

УДК 622.24+628.196

А. І. Волобуєв, Я. С. Коцкулич, М. М. Слєпко

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Удосконалення методики вибору місця закладення свердловин для водопостачання і складування шкідливих речовин

Запропонована методика вибору місця закладення водяних свердловин, якою передбачається зниження імовірності поступлення шкідливих речовин в продуктивний пласт з урахуванням місця їх складування, або зворотної задачі з визначення допустимої зони складування таких речовин при наявності експлуатаційних свердловин. Методика передбачає використання графічного методу визначення напрямку руху води в продуктивному пласті з урахуванням інформації про статичні п'єзометричні рівні в діючих поряд свердловинах.

Ключові слова: свердловина, водопостачання.

Екологічні аспекти господарської діяльності набувають все більшої актуальності, особливо стосовно водокористування. В ЗМІ досить часто повідомляють про випадки, коли водоносні пласти з питною водою стають непридатними для користування внаслідок забруднення токсичними речовинами, що зберігаються поблизу від криниць, джерел, водозабірників, свердловин тощо [1, 2].

Цих явищ можна уникнути, якщо враховувати напрям руху підземних вод при виборі місця закладення водозабірної свердловини або місця для складування токсичних речовин (мінеральних добрив, хімреагентів для обробки бурових розчинів та інших) [3].

Суть методу вибору місця закладення водозабірної свердловини полягає у тому, що джерело забруднення повинно бути нижче за течією відносно водозабірної об'єкту. Здебільшого це питання пов'язується з рельєфом місцевості. Але такий підхід може захистити лише від забруднення поверхневими стічними водами і зовсім не гарантує захисту від підземного забруднення усередині водоносного пласта, оскільки напрям руху води в пласті не завжди співпадає з напрямом пониження рельєфу. Це стосується і берегів річок, схилів, ярів тощо. Якщо русло перетинає похилий водотривкий пласт, по якому рухається вода у водоносному пласті, то з одного боку буде здійснюватися дренаж, а з другого – живлення пласта. Відповідно напрям руху в першому випадку буде до русла, а в другому від русла. Усе це свідчить про необхідність визначення напрямку руху води в пласті. Для цього існують різні методи. Більшість з них ґрунтується на реєстрації якихось індикаторних речовин – радіоактивних або фарбників, які спускають в основну свердловину. В першому випадку за допомогою геофізичних приладів реєструють випромінювання навколо свердловини, досліджуючи розповсюдження фронту радіоактивності в часі. В другому випадку навколо основної свердловини бурять серію периферійних спостережних свердловин, з яких періодично беруть проби води, фіксуєючи час, коли в пробі з'явилася індикаторна речовина.

Перевагою цих методів є те, що окрім напрямку руху води, можна визначити швидкість її руху в пласті, тобто коефіцієнт фільтрації. Ця характеристика пласта є дуже важливою, оскільки залежить від багатьох факторів і змінюється в широких межах, що істотно впливає на точність прогнозів стосовно можливостей забруднення водозабірної свердловини.

Негативною рисою зазначених методів є необхідність введення в пласт сторонніх речовин, присутність яких не бажана, особливо радіоактивних, робота з якими вимагає дотримання певних правил техніки безпеки. Крім того, потрібно мати спеціальне обладнання, не кажучи вже про індикаторні речовини. Тому реалізація цих методів не завжди можлива.

Разом з тим, напрям руху у водоносному пласті можна визначити методом, який не потребує спеціальних матеріалів і обладнання. Назвемо його методом трьох точок, який ґрунтується на бурінні трьох свердловин на відстані 40-50 м одна від одної, в яких реєструються

статичні рівні води з урахуванням рельєфу місцевості. У разі, якщо розміри зони забруднення і рельєф дозволяють, то доцільно свердловини розташувати навколо зони забруднення (рисунок 1). У такому разі напрям руху води буде визначено безпосередньо під зоною забруднення. Це підвищить імовірність того, що забруднюючі речовини не будуть попадати у водозабірну свердловину.

