

## МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ МАСИ ЗАБРУДНЕНЬ, ЩО НАДХОДЯТЬ З ҐРУНТОВИМИ ВОДАМИ У РІЧКИ ВНАСЛІДОК ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ

Ю.М.Лабіі

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Інститут туризму і менеджменту; 76025, м. Івано-Франківськ, вул. Чорновола, 1, тел. (0342) 778820

*Предложена модель для оценивания массы загрязнений, поступающих в реки с грунтовыми водами. Источники загрязнений связаны с эксплуатацией нефтегазовых месторождений.*

*In the article the model for the estimation of the mass of pollution flowing down into the rivers with sub-soil waters is offered. Sources of pollution are connected with exploitation of oil-and-gas fields.*

Нафту, конденсат, природний газ видобувають у суміші з пластовими водами. На території Передкарпатської нафтогазоносною провінції у більшості випадків пластові води представлені розсолами хлоридного типу. На різних стадіях розробки та експлуатації родовищ відбувається забруднення ґрунтових вод пластовими [1]. Наприклад, у межах Південно-Долинського нафтоконденсатного родовища за останні роки концентрація солей у ґрунтових водах багатократно зросла і в окремих місцевостях досягла 6,5 г/л. Це унеможливило їх використання для питного водопостачання.

На території Прикарпаття джерелами забруднення ґрунтових вод часто є відвали гірничого виробництва, такі як відвали, акумулюючі басейни, хвостовища. У процесі збагачення та переробки руд на калійних заводах утворилось десятки мільйонів кубічних метрів промислових розсолів, глинисто-сольових і твердих галітових відходів. Крім того, внаслідок розчинення солей із маси солевідвалів, акумуляції атмосферних опадів у шламосховищах та інших ємностях-накопичувачах щорічно утворюються високо мінералізовані розсоли, які в результаті фільтрації витоків призводять до засолення ґрунтів, поверхневих і підземних вод, створюють ареали засолення цілих територій. Розповсюдження розсолів у водоносних горизонтах скорочує ресурси питного, технічного водопостачання промислових районів. Щорічні фільтраційні витокі розсолів на калійних підприємствах Калуша складають 1,5 млн. м<sup>3</sup>, на Стебницькому Державному гірничо-хімічному підприємстві «Полімінерал» — 0,6 млн. м<sup>3</sup>. Сольове забруднення ґрунтових вод відбувається також на територіях населених пунктів, особливо, якщо відсутні або в поганому стані каналізаційні системи. Забруднення ґрунтових вод побутовими відходами з кожним роком зростає.

Вчасно проведені спостереження дають змогу запобігати виниканню небезпечних ситуацій, проводити заходи, спрямовані на зниження негативного впливу забруднень на екосистеми, покращання умов життєдіяльності населення. Виявлені джерела забруднень ґрунтових вод в окремих випадках вдається зупинити або знешкодити.

Запропонована модель дає змогу за незначної затрати матеріальних ресурсів швидко контролювати екологічний стан регіону. Хімічний склад річкових вод є чутливим індикатором стану довкілля. Річку живлять ґрунтові води, що утворюються внаслідок просочування атмосферних опадів через шари ґрунту та суглинків, на яких він виник. Мінералізація ґрунтових вод змінюється залежно від кількості атмосферних опадів. Є сезонні коливання хімічного складу ґрунтових вод. Для ведення спостережень вибирають два гідрометричні створи, один із яких розташований вище, а другий нижче джерела забруднення. За можливості користуються спорудами державних гідрометричних служб, обладнаних для цієї мети. Спостереження ведуть тривалий час, бажано декілька років.

Завданням спостерігачів є забір проб води об'ємом 1-2 л. Їх необхідно взяти в двох створах протягом невеликого проміжку часу (не більше 3-4 годин), щоразу в одних і тих же місцях. Околицю спостережень найкраще вибирати посередині річки, а якщо це важко — то біля берега, на якому розташований генератор забруднення. В пробах води доцільно визначати загальну мінералізацію (мг/л) і, за можливості, концентрацію іонів Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, HCO<sup>3-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sup>4</sup><sup>2-</sup>. Спостереження ведуть в усі пори року за різних погодних умов і гідрологічних режимів. Проби нумерують і в польовому журналі вказують дату, погоду, рівень води, мутність.

