

natural water river Stryj that the following conditions are characterized by powerful capacity to cleanse itself, despite the significant human impacts.

Keywords: river Stryj, hydrodynamic barrier, cavitation, water treatment, aeration, dissolution of oxygen in the water

УДК [574.63: 627,8] [282.447.32]

Г.М. БУЧАЦЬКА

Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів, 79005, Україна

## **ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОД ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ГІДРОГЕОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Видобуток кам'яного вугілля та його збагачення в межах Червоноградського гірничопромислового району (ЧГПР) призводить до складування відходів у відвали та екзогенних змін їхнього мінерального складу, визначеного методом рентгенодифракційного аналізу. При цьому відбувається утворення забруднених кислих сульфатних вод, які потрапляють у геофільтраційне поле. Гідрогеологічним моделюванням показано закономірності руху забруднених вод від техногенних об'єктів (породних відвалів, хвостосховищ, гідровідвалів, відстійника шахтних вод) до ділянок природного розвантаження – річки Західний Буг, Рата та Солокія, а також до підземних водозаборів, насамперед до Соснівського водозабору, води якого у середині 90-х років спричинили спалах гіпоплазії та флюорозу у дітей.

*Ключові слова:* Червоноградський гірничопромисловий район, відходи видобутку, збагачення, відвали, кислі сульфатні води, природні води, водозабори, гідрогеологічне моделювання

Червоноградський гірничопромисловий район (ЧГПР) є найбільш техногенно навантаженою територією не тільки Львівської області, але й усієї Західної України. При плануванні освоєння вугільних покладів, де видобуток розпочався 1957 року, домінував не зовсім раціональний підхід. Первинним при проектуванні інфраструктури було просторове розташування копалень та виробничих комплексів. У другу чергу планувалось розміщення житлової забудови. В останню чергу – централізоване водопостачання промисловості та населених пунктів з розвідкою водозаборів і їх експлуатацією, без врахування того, що воду можна отримати не там, де вона потрібна, а там, де вона є. Не продумувались питання щодо екологічних наслідків такої діяльності, одними з яких є зміна гідрохімічного складу та забруднення вод.

### **Матеріал і методи досліджень**

Збір первинного фактичного матеріалу, польові дослідження, опробування природних вод здійснювалось при маршрутних обстеженнях. Гідрохімічні аналізи вод здійснювались за стандартними методиками. Хімічний склад поверхневих вод є інтегральною характеристикою, що охоплює вплив природних та антропогенних чинників. Вміст головних іонів та мінералізація води визначаються характером поверхні басейну ріки, умовами живлення річок та впливом техногенних об'єктів. Опрацьовано значний масив фондових матеріалів з хімічного складу підземних та поверхневих вод. При цьому застосовано системний підхід, що оптимізує мережу опробування, враховує причинно-наслідкові зв'язки залежності процесів формування хімічного складу вод від геологічної будови та техногенного навантаження. Для виявлення зв'язків та залежностей застосовано методи гідрогеологічного моделювання за допомогою програмного пакету Visual ModFlow, створеного фірмою Waterloo Hydrogeologic Software (Канада).

### Результати досліджень та їх обговорення

Поклади вугілля в межах розробляли 12 копалень, чотири з яких натепер закриті. Вуглевмісні породи та некондиційне вугілля складають біля кожної з копалень у вигляді териконів різної форми. Крім того, видобуте вугілля збагачують, відтак крупні фракції відходів (більше 50 мм) складають у відвалі, а тонкі (0,1-0,2 мм) – у хвостосховищах. Усі ці об'єкти знаходяться під відкритим небом, незахищені від атмосферних опадів і вода, проникаючи крізь їхню товщу, перетворюється на кислі інфільтрати з мінералізацією від 3 до 30 г/дм<sup>3</sup>. Їхній стік у поверхневі та особливо підземні води призводить до того, що забруднюються водозабори, у м. Соснівка 1995 року зафіксоване зростання захворюваності на флюороз зубів. Екологічний стан ЧГПР оцінюють як близький до надзвичайно небезпечного.