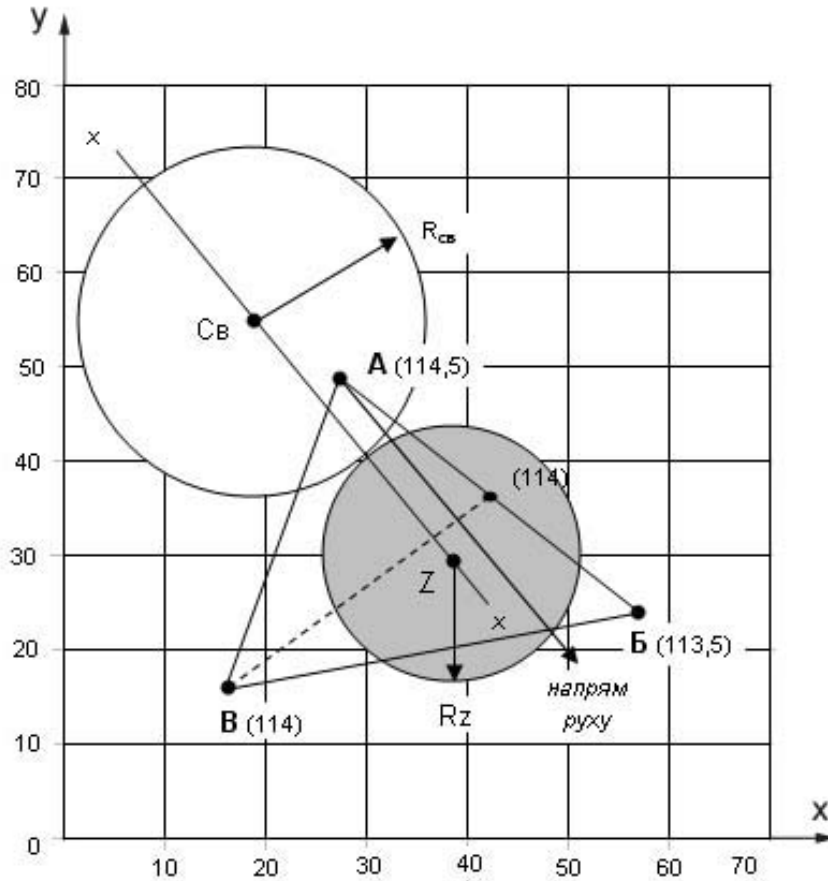
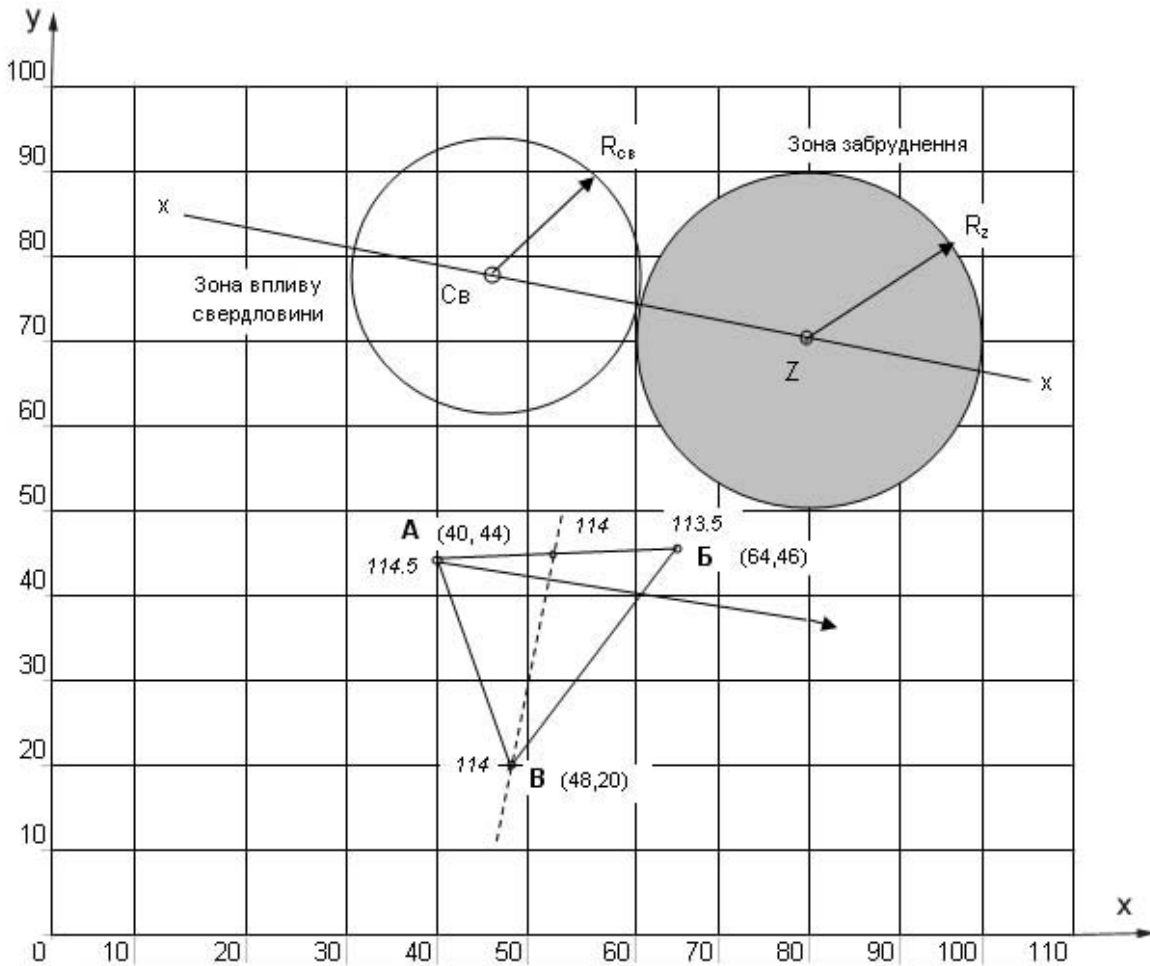


