не вивчалися, що послужило підставою для їх дослідження.

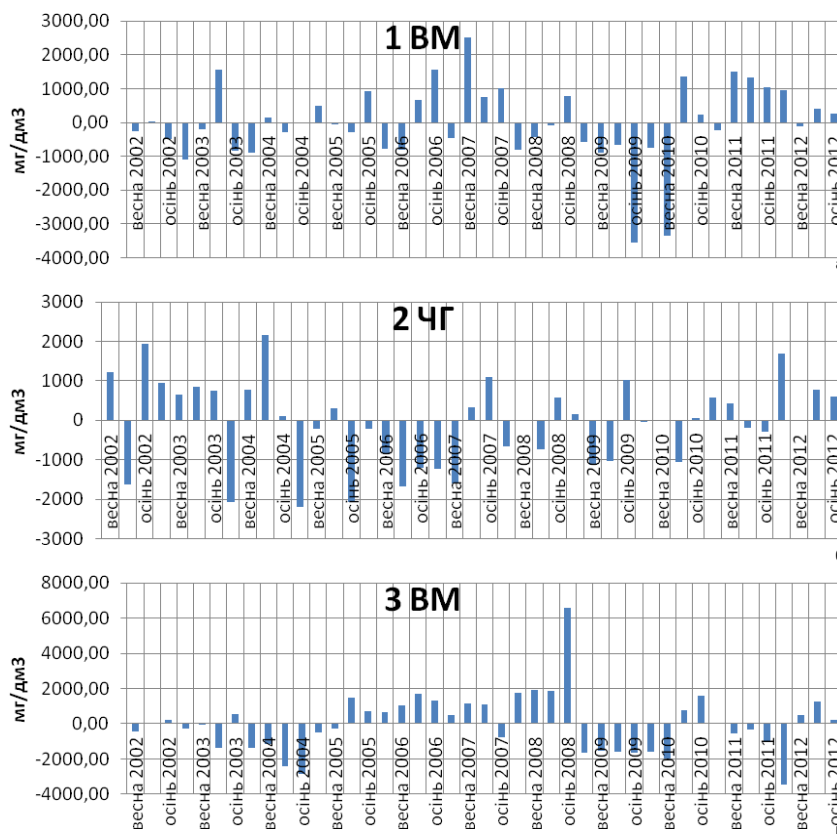
**Ціль** даної статті полягає у виявленні часових закономірностей змін компонентного складу шахтної води, простеження часової варіації показників та встановлення чинників, що її зумовили.

**Виклад основного матеріалу.** Шахтні води, стікаючи по відпрацьованому простору, збагачуються розчинами мінерального і механічного походження та завислими речовинами. Це піщані і глинисті частинки, мінеральні вкращення вугілля (кварц, пірит, карбонати), інертний пил, розчинені у воді солі і кислоти, частинки вугілля (фюзиніт, вітриніт), мінеральні масла, нафтопродукти тощо. Наявність зазначених речовин у воді спричинює її закаламучення, зумовлює забарвлення, запах, присмак, мінералізацію, кислотність і твердість. Шахтні води змінюють хімічний склад під час руху по гірських виробках [3].

Хімічний тип води визначають наявні в ній макрокомпоненти. Концентрації і можливість нагромадження в підземних водах макрокомпонентів визначаються геолого-гідрогеологічними умовами району і багато в чому

залежать від мінерального складу водовмісних порід. На формування хімічного складу шахтних вод впливають багато природних факторів, основними з яких є фізико-хімічна взаємодія води з вміщувачими породами різноманітного складу і структури при русі води від областей живлення до ділянок розвантаження або занурення водоносного горизонту. Великий вплив також надає склад води, що надходить у водоносний горизонт з різних джерел живлення: за рахунок просочування атмосферних опадів, розвантаження глибозалягаючих підземних вод, перетікання з інших водоносних горизонтів через слабкопроникні шари і літологічні вікна, залучення річкового стоку, зрошувальних вод та ін. [2, 4].

У наших дослідженнях було проаналізовано вміст основних компонентів хімічного складу шахтних вод Червоноградського гірничо-промислового району в просторі і в часі в період з 2001 до 2012 рр. Для усіх компонентів і характеристик шахтних вод побудовано графіки значень показників у часі (рис. 1). Результати проведених досліджень будуть використані в подальшому для оцінки прогнозу зміни значень показників шахтних вод.



