

## ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ ОХОРОНИ ПІДЗЕМНИХ ВОД В РАЙОНІ ВИДОБУТКУ КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ

Я.М.Семчук, Л.В.Палійчук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42196  
e-mail: public@nung.edu.ua

*Приведены результаты исследований влияния техногенных факторов на окружающую среду, особенно на подземные и поверхностные воды. Эти факторы должны быть установлены на стадии предварительной разведки месторождений. Объединение техногенных и природных критериев прогноза определяет направление и характер изменений качества поверхностных и подземных вод; их анализ позволяет прогнозировать масштабы и интенсивность этих изменений.*

*The research results of the man-caused factors effect on environment are adduced, particularly on the bottom and surface water. These factors should have been determined at the stage of preliminary exploration. Combination of the man-caused and natural forecast criteria defines tendency and nature of the quality change of the bottom and surface water; their analysis allows forecasting the scale and intensity of these changes.*

Аналіз літературних даних та результатів досліджень районів видобутку калійних солей на Прикарпатті свідчить, що під час розробки калійної, кам'яної солей та інших видів розчинної гірничо-хімічної сировини поблизу шахт, кар'єрів, накопичувачів твердих та рідких відходів спостерігається інтенсивний негативний вплив різноманітних техногенних факторів на навколишнє середовище і особливо на підземні та поверхневі води. Це може призвести до:

- погіршення якості підземних вод, що використовуються для водопостачання;
- виснаження запасів підземних вод внаслідок пониження рівня води та осушування кар'єрів;
- погіршення якості поверхневих вод, пов'язаних з підземними;
- карстові провали на поверхні землі;
- засолення ґрунтів під час розвіювання пилоподібних відходів.

Можливість розвитку цих несприятливих процесів, їх характер та масштаби проявів повинні бути оцінені на основі комплексних (в тому числі гідрологічних) досліджень, які виконуються на стадіях розвідки родовищ, при виборі ділянок для розміщення гірничих виробок, складування сировини та відходів хімічних і збагачувальних фабрик, а також при проектуванні, будівництві та експлуатації цих об'єктів.

Завданням гідрологічних досліджень для обґрунтування охорони підземних вод в районах видобутку калійних солей є:

- оцінка загальної геологічної та гідрогеологічної ситуації;
- виявлення водоносних горизонтів, які знаходяться в несприятливих умовах;
- оцінка їх важливості для існуючого або перспективного водопостачання, зрошення;
- вивчення та оцінка природної захищеності водоносних горизонтів від забруднення;
- вивчення основних природних і технологічних факторів, які визначають швидкість міг-

рації забруднень у водоносному горизонті (водопроникність і товщина водоносних горизонтів та слабкопроникних порід, що їх розділяють); анізотропія фільтраційних властивостей у профілі, в плані водоносного горизонту; хімічний склад та розхід стічних вод, що фільтруються; гідродинамічні характеристики джерела забруднення: точкове, лінійне, площинне, стаціонарне, періодичне, параметри масового перенесення у водоносному горизонті;

– прогнозування можливих змін природної якості і режиму підземних вод під впливом техногенних факторів;

– рекомендації найбільш сприятливих умов розвитку гірничих робіт, які сприяють зменшенню шкідливого впливу розробки корисних копалин на навколишнє середовище, а також на підземні води;

– обґрунтування виділення зон санітарної охорони водозаборів підземних вод у районі родовища;

– рекомендації щодо розміщення спостережних свердловин і змісту моніторингу якості підземних вод.

Результати гідрологічних досліджень та спостережень повинні бути достатніми для розробки всього комплексу науково-технічних заходів, що попереджають негативний вплив на підземні води, як частини навколишнього середовища, і відповідають вимогам водоохоронного законодавства.

Для прогнозування зміни гідротехнічного режиму підземних вод і максимального запобігання від'ємного впливу відкритого видобутку та переробки калійних солей необхідно вже на стадії розвідувальних робіт визначити види досліджень та вихідні дані, необхідні при розробці комплексу науково-технічних водоохоронних заходів.

Масштаби і характер зміни геологічного середовища під час відкритої розробки калійних родовищ значною мірою залежать від виробничої потужності калійних підприємств,

технології видобутку та переробки руд, індивідуальних особливостей геологічної будови району родовища, а також направленості та характеру зміни сучасних природних процесів – тобто від техногенних і природних факторів.