Рис. 1. Схема для визначення місця закладення водозабірної свердловини за наявності топографічних відміток гирла свердловин і можливості їх буріння навколо зони забруднення

Допоміжні свердловини рекомендується бурити на деякій відстані від зовнішнього контура зони. Якщо в допоміжних свердловинах шкідливих речовин не виявлено, це свідчить про те, що забруднення пласта не виходить на зовнішній контур зони і водозабірну свердловину можна розташувати ближче до зони забруднення (якщо в цьому є необхідність).

Якщо ж хоча б в одній із свердловин буде виявлено шкідливі речовини (особливо у свердловині, розташованій вище за течією), то тоді треба здійснити уточнення контура шляхом буріння додаткових свердловин, поки не буде пробурена свердловина з незабрудненою водою. У такому разі водозабірну свердловину доцільно розташувати таким чином, щоб зона її впливу торкалася "чистої" свердловини. Говорячи про зону впливу, слід мати на увазі її максимальні розміри, що відповідають максимальному водозабору.

Якщо з якихось причин допоміжні свердловини навколо зони пробурити неможливо чи недоцільно, тоді це слід зробити поза зоною поблизу місця, де передбачається розташувати водозабірну свердловину (рисунок 2).



Примітка: курсивом позначено п'єзометричні відмітки статичного рівня

Рис. 2. Схема для визначення місця закладення водозабірної свердловини за наявності топографічних відміток гирла свердловин і неможливості їх буріння навколо зони забруднення

Найбільш простим варіантом розрахунків є такий, при якому усі три свердловини розташовані на рівній земній поверхні без будь-яких взаємних перевищень. Але така ситуація зустрічається не часто. Здебільшого земля поверхня нерівна і гирла свердловин розташовані на різних топографічних відмітках. В такому разі заміряний статичний рівень має локальний характер без прив'язки до рівнів в інших свердловинах і визначити напрям руху води не можливо.