**Рис. 1. Графіки відхилень показників мінералізації від середніх значень у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району для: а – 2 ЧГ, б – 1 VM, в – 3 VM**

*Прозорість* – це величина, яка позначає кількість зважених частинок та інших забруднювачів у шахтній воді. Прозорість обумовлена вмістом у них різноманітних пофарбованих і зважених органічних і мінеральних речовин [2]. Для усіх шахт значення прозорості змінюється від 0 до 18, а середні значення розподіляються таким чином: шахта Великомоствська (1 VM) – 7,57; шахта Червоноградська (2 ЧГ) – 14,98; шахта Межирічанська (3 VM) – 12,86; шахта Відродження (4 VM) – 14,52; шахта Лісова (6 VM) – 13,36; шахта Зарічна (7 VM) – 15,24; шахта Візейська (8 VM) – 15,51; шахта Надія (9 VM) – 10,4; шахта Степова (10 VM) – 11,73. Максимальні значення прозорості становлять 18 і спо-

стерігаються на усіх шахтах району. Прозорість води змінюється залежно від сезону: показники прозорості є максимальними в весняно-літній період, а мінімальними в зимово-осінній. Важливим чинником, що визначає прозорість води є біологічні процеси.

*Окисність шахтних вод.* Окисність – санітарний показник якості води, що відбиває вміст у ній органічних речовин, й виражається кількістю кисню в міліграмах, необхідною для їхнього окиснення. До процесів, що збагачують воду киснем, варто віднести: процес абсорбції кисню з атмосфери в поверхневі води; виділення кисню рослинністю в процесі фотосинтезу; надходження у води з дощовими і сніговими водами, що звичайно

пересичені киснем [2]. А в подальшому – інфільтрація цих вод з просочуванням їх у підземні води. У шахтних водах вміст кисню варіює в широких межах – від 2 до 27,9 мг/дм<sup>3</sup> і схильний до сезонних коливань. У шахтних водах найбільш високі концентрації спостерігаються у весняно-літній період, найбільш низькі – взимку і восени, коли в результаті утворення льодовикового покриву припиняється постачання кисню з атмосфери в поверхневі води. Збільшенню вмісту кисню у весняно-літній період зумовлене його надходження з дощовими і сніговими водами, що звичайно пересичені киснем. Максимальне значення показника окисності становить 27,9 мг/дм<sup>3</sup> (9 ВМ), мінімальні значення – 1 ВМ, 2 ЧГ, 3 ВМ, 6 ВМ, 10 ВМ (2 мг/дм<sup>3</sup>).

Середні значення окисності розподіляються для шахт ЧГПР таким чином: для 1 ВМ – 4,68 мгО/дм<sup>3</sup>; для 2 ЧГ – 4,6 мгО/дм<sup>3</sup>; для 3 ВМ – 4,65 мгО/дм<sup>3</sup>; для 4 ВМ – 5,44 мгО/дм<sup>3</sup>; для 6 ВМ – 5,53 мгО/дм<sup>3</sup>; для 7 ВМ – 4,97 мгО/дм<sup>3</sup>; для 8 ВМ – 5,03 мгО/дм<sup>3</sup>; для 9 ВМ – 7,05 мгО/дм<sup>3</sup>; для 10 ВМ – 5,36 мгО/дм<sup>3</sup>.

*pH* – один із найважливіших показників якості вод, що визначає характер протікання хімічних і біохімічних процесів. Від рівня *pH* залежить сталість різноманітних форм міграції елементів, агресивна дія води на метали і бетон [4]. Значення *pH* шахтних вод коливається в межах 2-9,1. Рівень *pH* води залежить від сезону: взимку і весною істотно зменшується, а влітку сягає максимальних значень. Середні значення *pH* для шахт ЧГПР змінюються в межах 7,35-7,99.

*Зважені речовини.* Зважені речовини, що присутні у шахтних водах, складаються з частинок глини, піску, мулу, суспендованих органічних і неорганічних речовин, планктону і інших організмів [5]. Встановлено, що вміст зважених речовин у шахтних водах ЧГПР змінюється в інтервалі 6,8-786,2 мг/дм<sup>3</sup>, максимум характерний для зимового періоду. Їхня концентрація пов'язана із сезонними факторами і з режимом стоку і залежить від танення снігу, кількості опадів (зростає внаслідок змиву з водозбору та зменшується внаслідок утворення органічних речовин), складу вміщуючих порід, а також від антропогенних факторів.