Статистичну обробку числового матеріалу можна проводити, маючи не менше 8 пар аналізів. Для розрахунків бажано знати витрати води в річці (об'єм води, який вона проносить через створ за одиницю часу) у разі високих та низьких рівнів.

Модель побудовано, виходячи з таких міркувань. Витрата води в нижньому створі річки  $V_n$  дорівнює сумі витрат води у верхньому створі  $V_в$  і притоку ґрунтових вод  $V_г$  на ділянці спостережень:  $V_n = V_в + V_г$ . Концентрацію солей у воді верхнього створу, нижнього створу та у водах, що надходять з території, де розташоване джерело забруднень позначимо відповідно  $X$ ,  $Y$  і  $Z$ . За законом збереження мас маса солей, яку проносить річка крізь нижній створ,

дорівнює сумі мас солей, що поступають на ділянку спостережень з річковою водою через верхній створ і надходять з досліджуваної території:  $V_H Y = V_a X + V_c Z$ . Рівняння переписують у вигляді

$$y = \frac{V_b}{V_H} X + \frac{V_c Z}{V_H} \quad (1)$$

Проаналізуємо окремі його члени. Об'єми води, які проносить річка крізь верхній та нижній створи відрізняються мало, а об'єми ґрунтових потоків, що живлять річку, є мізерно малими порівняно із сумарним розходом води. Відношення об'ємів  $V_b/V_H$  у період повені та межені змінюється мало і є близьким до одиниці. Його можна вважати величиною сталою і позначити буквою  $a$ . Об'єм води, що надходить з ґрунтовими потоками в зоні забруднення є незначним порівняно із розходом води у річці.

Тому, абсолютна величина добутку  $\frac{V_c}{V_H} Z$  є малою і змінюється незначно порівняно з членом рівняння  $ax$ . З невеликою похибкою абсолютну величину цього добутку можна вважати сталою і позначити буквою  $b$ . Тоді рівняння (1) можна записати:

$$y = ax + b \quad (2)$$

Таким чином, концентрація солей у річкової воді нижнього створу пов'язана лінійною залежністю з концентрацією солей у верхньому створі річки. Правильність цих міркувань підтверджують екологічні спостереження річок.

Результати вимірювань бажано представляти 12-15 парами чисел, що визначають концентрацію солей (мг/л) у річковій воді верхнього ( $x$ ) та нижнього ( $y$ ) створів. Кожну пару значень замірів зображають в системі координат  $x, y$  точкою і будують графік функції  $y=f(x)$ . Проводять пряму так, щоб вона проходила якомога ближче до всіх точок. Керуючись загальновідомими методами аналітичної геометрії, записують алгебраїчними символами рівняння прямої.

Більш надійно цей результат можна одержати методами регресійного аналізу з використанням програми Excel. Після введення в пам'ять ЕОМ кожної пари чисел та обробки цієї інформації одержують значення  $a$ ,  $b$  та  $r$  (де  $r$  – коефіцієнт кореляції).

Масу солей  $m$ , що надходить з території населеного пункту, знаходять як різницю мас солей, які проносить річка через нижній та верхній створи. Витрату води на всій ділянці спостережень вважають однаковою. Тоді  $m = Vy - Vx$ , або, враховуючи рівняння (1) записують:

$$m = V(ax - x + b) \quad (3)$$

Апробацію моделі провели на р. Прут в околиці селища міського типу Яремча [2]. У 1980-1983 роках обласною санітарно-епідеміологічною станцією тут велись спостереження. Виявили такі дані мінералізації річкової води у мг/л. Концентрація солей у пробах води, віді-

браних з нижнього створу вказана без скобок, а з верхнього – у скобках  $y_i(x_i)$ : 195.7(195.4); 166.4(148.4); 187.3(172.6); 215.8(218.8); 168.8(156.8); 136.6(135.3); 149.7(146.2); 104.7(100.5); 193.8(200.6); 131.8(107.0); 211.6(203.4); 199.2(181.6). Користуючись ЕОМ, одержали рівняння регресії:

$$y = 0.888x + 26.1 \quad (4)$$

при  $r=0.969$ . Високий коефіцієнт кореляції свідчить, що поступлення солей з території населеного пункту і коливання мінералізації річкової води відбувались синхронно.