Залежно від наявної інформації є два варіанти розрахунків: 1) відомі топографічні відмітки гирла свердловин над рівнем моря; 2) топографічні відмітки не відомі.

Розглянемо перший варіант. Задано координати гирла свердловин, їх топографічні відмітки і заміряні статичні рівні в кожній свердловині (від гирла), а також координати центра і радіус зони забруднення. В такому разі необхідно провести роботи у такій послідовності:

- 1) нанести на координатне поле координати свердловин і зону забруднення (при роботі в EXCEL треба дотримати однакових масштабів осей X і Y однаковими, інакше заміряний азимут буде спотвореним);
- 2) визначити п'єзометричні відмітки рівнів, для чого від топографічних відміток відняти статичні рівні;
- 3) записати отримані п'єзометричні відмітки біля відповідних свердловин;
- 4) логічно припустити, що рух води буде від найвищої відмітки до найнижчої; для більш точного визначення напрямку руху треба з'єднати свердловини прямими лініями; на лінії, що з'єднує максимальну і мінімальну відмітки, шляхом інтерполяції, знайти відмітку, яка

- відповідає п'єзометричній відмітці третьої свердловини; з'єднати отриману точку з вершиною трикутника, що має таку саму відмітку, це буде ізолінія (лінія однакового рівня);
- 5) від свердловини з найвищою відміткою провести перпендикуляр до отриманої ізолінії, що і буде напрямом руху;
 - 6) за допомогою транспортира визначити азимут руху.

Тепер, знаючи напрям руху, можна закладати водозабірну свердловину, яка не буде забруднюватися існуючим джерелом забруднення, або вибрати місце для складування шкідливих речовин, які не зашкодять існуючому водозабірному пункту.

В першому випадку треба через центр зони забруднення провести пряму, паралельну до напрямку руху, і на ній вище за течією нанести точку на відстані, яка повинна бути не менше суми радіуса зони забруднення і радіуса впливу майбутньої свердловини (радіуса воронки депресії). Крім того, треба враховувати розміри охоронних зон: суворого режиму і зони обмежень.

Аналогічно вибирають місце для складування шкідливих речовин з тою різницею, що азимутальна лінія проводиться через свердловину з позначеною зоною впливу, а зона забруднення розташовується нижче за течією.

Приклад 1. Задана зона забруднення з радіусом $R_z=20$ м і координатами $x_z=80$, $y_z=70$ (в умовній системі координат). Пробурено три свердловини з координатами: $x_A=40$ м, $y_A=44$ м; $x_B=64$ м, $y_B=46$ м; $x_B=48$ м, $y_B=20$ м. Топографічні відмітки над рівнем моря гирла свердловин: $z_A=136$ м, $z_B=132$ м, $z_B=128$ м. Заміряні статичні рівні від гирла свердловини:

$$h_{стA}=21,5 \text{ м}, h_{стB}=18,5 \text{ м}, h_{стB}=14 \text{ м}.$$

Очікуваний радіус впливу свердловини $R_{св}=15$ м. Згідно з п.2 п'єзометричні відмітки статичних рівнів:

$$z_{рзA}=136-21,5=114,5 \text{ м}; z_{рзB}=132-18,5=113,5 \text{ м}; z_{рзB}=128-14=114 \text{ м}.$$

Очевидно, що напрям руху буде від точки А в бік точки Б. На лінії А-Б знаходимо відмітку точки В (114м), з'єднуємо її з точкою В і отримуємо ізолінію (лінію однакового рівня). З точки А проводимо перпендикуляр до ізолінії і заміряємо азимут цього перпендикуляра. Проводимо через центр зони забруднення лінію Х-Х з таким же азимутом. На цій лінії від контуру зони забруднення відкладаємо радіус впливу свердловини (вище за течією), що і буде місцем закладення водозабірної свердловини. Треба пам'ятати, що обидві зони не повинні накладатися, вони можуть, в крайньому випадку, торкатися, або бути на будь-якій відстані одна від одної. Вхідні дані і результати розрахунку наведено в таблиці 1 і на рисунку 2.