Середній вміст зважених речовин по шахтах становить: для 1 ВМ – 239,22 мг/дм<sup>3</sup>; для 2 ЧГ – 183,76 мг/дм<sup>3</sup>; для 3 ВМ – 108,87 мг/дм<sup>3</sup>; для 4 ВМ – 90,35 мг/дм<sup>3</sup>; для 6 ВМ – 117,29 мг/дм<sup>3</sup>; для 7 ВМ – 80,06 мг/дм<sup>3</sup>; для 8 ВМ – 84,16 мг/дм<sup>3</sup>; для 9 ВМ – 275,72 мг/дм<sup>3</sup>; для 10 ВМ – 126,07 мг/дм<sup>3</sup>.

*Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>.* Максимальні концентрації натрію і калію (7380 мг/дм<sup>3</sup>) виявлені в літньо-осінній період, а мінімальні (886,26 г/дм<sup>3</sup>) – зимовий. Основним джерелом надходження натрію в шахтні води є осадові породи [4]. Але велике значення мають також біологічні процеси, в результаті яких утворюються розчинні сполуки натрію, і

активізація цих процесів відбувається саме у літньо-осінній період. Зі збільшенням загальної мінералізації вміст іонів натрію і калію зростає.

Середні значення вмісту Na+K- у шахтних водах для шахт ЧГПР розподіляються таким чином: для 1 ВМ – 1916,11 мг/дм<sup>3</sup>; для 2 ЧГ – 939,78 мг/дм<sup>3</sup>; для 3 ВМ – 1387,43 мг/дм<sup>3</sup>; для 4 ВМ – 1803,92 мг/дм<sup>3</sup>; для 6 ВМ – 2880,59 мг/дм<sup>3</sup>; для 7 ВМ – 2499,71 мг/дм<sup>3</sup>; для 8 ВМ – 1522,74 мг/дм<sup>3</sup>; для 9 ВМ – 889,26 мг/дм<sup>3</sup>; для 10 ВМ – 1437,42 мг/дм<sup>3</sup>.

*Ca<sup>2+</sup>.* Найбільш високі концентрації Ca<sup>2+</sup> (до 667 мг/дм<sup>3</sup>) спостерігаються весною, а мінімальні (від 52,21 мг/дм<sup>3</sup>) – у літньо-осінній період. Підвищений вміст іонів кальцію навесні пов'язаний з легкістю вилугування розчинних солей кальцію з шару ґрунту і порід. Розчиненню сприяють мікробіологічні процеси розкладання органічних речовин, що супроводжуються зменшенням *pH* [4] (відповідно, у нас зменшення показника *pH* фіксується саме у зимово-весняний період).

Зі збільшенням мінералізації води кількість кальцію зменшується внаслідок його поєднання в малорозчинні сульфати і карбонати. Відповідно, за нашими результатами досліджень, коли значення мінералізації є максимальними (літньо-осінній період), то концентрація кальцію є мінімальною, і навпаки.

Середній вміст Ca<sup>2+</sup> у шахтних водах ЧГПР становить: для 1 ВМ – 249,77 мг/дм<sup>3</sup>; для 2 ЧГ – 55,21 мг/дм<sup>3</sup>; для 3 ВМ – 197,39 мг/дм<sup>3</sup>; для 4 ВМ – 199,22 мг/дм<sup>3</sup>; для 6 ВМ – 288,93 мг/дм<sup>3</sup>; для 7 ВМ – 221,89 мг/дм<sup>3</sup>; для 8 ВМ – 183,25 мг/дм<sup>3</sup>; для 9 ВМ – 88,26 мг/дм<sup>3</sup>; для 10 ВМ – 58,08 мг/дм<sup>3</sup>.

*Mg<sup>2+</sup>.* Магній у шахтні води надходить переважно завдяки процесам хімічного вивітрювання і розчинення доломітів, мергелів та інших мінералів [4] (саме такий присутній і в нашому геологічному розрізі). Вміст помітно коливається (8,5-373,3 г/дм<sup>3</sup>) впродовж року: максимальні концентрації спостерігаються в літньо-осінній період, мінімальні – в зимово-весняний.

Середній вміст Mg<sup>2+</sup> для шахт ЧГПР розподіляється таким чином: для 1 ВМ – 79,07 мг/дм<sup>3</sup>; для 2 ЧГ – 55,02 мг/дм<sup>3</sup>; для 3 ВМ – 87,78 мг/дм<sup>3</sup>; для 4 ВМ – 77,56 мг/дм<sup>3</sup>; для 6 ВМ – 116,54 мг/дм<sup>3</sup>; для 7 ВМ – 100,78 мг/дм<sup>3</sup>; для 8 ВМ – 88,58 мг/дм<sup>3</sup>; для 9 ВМ – 64,55 мг/дм<sup>3</sup>; для 10 ВМ – 48,68 мг/дм<sup>3</sup>.