- До групи техногенних факторів належать:
- об'єми відпрацьованого простору;
  - відходів калійного виробництва і розсолів;
  - розмір площі під солевідвалами;
  - види гідроізоляційних екранів.

Ці фактори повинні бути встановлені на стадії попередньої розвідки родовищ. У групі природних факторів, необхідних для обґрунтування прогнозу зміни гідрохімічного режиму поверхневих і підземних вод, можна виділити: особливості геологічної будови родовища; літолого-фаціальний склад і фізико-механічні властивості соляних і соленосних порід та четвертинних утворень; гідрохімічний і гідродинамічний режими поверхневих і підземних вод; показники неотектонічних процесів; кліматичні умови.

Поєднання техногенних і природних критеріїв прогнозу визначає напрямки і характер змін якості поверхневих і підземних вод, їх аналіз дає підстави прогнозувати масштаби та інтенсивність цих змін. Оцінка змін якості води виконується різноманітними методами досліджень: геологічним, гідрологічним, геохімічним. Кожен з них відіграє суттєву роль у загальній прогнозній оцінці зміни гідрохімічного режиму підземних вод.

Для оцінки техногенних впливів суттєвим є отримання вихідних даних про родовище. За цими даними розраховуються очікувані об'єми руд, які добуваються і переробляються, площі під солевідвалами, хвостосховищами, акумулюючими басейнами та інші параметри, які складають основу техногенних факторів прогнозування зміни гідрохімічного режиму поверхневих і підземних вод.

Для оцінки надійності застосування кількісних прогнозів щодо впливу техногенних факторів на геологічне середовище в районі відкритих розробок калійних солей доцільно використовувати метод аналогій. З цією метою проводиться типізація та районування середовища калійних родовищ, що проектується до розробки, та тих, що дають можливість використовувати аналогію відносно можливості та інтенсивності засолення підземних вод, для районів, ділянок, площ з близькими показниками геосередовища. Роботи в даному напрямку проводяться на всіх стадіях розвідки.

Практичне застосування методу аналогій для оцінки техногенних факторів зміни гідрохімічної ситуації нами зроблено для родовища Белина Велика, яке планується для відкритої розробки калійних солей. Аналогом було Домбровське родовище, яке розробляється та має подібні до родовища Белина Велика геологічні та інженерно-геологічні умови.

Родовище Белина Велика, як і Домбровський кар'єр Калуш-Голинського родовища, знаходиться у фронтальній частині Самбірського покрову Прикарпатського прогину, на відстані

20 км на північ від Дрогобича. В результаті вивчення геологічної будови родовища виявлено, що воно розділене тектонічним порушенням на два блоки; до глибини 170 м (проектна глибина відробки Домбровського кар'єру) зосереджено 190 млн.т. запасів калійної сировини, що свідчить про доцільність експлуатації родовища Белина Велика відкритим (кар'єрним способом).

**Таблиця 1 — Вихідні дані по Домбровському кар'єру, що знаходиться в експлуатації**

Запаси, млн.т.	190
Коефіцієнт видобування	0,93
Видобувні запаси, млн.т.	176,7
Річна товщина кар'єру хімічної фабрики, млн.т.	3,0
Терміни освоєння роки	60
Коефіцієнт розкриття, м <sup>3</sup>	0,67
Густина глинисто-солевих шламів, т/м <sup>3</sup>	1,3
Річна кількість атмосферних опадів, м	0,780
Висота солевідвалу, м	100
Висота дамби хвостосховища	30

Вихідні дані для порівняння, отримані на основі двадцятирічної експлуатації Домбровського кар'єру, наведені в табл. 1. При розробці родовища Белина Велика площі солевих виступів кар'єру та солевідвалів будуть щорічно збільшуватися на 9 і 3,3 га відповідно. Прогнозований об'єм розсолів вимивання на кінець освоєння родовища можна визначити за формулою

$$V = \frac{(g_1 + g_n)t}{2}, \quad (1)$$

де:  $g_1$ ;  $g_n$  – відповідно кількість розсолів, утворених за рахунок вимивання атмосферними опадами соляної поверхні за перший рік і на закінчення освоєння родовища, млн.м<sup>3</sup>;

$$g_1 = S_1\alpha; \quad g_n = S_n\alpha, \quad (2)$$

де:  $S_1$ ;  $S_2$  – відповідно площі солевої поверхні, які знаходяться в процесі вимивання протягом 1-го року та наприкінці освоєння родовища, м<sup>2</sup>;

$\alpha$  – сумарна річна кількість атмосферних опадів, мм;

$t$  – тривалість освоєння, роки.