Табл. 1 - Визначення місця закладення свердловини за наявності топографічних відміток гирла свердловин над рівнем моря

| Свердловина | Координати свердловини, м | | Заміряні статичні рівні $Z_{ст}$, м | Топографічні відмітки свердловини над рівнем моря Z , м | П'єзометричні відмітки статичного рівня над рівнем моря $Z_{пз}$, м | Джерело забруднення | | Очікуваний радіус впливу свердловини $R_{св}$, м | Азимут напрямку руху води, град. | Координати проекційної свердловини, м | | |
|-------------|---------------------------|----------|--------------------------------------|---|--|---------------------|-----------------------------------|---|----------------------------------|---------------------------------------|-----------|-----------|
| | x | y | | | | координати, м | Радіус зони забруднення R_z , м | | | x | y | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| А | 40 | 44 | 21,5 | 136 | 114,5 | 80 | 70 | 20 | 15 | 105 | 45 | 78 |
| Б | 64 | 46 | 18,5 | 132 | 113,5 | | | | | | | |
| В | 48 | 20 | 14,0 | 128 | 114,0 | | | | | | | |

Розрахунки за другим варіантом (коли топографічні відмітки гирла свердловин не відомі) виконуються дещо інакше. Головна відмінність полягає у тому, що визначення напрямку руху слід

здійснювати не через п'єзометричні відмітки статичних рівнів, а через приведені статичні рівні відносно базової свердловини. Для цього треба:

- 1) виявити базову свердловину, гирло якої займає найнижче положення (за результатами геодезичних замірів);
- 2) визначити перевищення решти свердловин відносно базової;
- 3) від заміряних статичних рівнів відняти відповідні перевищення, отримавши приведені статичні рівні; для базової свердловини перевищення дорівнює нулю, тому приведений рівень дорівнює заміряному;
- 4) логічно припустити, що рух води буде від найменшого приведеного статичного рівня до більшого; для уточнення, як і у попередньому варіанті, потрібно зробити інтерполяцію і провести перпендикуляр від найменшого статичного рівня на отриману ізолінію;

При використанні цього варіанту бажано, щоб усі три свердловини були в межах видимості, інакше доведеться застосовувати багатологову геодезичну зйомку.

Приклад 2. Координати свердловини і усієї зони забруднення такі ж, як і в першому варіанті. Заміряні статичні рівні дорівнюють:

$$Z_{стА}=21,5 \text{ м}, Z_{стБ}=18,5 \text{ м}, Z_{стВ}=14 \text{ м}.$$

Геодезичними замірами встановлено, що найнижчий рівень на земній поверхні має свердловина В. Перевищення свердловини А стосовно В дорівнює $\Delta h_A=8$ м, а свердловини Б - $\Delta h_B=4$ м. Перевищення свердловини В Δh_B дорівнює нулю, бо вона є реперною. Далі визначаються приведені статичні рівні.