*Cl<sup>-</sup>.* Концентрація хлоридів впродовж року також не постійна (1019,6584-3837,18 г/дм<sup>3</sup>) і змінюється при варіаціях загальної мінералізації шахтних вод. Максимальні значення встановлені в літньо-осінній період, а мінімальні – в зимово-весняний. Значні кількості хлоридів надходять у воду внаслідок взаємодії атмосферних опадів із ґрунтами [4]. А на території ЧГПР 65% опадів припадає саме на літньо-осінній період (табл. 1).

Таблиця 1

Кількість опадів в ЧГПР

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
К-сть опадів, мм.рт.ст	29	29	36	49	68	93	98	78	54	49	42	35

Середній вміст Cl<sup>-</sup> у шахтних водах становить: для 1 ВМ – 2183,6 мг/дм<sup>3</sup>; для 2 ЧГ – 1048,5 мг/дм<sup>3</sup>; для 3 ВМ – 1415,67 мг/дм<sup>3</sup>; для 4 ВМ – 2604 мг/дм<sup>3</sup>; для 6 ВМ – 3837,18 мг/дм<sup>3</sup>; для 7 ВМ – 3533,78 мг/дм<sup>3</sup>; для 8 ВМ – 1828,33 мг/дм<sup>3</sup>; для 9 ВМ – 1019,65 мг/дм<sup>3</sup>; для 10 ВМ – 2015,38 мг/дм<sup>3</sup>.

*HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.* Навесні вміст гідрокарбонатів у шахтних водах знижується (близько 490,47 г/дм<sup>3</sup>), а восени досягає максимуму (до 852,43 г/дм<sup>3</sup>). Більша частина гідрокарбонатів надходить з атмосферними опадами і ґрунтовими водами. Деяка частина гідрокарбонатних іонів надходить внаслідок

процесів хімічного вивітрювання і розчинення карбонатних порід типу вапняків, мергелів, доломітів [2].

Середній вміст HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> у шахтних водах становить: для 1 ВМ – 704,17 мг/дм<sup>3</sup>; для 2 ЧГ – 852,43 мг/дм<sup>3</sup>; для 3 ВМ – 591,08 мг/дм<sup>3</sup>; для 4 ВМ – 490,47 мг/дм<sup>3</sup>; для 6 ВМ – 619,95 мг/дм<sup>3</sup>; для 7 ВМ – 555,53 мг/дм<sup>3</sup>; для 8 ВМ – 683,54 мг/дм<sup>3</sup>; для 9 ВМ – 506,13 мг/дм<sup>3</sup>; для 10 ВМ – 597,2 мг/дм<sup>3</sup>.

*SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.* Концентрація сульфатів у шахтних водах схильна до помітних сезонних коливань і варіює від 152,59 до 1536,84 г/дм<sup>3</sup>. Максимальні концентрації сульфатів

спостерігаються в осінньо-зимовий період, а мінімальні – влітку. Значні кількості сульфатів потрапляють у водойми у процесі відмирання організмів і окислення наземних і водних речовин рослинного і тваринного походження і з підземним стоком [4].

Середній вміст  $SO_4^{2-}$  у шахтних водах становить: для 1 ВМ – 1451,57 мг/дм<sup>3</sup>; для 2 ЧГ – 236,95 мг/дм<sup>3</sup>; для 3 ВМ – 1392,59 мг/дм<sup>3</sup>; для 4 ВМ – 676,95 мг/дм<sup>3</sup>; для 6 ВМ – 1536,84 мг/дм<sup>3</sup>; для 7 ВМ – 967,9 мг/дм<sup>3</sup>; для 8 ВМ – 1011,87 мг/дм<sup>3</sup>; для 9 ВМ – 590,93 мг/дм<sup>3</sup>; для 10 ВМ – 152,59 мг/дм<sup>3</sup>.

**Сухий залишок.** Сухий залишок – умовний показник, який характеризує загальний вміст (мг/дм<sup>3</sup>) у воді роз-

чинених неорганічних і органічних речовин [2]. Максимальні концентрації були встановлені в літньо-осінній період, мінімальні – в зимово-весняний.