Через територію гірничопромислового району у північному напрямі протікає р. Західний Буг з численними притоками, з яких головні Рата і Солокія. Сучасний гідрохімічний режим р. Західний Буг та її приток за головними іонами має чітко виражений сезонний характер через зміну протягом року ролі різних видів живлення. Зокрема, навесні, коли зростає поверхневий стік, у воді Західного Бугу концентрації головних іонів та мінералізація води (499 мг/дм<sup>3</sup>) є мінімальними. У меженні періоди, при зменшенні поверхнево-схилового стоку та збільшенні підземного живлення, мінералізація води зростає – від 530 мг/дм<sup>3</sup> (літньо-осіння межень) до максимальних значень – 581 мг/дм<sup>3</sup> (зимова межень). Аналогічно змінюються і концентрації головних іонів.

Межі коливань концентрацій головних іонів та мінералізації води (414-524 мг/дм<sup>3</sup>) приток у різні сезони близькі до змін головних компонентів у воді Західного Бугу. У всі сезони у воді р. Західний Буг та її приток переважають іони  $\text{HCO}_3^-$  та  $\text{Ca}^{2+}$  [3].

З метою дослідження гідрохімії лівої притоки Західного Бугу – річки Рати відібрано проби, зокрема у верхній частині басейну річки в с. Липник та м. Рава-Руська Жовківського району (рисунок). Вода тут гідрокарбонатно-кальцієвого складу з мінералізацією від 0,43 до 0,6 мг/дм<sup>3</sup>. Загальна твердість води становить 5,4-6,5 мг-екв/дм<sup>3</sup>. Нижче за течією річки в с.с. Бутини, Двірці, Волиця Сокальського району вода також гідрокарбонатно-кальцієвого складу. Мінералізація цієї води змінюється від 0,49 до 0,59 мг/дм<sup>3</sup>. Загальна твердість – 5,7-6,2 мг-екв/дм<sup>3</sup>.

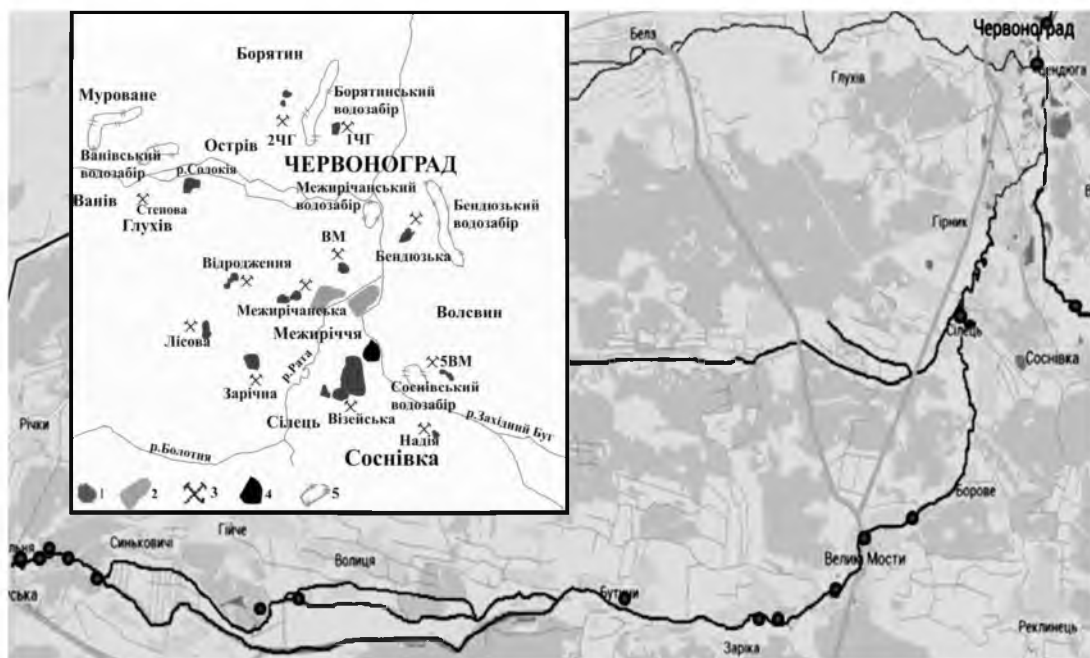


Рис. Ділянки опробування р. Рати та схематична карта Червоноградського ГПР: 1 – терикон, 2 – хвостосховище, 3 – шахта, 4 – відстійник шахтових вод, 5 – водозабір

У районі видобування кам'яного вугілля в сс. Городище, Межиріччя вода р. Рати має таку ж мінералізацію 0,52-0,54 мг/дм<sup>3</sup> і гідрокарбонатно-кальцієвий склад з нейтральним середовищем. Відтак вода р. Рати має природний гідрокарбонатно-кальцієвий склад невеликою мінералізацією, що змінюється від 0,43 до 0,68 мг/дм<sup>3</sup>.