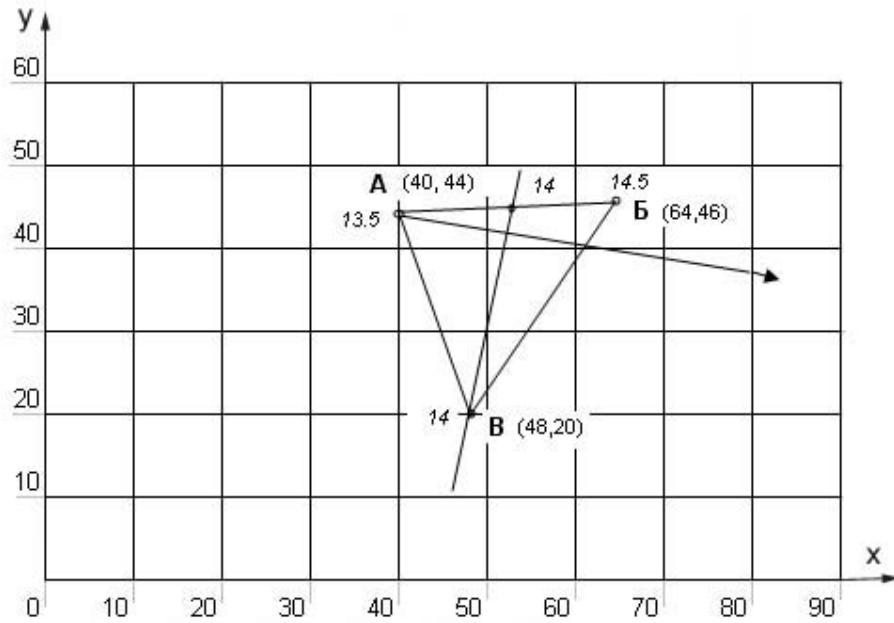
$$\begin{aligned} z_{прА} &= Z_{стА} - \Delta h_A = 21,5 - 8 = 13,5 \text{ м}; \\ z_{прБ} &= Z_{стБ} - \Delta h_B = 18,5 - 4 = 14,5 \text{ м}; \\ z_{прВ} &= Z_{стВ} - \Delta h_B = 14 - 0 = 14 \text{ м}. \end{aligned}$$

На відміну від першого варіанту у даному разі при визначенні напрямку руху беруться до уваги при веденні статичні рівні: вода буде рухатись від свердловини з найменшим приведеним рівнем (свердловина А) до свердловин з більшими рівнями. Для визначення азимуту напрямку руху, як і в першому варіанті, виконується інтерполяція на лінії А-Б, проводиться ізолінія з відміткою 14 мм і перпендикуляр до неї з точки А.

Вхідні дані і результати розрахунку зведено в таблицю 2. Графічні побудови виконуються аналогічно, як у першому варіанті (рисунок 3).

Табл. 2 - Визначення місця закладення свердловини за відсутності топографічних відміток гирла свердловин над рівнем моря

| Свердловина | Координати свердловини, м | | Заміряні статичні рівні $Z_{ст}$, м | Перевищення свердловин над найнижчою моря Δh , м | П'єзометричні відмітки статичного рівня над рівнем $h_{пр}$, м | Джерело забруднення | | | Очікуваний радіус впливу свердловини $R_{св}$, м | Азимут напрямку руху води, град. | Координати проектної свердловини, м | |
|-------------|---------------------------|----------|--------------------------------------|--|---|---------------------|----------|-----------------------------------|---|----------------------------------|-------------------------------------|-----------|
| | х | у | | | | координати, м | | Радіус зони забруднення R_z , м | | | х | у |
| | | | | | | х | у | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| А | 40 | 44 | 21,5 | 8 | 13,5 | 80 | 70 | 20 | 15 | 105 | 45 | 78 |
| Б | 64 | 46 | 18,5 | 4 | 14,5 | | | | | | | |
| В | 48 | 20 | 14,0 | 0 | 14,0 | | | | | | | |