**Мінералізація.** Мінералізація – загальний вміст у воді мінеральних речовин (розчинених іонів, солей і колоїдів) [2]. Проведені дослідження показали зміну значень загальної мінералізації досліджуваних шахтних вод від 3107,05 до 9231,02 г/дм<sup>3</sup> (рис. 1-3), максимум яких характерний для літньо-осіннього періоду, а мінімум – для зимово-весняного. Зменшення значень мінералізації пов'язане зі зменшенням поверхнево-схилового стоку та просочування атмосферних опадів.

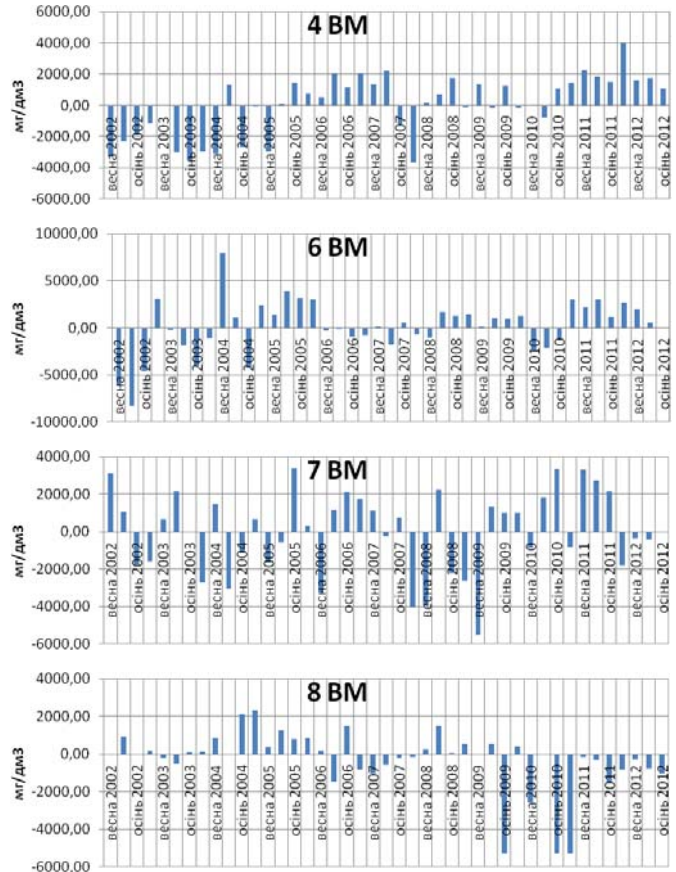


Рис. 2. Графіки відхилень показників мінералізації від середніх значень у шахтних водах Червоградського гірничопромислового району для а – 4 ВМ, б – 6 ВМ, в – 7 ВМ, г – 8 ВМ

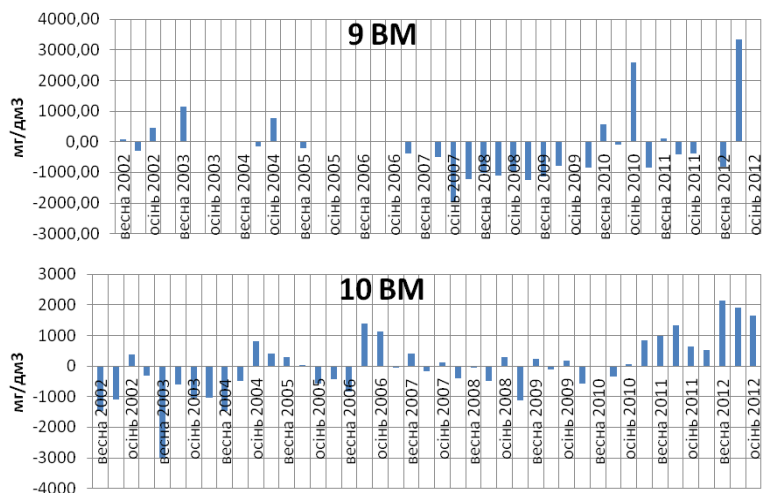


Рис. 3. Графіки відхилень показників мінералізації від середніх значень у шахтних водах Червоградського гірничопромислового району для: а – 9 ВМ, б – 10 ВМ

Середні значення мінералізації шахтних вод між шахтами ЧГПР розподіляються таким чином: для 1 ВМ – 6534,16 мг/дм<sup>3</sup>; для 2 ЧГ – 3160,15 мг/дм<sup>3</sup>; для 3 ВМ – 5010,63 мг/дм<sup>3</sup>; для 4 ВМ – 5813,58 мг/дм<sup>3</sup>; для 6 ВМ – 9231,02 мг/дм<sup>3</sup>; для 7 ВМ – 7842,44 мг/дм<sup>3</sup>; для 8 ВМ – 5257,31 мг/дм<sup>3</sup>; для 9 ВМ – 3107,05 мг/дм<sup>3</sup>; для 10 ВМ – 4291,5 мг/дм<sup>3</sup>.