У межах Червоноградського ГПР були опробовані техногенні водойми (див. рисунок). У ставку-накопичувачі вод копалень мінералізація становить 3,63-4,44 мг/дм<sup>3</sup> (в південно-західній і північно-східній частинах). Хімічний склад води – хлоридно-натрієвий при нейтральному середовищі. Ще в одному техногенному об'єкті – мулонакопичувачі – мінералізація води становить 1,77 мг/дм<sup>3</sup>, середовище близьке до нейтрального з рН 6,8. Вода в цьому об'єкті має сульфатно-хлоридний кальцієво-магнієвий склад.

У невеликих ставках, які утворились поблизу відвалу Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) у південно-східному напрямі, вода сульфатного кальцієвого складу. У ставку, що знаходиться у 700 м від відвалу, мінералізація становить 1,62 мг/дм<sup>3</sup>, а у ставку за 500 м від відвалу – 0,68 мг/дм<sup>3</sup>. У першому випадку середовище слабко кисле з рН 6,25 і вода тверда (загальна твердість – 20 мг-екв/дм<sup>3</sup>), у другому – кисле з рН 4,3 і вода має загальну твердість 8,8 мг-екв/дм<sup>3</sup>. У безстічних ділянках у північно-західному напрямі від відвалу інфільтрат має мінералізацію від 6,8 до 23,2 г/дм<sup>3</sup> з водневим показником 3,3 та 3,15. Такий хімічний склад вод у цих об'єктах можна пояснити розмиванням порід відвалу ЦЗФ. Також був опробований інфільтрат з териконів, мінералізація якого змінюється від 3 (копальня Відродження) до 24 г/дм<sup>3</sup> (копальня Лісова).

Атмосферні опади потрапляють на техногенні об'єкти і проходячи через них, змінюють свій хімічний склад та стають забрудненими. Потрапляючи у геофільтраційне поле, забруднена вода мігрує до зон розвантаження в природні водотоки – ріки Західний Буг, Солокія та інші чи штучні водозабори. Досліджувана територія є рівнинною, іноді безстічною, тому інфільтрат зрідка потрапляє у поверхневі водні об'єкти, а частіше надходить до підземних водоносних горизонтів. Там він мігрує за напрямом потоків у четвертинному водоносному горизонті. На шляху руху інфільтрату є мульди просідання, які утворилися від видобування вугілля, і в них відбувається акумуляція цих вод. На тих ділянках, де утворились мульди осідання, у водоносних горизонтах у четвертинних та верхньокрейдових відкладах з'явилися аналогічні заглиблення. Ці ділянки стають зонами акумулювання забруднених стоків, які надходять з териконів. По водотриву в основі терикону інфільтрат стікає і біля контуру терикона потрапляє у четвертинний водоносний горизонт.

Головними рухомими продуктами реакції окиснення піриту з пустої породи териконів є Fe<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2+</sup>, H<sup>+</sup>. Надходження згаданих компонентів призводить до зміни природної гідрогеохімічної обстановки. Підземні води зазнають повної техногенної метаморфізації з формуванням підземних вод сульфатного типу. Ці води мають високу мінералізацію (3 г/дм<sup>3</sup> – копальня Відродження і 24 г/дм<sup>3</sup> – копальня Лісова) і, відповідно, більшу густину. Важчі солоні води рухаються вниз до підшови водоносного горизонту в четвертинних відкладах і акумулюються в заглибленнях від просідання. Оскільки суцільність порід уже є порушеною, по тріщинах ці води рухаються далі вниз до тріщинуватої зони водоносного горизонту у відкладах верхньої крейди. Важчі солоні води швидше рухаються у нижній частині пласта й акумулюються на ділянках просідання. Ці ділянки з акумульованим стоком є об'єктами, що підживлюють водозабори забрудненими водами.