За даними метеорологічних служб у меженний період (засуха або мороз) середній розхід води у річці становив близько 5 м<sup>3</sup>/с, а у повінь — 18 м<sup>3</sup>/с. Згідно зі спостереженнями мінералізація річкової води у верхньому створі у періоди межені та повені становили відповідно 195 та 114 мг/л. Ці числа знайдено як середні декількох мінімальних, а також декількох максимальних значень зафіксованих мінералізацій.

Для розрахунків користувались формулою (3). Розхід води виражали в л/с. Знайшли, що з території м. Яремча в р. Прут поступає в період межені 21300 мг/с солей (1,8 т за добу), а в період повені в 11,5 разів більше — 239976 мг/с (20,7 т за добу). Оцінивши масу солей, що виносяться в річку з території міста констатували, що міські каналізаційні системи працювали незадовільно. У засушливий та морозний періоди забруднення акумулювались на території населеного пункту, а в дощовий — інтенсивно вививались у річку.

З територій, завантажених промисловими або побутовими відходами, в період засухи або морозної погоди відбувається перехід нерозчинних сполук у розчинні форми, які нагромаджуються в місцях складування. Відбувається засолення ґрунтів. В період дощів або танення снігу відбувається вимивання цих сполук, особливо хлоридів і сульфатів. Тобто, в повінь акумульовані в ґрунті сполуки переходять в ґрунтові води і виносяться в річку. Різниця мас солей, яку виносить річка із зони забруднення в періоди повені і межені, є критерієм наявності забруднень антропогенного походження, що розташовані на досліджуваній території.

В окремих випадках складно одержати дані про розхід води у річці. Навіть приблизні заміри цього показника зробити самостійно важко. За таких умов неможливо знайти масу солей, що виносяться річкою з ґрунтовими водами. Зате можна оцінити у скільки разів ( $n$ ) збільшується маса розчинених солей, що виносяться водами в дощову погоду, порівняно із засушливою (морозною). Для цього припускають, що витрата води в гірській річці від мінімального до максимального значення залежно від погодних умов зростає утричі. Такий коефіцієнт близький з даними гідрометеорологічних спостережень на численних річках Карпат. Тоді:

$$n = \frac{m(\text{повінь})}{m(\text{межень})} = \frac{3[ax(\text{повінь}) - x(\text{повінь}) + b]}{ax(\text{межень}) - x(\text{межень}) + b}$$

За відсутності джерела забруднень на досліджуваній території показник  $n$  коливається в межах 1-2.

Спостереження над забрудненням річок, спричинених надходженням високомінералізованих пластових вод, істотно не відрізняються від описаної вище методики. Проблема досліджень особливо актуальна на територіях, де в процесі експлуатації свердловин застосовують систему для підтримки пластового тиску. Наприклад, пластові води виготської, поляницької, бистрицької та середньоменілітової світ Передкарпатської нафтогазоносної провінції характеризуються високою мінералізацією — від 40,21 г/л до розсолів з концентрацією солей 157 г/л. Науковцями виявлено, що в межах родовища в селах Яворів та Гузіїв в період буріння свердловин відбулося значне забруднення ґрунтових вод і їх мінералізація досягла 6,5 г/л [3]. Це унеможливило використання цих вод не тільки для харчових, але й для інших господарських потреб.

В процесі експлуатації родовищ можливі аварії на водоводах, нагнітальних свердловинах та об'єктах, пов'язаних з видобуванням, транспортуванням та закачуванням пластових вод. Масштаби та інтенсивність впливу високомінералізованих вод на стан екосистем значніший, ніж забруднююча дія нафти та нафтопродуктів. Закачування попутних вод у продуктивні горизонти з часом супроводжується зношуванням свердловин, очисних споруд та комунікацій, а тому одночасно з традиційним видом забруднення підземних вод нафтопродуктами все більшої гостроти набуває поступлення в прісноводні горизонти розсолів і навіть деяких мікрокомпонентів.