**Нітратна група.** Азот присутній у воді у вигляді як неорганічних, так і різноманітних органічних сполук. Неорганічні сполуки азоту – амоній NH<sub>4</sub>, нітрити NO<sub>2</sub><sup>-</sup> та нітрати NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Азот надходить у підземні води з різноманітних джерел: атмосфери, ґрунтів і гірських порід, з якими контактує вода в процесі фільтрації, а також привноситься з надр по зонах тектонічних розломів [1, 2]. Важливим джерелом забруднення підземних вод сполуками азоту є терикони вугільних шахт, що горять. При горінні териконів відбувається утворення техногенних азотвміщуючих мінералів. Під впливом атмосферних опадів відбувається руйнування цих мінералів. У результаті утворюються нітрити і нітрати, що інфільтруються у підземні води, забруднюючи останні.

Аміак є початковим продуктом гниття органічних речовин, і тому його наявність у воді вказує на свіже забруднення її органічними речовинами. При більш давньому забрудненні у воді будуть накопичуватися кінцеві продукти мінералізації органічних речовин – нітрати [2]. Таким чином, по наявності у воді аміаку, нітритів або нітратів можна судити про давнину забруднення води.

Спостерігається чітка залежність між вмістом в підземних водах сполук азоту та рН підземних вод. Нітрат-іон (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) і нітрит-іон (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) є характерними для обстановки окислення, а іон амонію (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) – відновлення.

Вміст нітритів у шахтних водах становить 0,004-2,32 мг/дм<sup>3</sup>. Сезонні варіації вмісту нітритів характеризуються низкими концентраціями взимку, їх підвищенням у весняний період за рахунок розпаду неживої органічної речовини. Найвищі концентрації нітритів спостерігаються улітку, їхня присутність пов'язана з активністю фітопланктону. Восени вміст нітритів зменшується.

Вміст нітратів у водах складав від 0,01 до 2,63 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрація нітратів у шахтних водах схильна до сезонних коливань: мінімальна у зимовий період, вона збільшується весною і досягає максимуму влітку.

Концентрація амонію протягом періоду спостережень змінювалась від 0,02 до 6,98 мг/дм<sup>3</sup>, підвищення його вмісту було характерним для весняно-літнього періоду, а пониження – для зимового.

#### Висновки

S. Voitovych, Senior Laboratory Assistant  
Chair of Physics of the Earth Department  
e-mail: starostasvetik@mail.ru  
Ivan Franko National University of Lviv  
4, Hrushevskoho Str. Lviv, Ukraine ,79005

#### PIT WATER CHEMICAL COMPOSITION VS TIME FACTOR IN THE CHERVONOHRAH MINING REGION

*The purpose of the paper is to identify patterns of changes in pit water chemical composition in Chervonohrad mining region conditioned by time, to trace time variations, and determine the factors.*

*The research involved a method of analytical and statistical processing of the pit water geochemical data in Chervonohrad mining region based on Statistica-built diagrams.*

*The analysis of the pit water chemical composition in Chervonohrad mining region concludes the presence of seasonal changes in the pit water chemical composition, and states natural conditions to be essential in forming its chemical composition.*

*There have been studied spatial-temporal changes in the saline composition of the pit water in Chervonohrad mining region, factors that precondition pit water chemical composition, correlation between natural and artificial conditions, and their effects on pit water chemical composition.*

*A practical value of the study is that the data obtained can be used to forecast threats to the environment caused by pit water, to propose ways of water treating, and to predict adverse environmental effects in the areas of similar geological features.*

*Key words: pit water, chemical composition, seasonal variation, Chervonohrad mining region.*

З усього, сказаного вище, встановлено, що формування хімічного складу шахтних вод відбувається під дією двох груп факторів – природних та антропогенних, але, враховуючи наведені вище дані, можна стверджувати, що вирішальною у переважній більшості випадків є природна група факторів, а саме: взаємодія води з вміщуючими породами різноманітного складу; склад води, що надходить у водоносний горизонт з різних джерел живлення – за рахунок просочування атмосферних опадів, розвантаження глибокозалегаючих підземних вод, перетікання з інших водоносних горизонтів.