За умов порушеного геологічного середовища, поверхневого річкового стоку, гідрогеологічне моделювання є одним з найважливіших методів для з'ясування закономірностей руху підземних вод та прогнозування техногенних змін. Ці завдання можна ефективно виконати за допомогою спеціального програмного забезпечення, яким є програма Visual ModFlow, створена фірмою Waterloo Hydrogeologic Software (Канада). Програма призначена для моделювання течій підземних вод та міграції в них розчинних речовин [1, 2, 4, 5, 9, 10]. За результатами гідрогеологічного моделювання з'ясовано, що забруднені інфільтрати від відвалу Центральної збагачувальної фабрики, териконів шахти Надія та 5 Великомоствіська, а також гідровідвалу та хвостосховища потрапляють у підземні води четвертинного водоносного горизонту, де акумулюються у мульдах просідання, перетікають по

зонах периферійної тріщинуватості у верхньокрейдовий водоносний горизонт та стягуються роботою Соснівського водозабору (глибина свердловин 90 м). Під час роботи водозаборів рух підземних вод змінюється – у ході відкачування проходить підтягування інфільтрату до свердловин. Вода Соснівського водозабору сульфатно-гідрокарбонатна переважно хлоридно-гідрокарбонатна натрієва, магнієво-натрієва з мінералізацією 0,56-0,98 г/дм<sup>3</sup>. Крім цього водозабору водоносний горизонт у верхньокрейдових відкладах експлуатують ще кількома водозаборами.

### Висновки

За результатами гідрогеологічного моделювання можна зробити висновок: Бендюзький, Межирічанський та особливо Соснівський водозабори запроектовані у край невдалому місці. Соснівський водозабір є надто глибоким, стягує значну частину стоків у підземні води і тому його не можна використовувати для питного водопостачання. Якість річкових вод суттєво погіршується біля найбільших териконів та породного відвалу збагачувальної фабрики.

1. *Гавич И. К.* Гидрогеодинамика / И. К. Гавич. – М.: Недра, 1988. – 349 с.
2. *Євграшкіна Г. П.* Гідрогеологія та основи гідромеліорації: навчальний посібник / Г. П. Євграшкіна, В. В. Войцеховська. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2010. – 121 с.
3. *Забокрицька М. Р.* Про сучасний гідрохімічний режим р. Західний Буг та її приток / М. Р. Забокрицька // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вип. 251. – С.135–140.
4. *Мироненко В. А.* Динамика подземных вод / В. А. Мироненко – М.: Недра, 1983. – 358 с.
5. *Рудаков Д. В.* Математичні методи в охороні підземних вод: навч. посібник / Д. В. Рудаков. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2012. – 158 с.
6. *Руденко Ф. А.* Гідрогеологія Української РСР / Ф. А. Руденко. – К.: Вища школа, 1972. – 174 с.
7. *Рудько Г. І.* Екологічний стан геологічного середовища як фактор масового захворювання дітей флюорозом у ЧГПР / Г. І. Рудько, Ю. П. Скатинський, В. П. Федосеев [та ін.] // Мін. ресурси України. – 1997. – № 4. – С. 34–42; 1998. – № 5. С. 17–23.
8. *Шестопалов В. М.* Естественные ресурсы подземных вод платформенных артезианских бассейнов Украины / В. М. Шестопалов. – К.: Наукова думка, 1981. – 195 с.
9. *Doble R. C.* Using MODFLOW 2000 to model ET and recharge for shallow ground water problems / R. C. Doble, C. T. Simmons, G. R. Walker // Ground Water. – 2009. – Vol. 47, № 1. – P. 129–135.
10. *Nilson G.* Visual MODFLOW version 2.00: guidebook / Guiguer Nilson, Franz Thomas. – Toronto: Waterloo Hydrogeologic Software, 1996. – 231 p.

