

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**



**ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра гідрогеології та інженерної геології**

**ОЦІНКА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД
ШЛЯХОМ РОЗЧЛЕНУВАННЯ ГІДРОГРАФА РІЧКИ**
Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Оцінка запасів підземних вод»

для студентів напряму підготовки 6.040103 Геологія

Дніпропетровськ
НГУ
2015

Оцінка природних ресурсів підземних вод шляхом розчленування гідрографа річки. Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Оцінка запасів підземних вод» для студентів напряму підготовки 6.040103 Геологія / І. О. Садовенко, Т.Д. Прокопенко, О.О. Подвігіна. – Д.: ДВНЗ Національний гірничий університет, 2014. – 25 с.

Автори:

І. О. Садовенко, доктор техн. наук, проф. (розд. 1, 2)

Т. Д. Прокопенко, канд. геол.-мін. наук, доц. (розд. 3, 4);

О.О. Подвігіна, канд. техн. наук, доц. (розд. 5, 6).

Затверджено до видання редакційною радою ДВНЗ «НГУ» (протокол № від 25.02.2015) за поданням методичної комісії напряму підготовки 6.040103 Геологія (протокол № 3 від 16.12.2014)

Призначено для виконання лабораторних робіт студентами напряму 6.040103 Геологія під час вивчення дисципліни «Оцінка запасів підземних вод».

Розглянуто особливості формування ємнісних запасів і динамічних ресурсів підземних вод, методика визначення природних запасів і ресурсів підземних вод. Наведено розрахунок витрати підземного потоку методом розчленування гідрографа річки.

Орієнтовано на підвищення ефективності виконання лабораторних робіт студентами.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри гідрогеології та інженерної геології д-р техн. наук, проф. Д.В. Рудаков.

Зміст

1. Загальні положення.....	4
2. Основні поняття та загальні положення кількісної оцінки запасів підземних вод	4
3. Визначення ємнісних запасів (ресурсів) підземних вод	13
4. Особливості формування динамічних ресурсів (запасів) підземних вод	15
5. Визначення витрати потоку на основі розчленування гідрографа загального стоку річки	17
6. Рекомендації для визначення природних запасів і ресурсів підземних вод.....	20
Список літератури.....	24

1. Загальні положення

Вода є одним із найважливіших природних ресурсів, який використовується в усіх сферах життя і діяльності людини. Невід'ємною складовою частиною водних ресурсів є підземні води, які широко використовуються для водопостачання, зрошення, як лікувальні (мінеральні води) та ін.

Особлива роль підземних вод для питного водопостачання пояснюється тим, що вони мають цілий ряд переваг перед поверхневими водами: краще захищені від забруднення і випарування, більш якісні, їх запаси меншою мірою залежать від сезонних і багаторічних змін клімату, у багатьох випадках їх можна отримати поблизу споживача.

Для використання підземних вод у різних цілях необхідно визначити їх кількість – запаси і ресурси. Оцінка запасів підземних вод полягає у визначенні кількості та якості води, яка придатна для використання в умовах, що створюються під впливом природних і антропогенних факторів з урахуванням екологічних обмежень. За результатами оцінки запасів виконується проектування та будівництво водозаборів підземних вод та обґрунтування можливості використання підземних вод для потреб у воді того чи іншого споживача.

2. Основні поняття та загальні положення кількісної оцінки запасів підземних вод

Поняття «запаси підземних вод» включає (об'єднує) різноманітні дані про кількість води, яка накопичується і витрачається в земній корі під впливом природних і антропогенних факторів. Найчастіше ми маємо справу з кількісною оцінкою запасів гравітаційної води, яка зосереджена у водоносних горизонтах і викликає інтерес як джерело водопостачання населених пунктів, промислових і сільськогосподарських об'єктів, отримання мінеральних і термальних вод, як сировина для вилучення цінних корисних компонентів (промислові води) тощо.

Кількісна оцінка запасів підземних вод здебільшого розглядається, як:

- 1) об'єм гравітаційної води у водоносному горизонті;
- 2) величина живлення підземних вод, що знаходить своє відображення у витраті підземного потоку (об'єм води, що проходить через поперечний перетин водоносного горизонту за одиницю часу);
- 3) витрата водозабірної споруди.

Об'єм підземних вод вимірюється в кубічних метрах (м^3), інколи в кубічних кілометрах (км^3). Витрати, як правило, приймаються до розгляду у вигляді об'ємів води за одиницю часу ($\text{м}^3/\text{рік}$, $\text{м}^3/\text{доб}$, $\text{м}^3/\text{год}$, л/доб, л/с тощо).

Загальні природні запаси (ресурси) підземних вод розглядаються як загальна кількість підземних вод, яка формується в межах тієї чи іншої водоносної системи під впливом природних і антропогенних факторів поза

зв'язком з їх експлуатацією. За генезою природні запаси (ресурси) поділяються на власне природні, антропогенні та природно-антропогенні.

Природні запаси - це запаси, які формуються в природних умовах, де відсутній вплив діяльності людини (антропогенних факторів).

Антропогенні запаси формуються під впливом діяльності людини (наприклад, на полях зрошення). У випадках, коли природні та антропогенні запаси неможливо розділити, їх називають *природно-антропогенними*.