Отримані результати можуть застосовуватися для прогнозування змін стану довкілля ЧГПР під впливом шахтних вод і для можливого прогнозування екологічних наслідків у інших районах з огляду на схожість геологічних особливостей та відмінності районів. Висновки, зроблені на підставі проведеної роботи, варто враховувати при виборі оптимального способу очищення шахтних вод, а також при розробці найбільш ефективних захисних рішень щодо охорони навколишнього природного й техногенного середовища.

#### Список використаних джерел

1. Бучацька Г.М., (2002). Гідрогеологічні умови та гідрогеохімічна зональність Львівсько-Волинського вугільного басейну. ВЛУ. Серія геологічна, 16, 144-154.
2. Buchats'ka H.M., (2002). Geochemical and hydrogeochemical features Chervonograd mining industrial region. *Visnyk L'viv's'koho universytetu. Seriya heolohichna*, 16, 144-154 (In Ukrainian).
3. Крайнов С.Р., Швець В.М., (1992). Гідрогеохімія. М.: Недра, 463 с. Крайнов С.Р., Шветс В.М., (1992). *Hydroheokhimiya* [Hydrogeochemistry]. Moscow, Nedra, 463 p. (In Russian).
4. Струев М.И., Исаков В.И., Шпакова В.Б. и др., (1984). Львовско-Волынский бассейн: Геолого-промышленный очерк. К., 273 с. Struev M.Y., Ysakov V.Y., Shpakova V.B. et al., (1984). *L'vovskovo-Volynskyy basseyn: Heoloho-promyshlennyy ocherk* [Lvov-Volyn basin: Geological and industrial essay]. *Kyiv, Naukova dumka*, 273 p. (In Russian).
5. Суярко В.Г., (2010). Гідрогеохімія (геохімія підземних вод). Харків, ХНУ імені В.Н.Каразіна, 112 с. Suyarko V.H., (2010). *Hidroheokhimiya (heokhimiya pidzemnykh vod)* [Hydroheokhimiya (groundwater geochemistry)]. *Kharkov, KhNU imeni V.N.Karazyna*, 112 p. (In Ukrainian).
6. Ярош Ю., Харкевич В., (2003). Хімізм шахтних вод Червоноградського гірничо – промислового району як один із чинників негативного впливу на геологічне середовище. ВЛУ. Серія геологічна, 17, 137-147. Yarosh Yu., Kharkevych V., (2003). *The chemistry of mine water Chervonograd mining – industrial region as one of the negative factors affecting the geological environment. Visnyk L'viv's'koho universytetu. Seriya heolohichna*, 17, 137-147 (In Ukrainian).

Надійшла до редколегії 29.05.14

С. Войтович, ст. лаб., starostasvetik@mail.ru,  
кафедра фізики Землі, геологічний факультет  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
ул. Грушевського, 4, г. Львів, 79005, Україна

### ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ШАХТНЫХ ВОД ЧЕРВОНОГРАДСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

*Цель – выявить временные закономерности изменений компонентного состава шахтных вод Червоноградского горнопромышленного района, проследить временные вариации показателей и установить факторы, которые ее обусловили. Методика: аналитическая и статистическая обработка всех собранных геохимических данных по шахтным водам Червоноградского горнопромышленного района. Построение диаграмм происходила с помощью программы Statistica.*

*В результате проведен анализ динамики изменений компонентов химического состава шахтных вод Червоноградского горнопромышленного района. Установлено наличие сезонных изменений этих компонентов, а также установлено, что естественная группа факторов является решающей в формировании химического состава шахтных вод в большинстве случаев. Впервые установлены особенности пространственно – временных изменений компонентов солевого состава шахтных вод Червоноградского горнопромышленного района. Определены приоритетные факторы и закономерности формирования химического состава шахтных вод. Проанализированы природные и антропогенные факторы, влияющие на формирование состава этих вод.*

*Практическое значение исследования заключается в том, что результаты исследований могут использоваться для прогноза изменений состояния окружающей среды под влиянием шахтных вод, для выбора оптимального способа очистки этих вод, а также для возможного прогнозирования экологических последствий в других районах, учитывая сходство геологических особенностей и отличий районов.*

*Ключевые слова: шахтные воды, химический состав, сезонные вариации, Червоноградский горнопромышленный район.*