*А.М. Бучацкая*

Львовский национальный университет имени Ивана Франко, Украина

### ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ЧЕРВОНОГРАДСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Добыча каменного угля и его обогащение в пределах Червоноградского ГПР приводит к складированию отходов в отвалы и экзогенным изменениям их минерального состава, определенного методом рентгенодифракционного анализа. При этом происходит образование загрязненных кислых сульфатных вод, попадающих в геофильтрационное поле. Гидрогеологическим моделированием показано закономерности движения загрязненных вод от техногенных объектов (породных отвалов, хвостохранилищ, гидроотвала, отстойника шахтных вод) к участкам естественной разгрузки – рек Западный Буг, Рата и Солокия, а также к подземным водозаборами, прежде всего к Сосновскому водозобору, воды которого в середине 90-х годов привели к вспышке гипоплазии и флюороза у детей.

*Ключевые слова:* Червоноградский горнопромышленный район, отходы добычи, обогащения, отвалы, кислые сульфатные воды, природные воды, водозаборы, гидрогеологическое моделирование

H.M. Buchatska

Ivan Franko Lviv National University, Ukraine

## LAWS OF FORMATION WATER CHEMICAL COMPOSITION IN CHERVONOGRAD MINING REGION FOR RESULTS OF HYDROGEOLOGICAL MODELING

Coal mining and enrichment within Chervonograd mining region leads to storage of waste in dumps and exogenous changes in their mineral composition determined by X-ray diffraction analysis. In this case, the formation of acid sulphate contaminated water entering the geofiltration field. Hydrogeological modeling shows patterns of movement of contaminated water from man-made objects (waste dumps, tailings, hydraulic dump, sump mine water) to areas of natural discharge – rivers Zahidny Bug, Rata and Solokiya, as well as underground water intake, primarily to Sosnowski wells, whose waters in mid-90s led to the outbreak of hypoplasia and fluorosis in children.

Keywords: Chervonograd mining region, mining waste, tailings, dumps, acid sulfate water, natural water, water intakes, hydrogeological modeling

УДК 597.551.2:661.162.2

К.В. БІБЧУК, А.О. ЖИДЕНКО

Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка  
вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів, 14013, Україна

## СТАН КОРОПОВИХ РИБ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДІВ

---

В статті порівнюються дослідження з вивчення дії гербіцидів на риб в природних водоймах та в модельних експериментах. В сучасних умовах розвитку сільського господарства, зокрема в Чернігівській області, широко використовуються гербіциди на основі гліфосату, що становить загрозу для життєдіяльності гідробіонтів. У риб (головень, плоскирка, плітка, синець, карась срібний), виловлених з природної водойми, де був зафіксований підвищений вміст гліфосату, яскраво виражених зовнішніх змін виявлено не було, що може бути пояснене загибеллю або пригніченими харчовими функціями найбільш чутливих особин. В умовах модельного експерименту при дії 0,4 мг/дм<sup>3</sup> гліфосату в карася спостерігалася роздутість тіла, вирячені очі, підвищена кількість слизу, виразки, геморагії, зміни в стані шкіри, зябер, структурі печінки, жовчного міхура, вмісті кишковика тощо.

*Ключові слова: гліфосат, гербіциди, природні водойми, модельний експеримент, карась, короп*

Чернігівська область є однією з найбагатших за запасами водних ресурсів [3], гідрографічна мережа її належить до басейну Дніпра. Територією області протікають 1570 річок загальною довжиною 8369 км, густина річкової мережі становить 0,26-260 м на 1 км<sup>2</sup>. В цих водоймах природного походження, а також в штучно створених водних об'єктах у 2013 р. найбільше було виловлено коропа (535 т) і товстолобика (204 т), меншу кількість ляща (27 т), сома (18 т), щуки (17 т), линя (1 т), судака (1 т), інших видів риб (плоскирка, плітка, окунь, укля, карась, синець тощо – загалом 302 т) [3]. Разом з тим високий агропромисловий потенціал, яким володіє Чернігівська область, може нести загрозу для іхтіофауни природних екосистем.

Мета дослідження: вивчити ступінь загрози від використання гербіцидів для коропових риб, як основного промислового і модельного об'єкта, в природних і штучних умовах.

### Матеріал і методи досліджень

Дослідження здійснювалося в два етапи. На першому проводилися експедиції до природних водойм, поля навколо яких засівалися культурами, активно оброблюваними гербіцидами на основі гліфосату. З даних водних джерел були відловлені представників п'яти різних видів прісноводних риб, зовнішній вигляд яких фіксувався за допомогою фотоапарату. На другому етапі був проведений експеримент в лабораторії екологічної біохімії водних організмів