Результати розрахунку засвідчили (табл. 2), що до закінчення освоєння родовища Белина Велика солевідвалами і хвостосховищами можуть бути відчужені 370 га родючої землі і утворено більше 176 млн.м<sup>3</sup> розсолів та 54 млн.м<sup>3</sup> глинисто-солевих шламів – джерел засолення поверхневих і підземних вод.

Під час оцінки гідрохімічних умов, які впливають на можливість якості підземних вод, слід визначити:

– будову, склад та властивості порід водонесного пласта;

**Таблиця 2 — Прогнозовані параметри відкритої розробки родовища Белина Велика**

Площа, га			Об'єми розсолів, утворені за рахунок вимивання атм. опадами, млн.м <sup>3</sup>				Об'єм глинисто-сольових шламів у хвостосховищ, млн.м <sup>3</sup>		Сумарний об'єм, млн.м <sup>3</sup>	
виступів кар'єру	соле-відвалів	хвостосховищ	за перший рік		на закінчення освоєння		за рік	на закінчення освоєння	розсолів	глинисто-сольових шламів
			виступів кар'єру	соле-відвалів	виступів кар'єру	соле-відвалів				
540	200	170	0,070	0,025	128,5	47,6	0,9	54	176,1	54

– водно-фізичні властивості водовмісних порід;  
 – умови живлення та розвантаження підземних вод;  
 – граничні умови водоносних горизонтів;  
 – напрямки руху і швидкість природного потоку;  
 – хімічний склад і густина вод зони активного водообміну;  
 – хімічний склад і густина стічних вод та вод промислових відходів, їх кількість;  
 – ступінь (категорія) захищеності підземних вод від засолення;  
 – районування території за ступенем дренованості;  
 – фізико-хімічні параметри взаємодії в системі порода – вода – забруднююча речовина (сорбція – поглинання, іонний обмін, гідродисперсія).

Ці дані можуть бути отримані здебільшого за допомогою традиційних методів геологічних і гідрогеологічних досліджень (проходка гірничих виробок, буріння свердловин, відбір та вивчення проб води і порід, геологічна і гідрогеологічна зйомка; дослідно-фільтраційні роботи). До числа нових видів гідрогеологічних досліджень, які мають велике значення для обґрунтування заходів щодо охорони підземних вод, відносяться дослідно-міграційні роботи. Ефективним є також застосування геофізичних методів, які дають змогу, зокрема, визначити наявність підземних форм карсту, а також оконтурити площі розповсюдження підземних вод з підвищеною мінералізацією.

Сукупність даних про техногенні і природні фактори району видобування калійних солей дає змогу використовувати для прогнозування засолення поверхневих і підземних вод теорію масопереносу; при цьому застосовуються аналітичні методи розрахунку, а також методи чисельного, аналогового, фізичного моделювання міграції речовин у водоносних горизонтах. Крім того, використовуючи отримані дані та параметри родовищ, яке розглядається, можна порівняти з даними іншого родовища, яке знаходиться в експлуатації і, у випадку достатньої геологічної та гідрогеологічної аналогії, прогнозувати площі і швидкості руху ареалів засолення; достовірність прогнозу визначається повнотою набору та обґрунтування перерахованих параметрів.

Для прогнозу впливу розробки родовища на зміну інженерно-геологічних умов району необхідно оцінити:

– фізико-механічний стан всіх різновидів порід надсольового (включаючи рихлі, слабозв'язані) і сольового комплексів;  
 – мінералогічний, петрографічний, гранулометричний склад відкладів зони аерації, їх генетичну типізацію, площі розповсюдження;  
 – форми прояву сучасних рельєфоутворюючих процесів, їх розвиток по площі.

Використання геохімічних методів досліджень дає змогу отримати такі вихідні дані, які мають значення для вирішення завдань охорони геологічного середовища:

– хімічний склад соляних, соленосних і розкривних порід кар'єру, розсолів, сольових шламів, підземних вод;

– вміст шкідливих елементів-домішок у відходах хімічної фабрики під час переробки руд флотаційним методом.

Слід зазначити, що для прогнозу змін різних компонентів геологічного середовища і, зокрема, гідрохімічного режиму підземних вод під час розвідки калійних родовищ, необхідне комплексне використання різноманітних методів досліджень. Застосування з цією метою порівняння з родовищами, які знаходяться в експлуатації, потребує підтвердження порівняння геологічних, гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов родовищ, які вивчаються, з тими, які знаходяться в експлуатації.