## ГЕОЛОГІЧНА ІНФОРМАТИКА

УДК 550.3 (519.21)

З. Вижва, д-р фіз.-мат. наук, доц.,  
E-mail: zoya\_vyzhva@ukr.net

В. Демидов, канд. фіз.-мат. наук, асист., E-mail: fondadl@ukr.net

А. Вижва, асп., E-mail: motomustanger@ukr.net

Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Геологічний факультет, вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

### ДОСЛІДЖЕННЯ ГУСТИНИ КРЕЙДЯНОЇ ТОВЩІ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО НА ПРОММАЙДАНЧИКУ РІВНЕНСЬКОЇ АЕС ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МОДЕЛІ КОШІ

*(Рекомендовано членом редакційної колегії канд. геол. наук О.І. Меньшовим)*

*Робота присвячена подальшій розробці теорії та методів статистичного моделювання (методів Монте-Карло) випадкових процесів та полів на основі їх спектральних розкладів, а також застосуванню таких методів до розв'язання актуальних задач геофізичного моніторингу довкілля. Для даних дослідження густини товщі крейдианих відкладів на території проммайданчика Рівненської АЕС розроблено нову ефективну методику чисельного моделювання випадкових 3D полів. Розглянуто задачу статистичного моделювання реалізацій випадкового поля "шуму" для даних густини крейдианої товщі у тривимірному просторі.*

*Із 3D даних густини крейдианої товщі було виділено 2D дані на трьох рівнях глибини залягання порід (28, 29, 30 м від поверхні). На кожному рівні дані було представлено у вигляді суми детермінованої та випадкової складових. Детермінована 2D трендова поверхня була побудована за допомогою сплайнової інтерполяції. Випадкова складова (так званий "шум") – це однорідне ізотропне 2D випадкове поле.*

*Сформульовано алгоритм для генерування реалізацій випадкового поля "шуму" для даних густини крейдианої товщі із кореляційною функцією типу Коші на основі оцінки середньоквадратичної апроксимації випадкових полів, що розглядаються. Сконструйовано статистичну модель для гауссівських однорідних та ізотропних випадкових полів у тривимірному просторі, які задано своїми статистичними характеристиками.*

*На основі підібраної статистичної моделі та розробленого алгоритму побудовано оригінальну програму Spectr 3 для чисельного моделювання реалізацій значень даних у тривимірному випадку. Додатково змодельовано 300 зімітованих значень даних густини крейдианої товщі в проміжках між точками спостережень для кожного рівня. Проведено ефективне порівняння точності моделювання запропонованого методу та методу TBM (turning band method).*

*Впроваджено метод статистичного моделювання реалізацій випадкових 3D полів на основі спектральних розкладів у вирішенні проблем кондиційності карт шляхом доповнення даних густини крейдианої товщі до необхідної детальності. Розроблено універсальний метод чисельного моделювання геофізичних даних, який дає можливість вирішити проблеми генерування реалізацій випадкових полів у тривимірному просторі на сітці необхідної детальності та регулярності.*

*Ключові слова: геофізичний моніторинг природних процесів, крейдиані породи, статистичне моделювання.*

**Вступ.** У геофізиці більшість результатів досліджень отримують у цифровому вигляді, зокрема і дані в тривимірному просторі (в просторі 3D), які представляють собою вимірювання геофізичних показників, що спостерігаються, в залежності від трьох просторових координат, або від часу та двох просторових координат. Проте, на практиці точність отриманих даних залежить від різних випадкових впливів, які необхідно враховувати при обробці цих даних. Крім того, виникає проблема кондиційності карт, коли дані для їх побудови неможливо отримати у всій повноті або із потрібною детальністю на деяких ділянках області дослідження. Тоді в таких ситуаціях для доповнення результатів вимірювань даними, яких не вистачає, часто

рекомендується застосовувати методи статистичного моделювання (методи Монте-Карло) реалізацій випадкових процесів та випадкових функцій у багатовимірному просторі (випадкових полів) [1-8].

**Об'єкт дослідження та методика застосування статистичного моделювання до 3D даних спостережень.** У роботі об'єктом дослідження є просторові дані моніторингових спостережень на території розташування РАЕС. Проводився комплекс геофізичних досліджень, серед яких використовувались сейсморозвідка КМЗХ (1983-1984 рр), електророзвідка ВЕЗ (1978-1979 рр), міжсвердловинне прозвучування (1983 р), радіоактивний каротаж (1982-1983 рр), резистивиметрія в свердловинах (1982 р) та ін.