Спостерігаючи забруднення річок, бажано звертати увагу на іонний склад розчинених солей, а за можливості також на їх мікроелементний склад. Іонний склад солей, присутніх у пластових водах, відрізняється від складу солей, характерних для ґрунтових вод. Пластові розсоли містять солі з високою масовою часткою хлоридів і, порівняно з прісними водами, пониженою масовою часткою гідрокарбонатів та сульфатів [4]. Мінералізація річок зростає від гір до рівнин. Геологічна будова регіону обумовлює надходження у ґрунтові потоки пластових вод. Мікроелементний склад пластових вод багатий мікроелементами, особливо стронцієм та марганцем.

У районах масового буріння свердловин створюється загроза екологічної кризи, порушується рівновага, що формувалась у біосфері тисячоліттями [5]. В річках різко зменшуються чисельність риб, зростає захворюваність населення, знижується продуктивність сільськогосподарських тварин та ін. Хімічне забруднення хлоридами є найбільш складним для вивчення та небезпечним для довкілля, оскільки навіть після ліквідації його джерел відновлення природного складу вод може настати тільки через десятки років. Найбільш інтенсивний вплив пластових розсолів на прісноводні горизонти проявляються на кінцевій стадії розробки родо-

вищ. У випадку поступлення у прісноводні горизонти води з високою мінералізацією формуються ареали сольових забруднень, які з часом збільшуються у розмірах. Цей процес прискорюють водозабори, у зоні яких фільтрація проходить з підвищеною швидкістю.

Картографічне моделювання хімічного складу річкових вод дасть змогу одержати інформацію щодо розташування джерела забруднення, виявити координати нафтової свердловини, з якої надходять розсоли. Зорієнтувавшись щодо місця поступлення ґрунтових потоків підвищеної мінералізації та напрямів їх течій, можна виявити свердловину, стовбур якої пошкоджено процесами корозії. Іржавіння металу особливо активно проходить в межах коливання рівня ґрунтових вод. Результати первинних спостережень доцільно перевірити: наприклад, викликати зростання швидкості фільтрації ґрунтових вод інтенсивним відбором води із колодязя, розташованого в околиці ушкодженої свердловини.

Запропонована модель дає змогу своєчасно виявляти існування нових джерел забруднення, оскільки численні річки підлягають регулярному спостереженню санітарно-епідеміологічними станціями. Створи для спостережень річок найчастіше розташовані вище і нижче великих населених пунктів, або промислових об'єктів. Тому, для підрахунку маси солей, які привнесені у річку завдяки діяльності нафтовидобувних промислів іноді можна використати архівні документи — результати планових спостережень. Такий вид діяльності дасть значну економію матеріальних затрат. Модель побудована для оцінювання маси солей, які забруднюють річку, і тому результати підрахунку дадуть змогу визначити розміри зрушень, які можна очікувати.

### *Література*

- 1 Гудз В.Я. Депутат Б.Ю. Математичне моделювання процесу нестационарної фільтрації рідин у водотічному горизонті // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2005. – Вип. 4 (17). – С. 99-106.
- 2 Лабий Ю.М. Критерии определения загрязнения малых рек бытовыми сточными водами // Измерительная техника. – 1990. – №6. – С. 54-55.
- 3 Семчук Я.М., Депутат Б.Ю. Камаєва І.О. Вплив пластових вод Північно-Долинського нафтоконденсатного родовища на довкілля // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2005. – Вип. 4(17). – С. 99-106.
- 4 Лабий, Колодий В.В., Карпинец Л.Л., Реус С.М. Геохимия микроэлементов в грунтовых водах Прикарпатья // Геология и геохимия горючих ископаемых. – 1990. – №75. – С. 53-58.
- 5 Бабенко Г.О., Лабий Ю.М. Геохимия Передкарпатья і вплив техногенезу на природне середовище // Геоекологічні дослідження екосистем України. – К.: Манускрипт, 1996. – С. 108-110.