

УДК 504.064:556.388

МЕТОДИКА КІЛЬКІСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ НАДХОДЖЕНЬ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В РІЧКУ З ПІДЗЕМНИМ ПОТОКОМ

Маркіна Н.К.¹; Горишнякова Я.В.¹; Доценко О.О.¹, к.т.н.;
Лептуга О.К.², к.філ.н., доц.

¹Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, Україна;

²Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

Вступ. Багаторічний досвід вивчення стану водних ресурсів свідчить про екологічний кризовий стан малих і середніх річок. На даний час на території України майже не існує річок, якість води в яких відповідає нормативним вимогам. Крім прямих скидів стічних вод важливу негативну роль в забрудненні річок відіграють забруднені підземні води, що дреноються річками. Така ситуація потребує оперативної розробки нових підходів до забезпечення умов мінімізації впливу на екологічний стан та якість річкових вод. Одним із шляхів оздоровлення річкової мережі є реалізація водоохоронних заходів, підгрунтям розробки яких слугує розрахункове обґрунтування методів визначення впливу підземних вод. Розроблена методика дозволить вирішити ситуацію, що склалась.

Постановка проблеми. При вирішенні проблеми захисту річок від забруднення підземним стоком досить складно визначити витрати підземних вод та кількісні параметри надходження забруднюючих речовин в русло річки. Оскільки умови розвантаження залежать від геологічної будови і гідрогеологічних умов на конкретних ділянках русла, взаємозв'язок між ними досить різноманітний. Живлення річки в таких умовах характеризується або боковим притоком підземних вод або їх притоком через дно. Ці умови є визначальними при плануванні та реалізації водоохоронних заходів по захисту річки від забруднення підземним стоком. В зв'язку з цим постала необхідність в розробці методики.

Огляд літературних джерел. Проблеми взаємовпливу та взаємозв'язку підземних і поверхневих вод вирішували відомі вчені Куделін і Чугаєв Р.Р. Причому, Чугаєвим Р.Р. була запропонована універсальна емпірична формула для визначення притоку підземних вод в річку в умовах, коли вона є досконалою або недосконалою дреною. Цей підхід був адаптований для вирішення екологічних проблем і положений в основу розробленої методики, яка, крім цього, доповнена особливостями гідролого-гідрогеологічної схематизації.

Матеріали та методи. Вихідними даними для визначення гідрогеологічних параметрів, необхідних для кількісних оцінок і прогнозних розрахунків з метою охорони підземних і річкових вод, слугують, матеріали натурних, польових, дослідно-фільтраційних досліджень і розрахункові величини, а також результати математичного моделювання, що виконувалось для вирішення екологічних проблем на ряді промислових підприємств України, які були джерелами забруднення підземних та взаємопов'язаних з ними поверхневих вод (річок і водойм).

Методи, що використовувались в процесі розробки методики, включають теоретичний аналіз існуючих аналітичних розрахункових формул, аналіз узагальнених гідрогеологічних умов, гідродинамічні класичні формули і емпіричні залежності, які в гідрогеології використовуються для аналітичного моделювання фільтрації і розвантаження потоку підземних вод в річки.

Результати. При вирішенні умов формування водних ресурсів балансове рівняння враховує максимальну кількість основних факторів і процесів, що впливають на формування якості підземних вод, і особливостей надходження забруднюючих речовин в річку. Зважаючи на складність гідрогеологічних умов об'єктів, на які накладаються фізико-хімічні фактори, для вирішення прогностичних завдань необхідна схематизація цих умов: усереднюються по площі і за профілем гідрогеологічні, фільтраційні і міграційні параметри, річка прирівнюється до досконалої чи недосконалої дрени в залежності від часткового або повного перехоплення ґрунтового потоку. У разі часткового перехоплення, приплив в річку забруднених підземних вод (бічні притоки і вертикальна складова) визначаються за формулою Чугаєва Р.Р. [1] для розрахунку припливу води в недосконалу дрена в безнапірному водоносному горизонті:

$$Q = kL \left[\frac{h_1^2}{2B} + h_1 q_{r1} + \frac{h_2^2}{2\rho} + h_2 q_{r2} \right] \quad (1),$$

де k – коефіцієнт фільтрації, м/добу;

L – довжина ділянки дрени, м;

h_1 – статичний рівень ґрунтових вод на вододілі, відлічуваний від дна річки, м;

B – відстань від дрени до вододілу, м;

h_2 – рівень води в річці, відлічуваний від дна, м;

ρ – відстань від дрени до річки, м;

q_{r1} і q_{r2} – наведена фільтраційна витрата відповідно з боку вододілу і річки, які знаходяться за графіками [1] в залежності від α і β .

$$\alpha_1 = \frac{B}{B + 0.5B}; \quad \alpha_2 = \frac{\rho}{\rho + 0.5B}; \quad (2)$$

$$\beta_1 = \frac{B}{T}; \quad \beta_2 = \frac{\rho}{T}.$$

Причому, якщо $\beta > 3$, то q_r визначається за формулою

$$q_r = \frac{q_r}{(\beta - 3)q_r^1 + 1}, \quad (3),$$

де q_{r1} знаходиться за графіком [1] по $\alpha = \frac{T}{T + 2/3B}$.