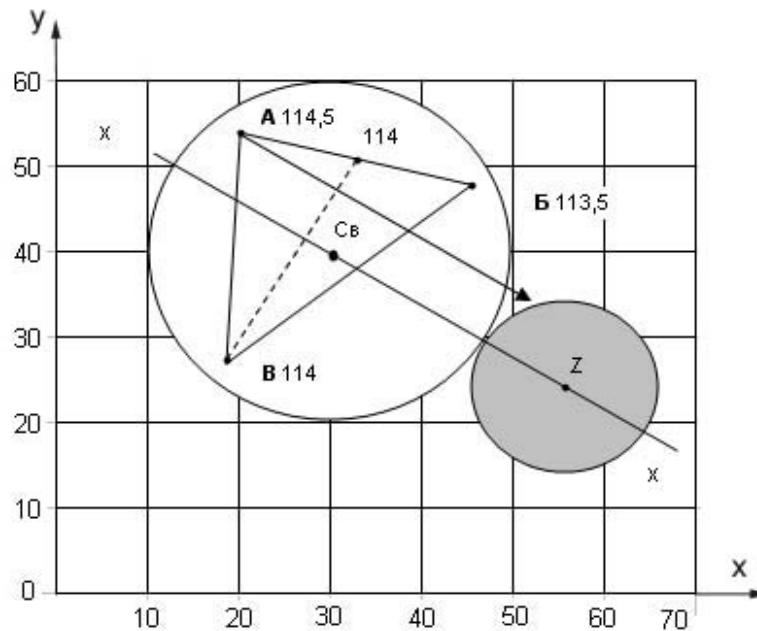


Примітка: курсивом позначено приведені статичні рівні $R_{ст}$

Рис. 3. Схема для визначення напрямку руху підземного потоку за відсутності топографічних відміток гирла свердловин над рівнем моря

Для розв'язання зворотної задачі ("Вибір місця складування шкідливих речовин") треба знати координати існуючої водозабірної свердловини і радіус її впливу. Допоміжні свердловини бажано пробурити навколо неї в межах зони. Це дозволить не тільки визначити напрям руху, але і вести спостереження під час експлуатації.

Напрямок руху можна визначати, як описано вище, за двома варіантами. Провівши через водозабірну свердловину лінію з визначеним азимутом, вибираємо місце складування нижче за течією з урахуванням очікуваного розміру зони забруднення (рисунок 4).



Св – водозабірна свердловина; А, Б, В – допоміжні свердловини;

Z – зона забруднення; 114,5; 113,5; 114 – п'езометричні відмітки статичних рівнів

Рис. 4. Схема для визначення місця складування шкідливих речовин відносно водозабірної свердловини

Висновки

1. Удосконалена методика, яка дозволяє спростити і прискорити прийняття рішень з визначення місця закладення експлуатаційних водяних свердловин, або за їх наявності визначити допустимі координати складування шкідливих речовин.
2. Запропонована методика забезпечить покращення якості розробки нормативних стандартів, якими передбачається вибір точок закладення свердловин [3].

Бібліографічний список

1. Белицкий А.С. Проектирование разведочно-эксплуатационных скважин для водоснабжения / А.С. Белицкий, В.В. Дубровский. – М.: Недра, 1974. – С.111-137.
2. Дудля Н.А. Техника и технология бурения гидрологических скважин / Дудля Н.А., Садовенко И.А., Земба А. – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2007.
3. Коцкулич Я.С. До вибору місця закладення свердловин для водопостачання і складування шкідливих речовин / Коцкулич Я.С., Волобуєв А.І., Слепко М.М. // Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції «Іноваційні технології буріння свердловин, видобування нафти і газу та підготовка фахівців для нафтогазової галузі», 3-6 жовтня 2012 р., с.120-121, Івано-Франківськ.

Надійшла до редколегії 11.11.13

А. И. Волобуев, Я. С. Коцкулич, М. М. Слепко

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, Украина

Усовершенствование методики выбора места закладки скважин для водоснабжения и складирования вредных веществ

Предложена методика выбора места закладки водяных скважин, которая предусматривает снижение вероятности поступления вредных веществ в продуктивный пласт с учетом места их складирования или обратной задачи по определению допустимой зоны складирования таких веществ при наличии эксплуатационных скважин. Методика предусматривает использование графического метода определения направления движения воды в продуктивном пласте с учетом информации о статических и пьезометрических уровнях в действующих скважинах.

Ключевые слова: скважина, водоснабжение.

A. I. Volobuev, Y. S. Kotskulych, M. M. Slepko

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Improved methods of choosing the place for wells drilling for water supply and storage of hazardous substances

The methods of choosing the place for water wells drilling is suggested, used to decrease the probability of harmful substances intake into productive bed taking into account the place of its storage or inverse problem on determination of the acceptable zone for such substances' storage with the availability of operating wells. The methodology involves the graphic method use to determine the water direction in the productive bed due to the information concerning the static piezometric levels in the near operating wells.

Keywords: well, water supply.