На родовищах, що плануються до відкритої розробки калійних солей, повинна бути розташована стаціонарна режимна сітка свердловин, що закладається з метою виявлення площ природного та техногенного засолення поверхневих і підземних вод, швидкості та напрямку руху підземних вод, а також для виявлення природних коливань рівня підземних вод.

Спостережні свердловини необхідно розміщувати в напрямку максимальної зміни гідрологічних умов, що дасть можливість встановлення основних змін хімічного складу підземних вод, коливання рівня температури в їх поєднанні з режимотворними факторами. Кількість та конструкція спостережних свердловин повинні визначатися глибиною залягання та товщиною водоносних горизонтів, їх гідравлічним взаємозв'язком, а також зміною густини підземних вод в розрізі водоносного горизонту, що є особливо важливим під час вивчення високомінералізованих підземних вод, розповсюджених в районах калійних родовищ.

При виборі місць розміщення режимних пунктів (свердловин, колодязів, джерел) слід враховувати те, що гідрохімічний режим ґрун-

тових вод залежить від літології водовміщуючих порід, потужності зони аерації, а також кліматичних та орогідрографічних умов району досліджень.

Для вивчення складу підземних вод на всіх спостережних пунктах насамперед відбираються проби для повного хімічного аналізу, а потім (один раз протягом кварталу) – для скороченого хімічного аналізу і додатково – в період проходження паводку. Одночасно з вивченням гідрохімічного режиму підземних вод повинні бути організовані спостереження за поверхневими водотоками та водоймами за допомогою водомірних постів та відбору проб поверхневих вод.

Вивчення гідрохімічного режиму підземних вод доцільно проводити на стадії детальної розвідки калійних родовищ. Результати оформляються у вигляді хронологічних графіків змін хімічного складу і мінералізації вод по всіх пунктах режимних спостережень. Крім того, складаються графічні матеріали, що відображають режим атмосферних опадів, температури і вологості повітря, витрат та рівнів води в ріках.

При будівництві та експлуатації калійного кар'єру вивчення режиму підземних вод займає одне з провідних місць в комплексі гідрологічних досліджень, які виконуються з метою аналізу та прогнозу положення рівня підземних вод всередині контура, який осушується, та за його межами, а також для охорони підземних вод від засолення.

Протягом всього періоду експлуатації кар'єру для визначення змін гідрохімічного режиму поверхневих та підземних вод, вибору водоохоронних заходів періодично треба проводити детальну гідрохімічну зйомку (масштаб 1:500 – 1:1000) у вигляді маршрутного картування та відбору проб води зі всіх видів джерел, колодязів, спостережних свердловин. Досліджують також всі водозабори та окремі водозабірні свердловини, розміщені на відстані 6–8 км від джерела засолення (піщаний водоносний пласт) і в радіусі 15–25 км (водоносний горизонт представлений тріщинуватими та закарстованими породами. Під час проведення аналізу води визначають іони  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na$ , а також  $pH$  і сухий залишок. Відповідальним моментом під час проведення гідрохімічної зйомки є відбір представлених проб, якому передують прокачування свердловин.

У спостережних свердловинах, які одночасно відкривають два або більше водоносних горизонтів з різними за хімічним складом водами, додаткові похибки випробування викликаються процесами гравітаційного перемішування за рахунок різної густини води. Як показали дослідження, інтенсивність подібних процесів є достатньо великою, вони виникають при відносній різниці в мінералізації вод суміжних горизонтів на перші десятки процентів. Тому стандартний відбір проб є ненадійним в цих умовах і для випробування свердловини повинні обладнуватися по певній схемі, наприклад, фільтрами з ізольованих секцій, або використо-

вувати куші свердловин різної глибини. В районах видобування калійних солей, де відбулося забруднення підземних вод, наприклад, через відсутність або несвоєчасне проведення водоохоронних заходів. Завданнями гідрологічних досліджень є виявлення джерел та шляхів поступлення засолених стічних вод та розсолів у водоносний горизонт, оконтурювання та визначення областей забруднення, визначення параметрів міграції. Поряд з цим, необхідно проводити буріння розвідувальних та спостережних свердловин, дослідно-фільтраційні, дослідно-міграційні роботи, спостереження за режимом динаміки та якості підземних вод.