У цих формулах : T – потужність водоносного горизонту під дренаю (річкою) (відстань від точки витоку до дна дрени), м; B – ширина дрени, м.

Аналіз формули (1) дає підставу вважати, що бічний приплив в дрена характеризується складовими типу $h^2/2B$, а приплив в дрена з боку її дна, – складовими типу hq_r .

Стосовно до нашого випадку недосконалою дренаю є річка, приплив в неї зі сторони берегів відповідає притоку з боку забрудненої ділянки, а приплив з бо-

ку вододілу відповідає притоку з боку берега річки, на якому відсутнє джерело забруднення (рисунок 1).

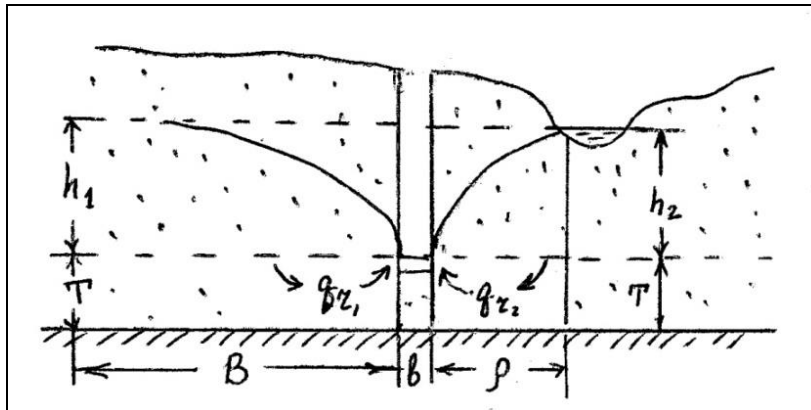


Рисунок 1 – Схема притоку в «недосконалу» дренаж

Таким чином, величина бічного припливу забруднених ґрунтових вод з боку берега буде:

$$q_3 = kL \frac{h_2^2}{2\rho} \quad (4)$$

Через дно річки (вертикальна складова):

$$q_{др}^B = kL(h_1 q_{r1} + h_2 q_{r2}) \quad (5)$$

Величина бічного припливу незабруднених ґрунтових вод:

$$q_H = kL \frac{h_1^2}{2B} \quad (6)$$

Сумарний приплив в дренаж-річку складе:

$$q_{др} = q_3 + q_H + q_{др}^B \quad (7)$$

У формулах (2-7):

h_1 – потужність водоносного горизонту, яка відлічується від дна річки на вододілі, м;

B – відстань від вододілу до незабрудненого берега річки, м;

h_2 – дна річки рівень рідини в накопичувачі, відрахований від, м;

ρ – відстань від річки до накопичувача, м.

Якщо річка є досконалою дренажем, приплив забруднених підземних вод становитиме:

$$q = LK \frac{H}{R} \quad (8)$$

У нашому випадку:

q – сумарний приплив води в річку, м³/сек;
 L – довжина ділянки річки, м;
 k – коефіцієнт фільтрації водоносного пласта, м/доб;
 H – потужність безнапірного водоносного пласта, м;
 R – радіус депресійної воронки, утвореною річкою-дреною в дзеркалі ґрунтових вод, м.

Вплив забрудненого підземного стоку на зміну якості води в річці оцінюється за формулою (9):

$$\Delta C_p = \frac{C_{др} q_{др}}{q_p} \quad (9)$$

де ΔC_p – зміна концентрації забруднюючих речовин в річковій воді, обумовлене розвантаженням забрудненого підземного стоку, мг/дм³;
 $C_{др}$ – концентрація забруднюючих речовин в підземних водах, мг/дм³;
 $q_{др}$ – приплив забруднених підземних вод в річку, м³/сек;
 q_p – витрата річки, м³/сек.

Якщо відлік часу вести від початку функціонування джерела забруднення, вважаючи параметри, що входять в розрахункові залежності, незмінними, можна розрахувати прогностні значення показників якості ґрунтових вод у руслі річки на ретроспективу (1, 2 ... n років). Значення початкових концентрацій можна, для полегшення розрахунків, приймати рівними нулю, враховуючи розведення ґрунтових вод під час щорічних паводків і малі значення фонових величин в природному потоці ґрунтових вод в порівнянні з вмістом їх в забрудненому ($C_{\sigma} > C_e$). Зіставляючи розрахункові дані за якістю ґрунтових і поверхневих вод на терміни, які цікавлять (в тому числі – на ретроспективу) з наявними натурними, отриманими в процесі проведення польових досліджень, оцінюється адекватність запропонованої моделі процесу забруднення ґрунтових вод і річкових, тобто проводиться верифікація моделі.

Висновки. Слід зазначити, що Методика може успішно використовуватися при виконанні розрахункового визначення ефективності водоохоронних заходів в умовах теоретичного розрахування доцільності їх реалізації для захисту річок від забруднення підземним стоком. Надійність запропонованої методики перевірена на численних об'єктах, що дозволяє авторам запропонувати її використання при визначенні забруднення поверхневих вод в басейнах річок, а також при вирішенні проблем реабілітації якості поверхневих водних об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вамболь С.О., Міщенко І.В., Кондратенко О.М. Технічна механіка рідини і газу: підручник. Х: НУЦЗУ, 2016. 300 с.