За умовами знаходження підземних вод у водоносній системі запаси (ресурси) підземних вод поділяються на *ємнісні* та *динамічні*.

Ємнісні запаси характеризують об'єм (або масу) підземних вод, які вміщуються у водоносній системі (горизонті), заповнюючи пори і тріщини водовмісних порід, і можуть бути вилучені при зниженні напору.

Динамічні запаси (ресурси) - це сумарне живлення підземних вод за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, фільтрації з річок, каналів, водосховищ, надходження води із суміжних водоносних горизонтів, додаткового живлення підземних вод під впливом господарської діяльності (наприклад, на масивах зрошення). Динамічні запаси частково або повністю знаходять відображення у витраті підземного потоку.

Експлуатаційні запаси (ресурси) підземних вод (ЕЗПВ) формуються лише при експлуатації підземних вод. ЕЗПВ - підрахована за даними геологічного вивчення водних об'єктів кількість підземних вод, яка може бути видобута з надр раціональними за техніко-економічними показниками водозаборами в заданому режимі видобутку за умови відповідності якісних характеристик підземних вод вимогам їх цільового використання та допустимого ступеня впливу на довкілля протягом розрахункового терміну водокористування. Експлуатаційні запаси питних і технічних підземних вод слід підраховувати в межах родовищ або їх ділянок за даними геологічного вивчення надр, у тому числі за матеріалами дослідно-промислового видобутку, спеціальних досліджень або режимних спостережень на діючих водозаборах. Просторові межі родовищ та їх ділянок визначаються і обґрунтовуються, виходячи з гідрогеологічних умов фільтрації підземних вод, умов надро-, водо- та землекористування, і встановлюються під час державної експертизи експлуатаційних запасів підземних вод.

До джерел формування експлуатаційних запасів підземних вод відносяться природні, антропогенні, штучні (ємнісні та динамічні) й залучені запаси.

Ресурси питних і технічних підземних вод слід оцінювати в межах басейнів підземних вод, гідрогеологічних районів і окремих ділянок надр за даними спеціальних гідрогеологічних розрахунків, а також у межах розвіданих і попередньо розвіданих родовищ або їх ділянок як обсяги підземних водних ресурсів, що характеризують різницю між потенційними можливостями їх видобутку з надр і підрахованими експлуатаційними запасами.

Підрахунок та облік експлуатаційних запасів і оцінка ресурсів питних і технічних підземних вод проводяться за кожним видом вод окремо у відповідності до цільового їх призначення.

Видобування питних і технічних підземних вод може здійснюватись в умовах усталеного або неусталеного режимів фільтрації залежно від ступеня забезпеченості експлуатаційних запасів поновлювальними джерелами формування.

В умовах усталеного режиму видобутку експлуатаційні запаси питних і технічних підземних вод повністю забезпечуються поновлювальними джерелами формування. У зазначеному випадку експлуатаційні запаси підземних вод допускається підраховувати на необмежений термін використання за умови збереження джерел їх формування та збереження незмінності екологічного стану довкілля, що існував на момент підрахунку запасів.

В умовах неусталеного режиму фільтрації експлуатаційні запаси підземних вод не повністю забезпечуються поновлюваними джерелами формування. У такому випадку експлуатаційні запаси підземних вод належить підраховувати на обмежений термін водокористування. Розрахункове зниження рівня підземних вод у таких умовах не повинно перевищувати допустиме значення на кінець установленого терміну водокористування.

Якість підземних вод у процесі їх експлуатації може залишатися незмінною або змінюватися в часі як за усталеного, так і неусталеного режимах фільтрації. Потенційні зміни якості вод спричиняються гідродинамічними і гідрохімічними умовами формування експлуатаційних запасів родовища, наявністю джерел забруднення, умовами й обсягами видобування підземних вод.

За промисловим значенням експлуатаційні запаси питних і технічних підземних вод поділяються на такі групи: *балансові*, *умовно балансові* та *позабалансові* із невизначеним промисловим значенням.

Балансові запаси – це запаси, які на момент оцінки згідно з техніко-економічними розрахунками можна економічно ефективно видобути і використати при сучасній техніці і технології видобування та водопідготовки, що забезпечують дотримання вимог раціонального, комплексного їх використання і охорони навколишнього природного середовища. Умовами для зарахування запасів і ресурсів до балансових є визначена потреба в джерелах водопостачання, підтвердження можливості використання питних вод за цільовим призначенням органами державної санітарно-епідеміологічної служби.

Умовно балансові запаси – це запаси, ефективність видобутку і використання яких на момент оцінки не може бути однозначно визначена, а також запаси, що відповідають вимогам до балансових запасів, але з різних причин не можуть бути використані на момент оцінки.

Позабалансові запаси – це запаси, видобуток і використання яких на момент оцінки є економічно не доцільними, але в майбутньому вони можуть стати об'єктом промислового значення. Позабалансові запаси підраховуються, якщо доведені можливість їх залучення до експлуатації в майбутньому та збереження кількості і якості.

За ступенем геологічного вивчення експлуатаційні запаси питних і технічних підземних вод поділяються на дві групи: *розвідані* і *попередньо розвідані*.

Розвідані експлуатаційні запаси - це запаси питних і технічних підземних вод, кількість, якість, геологічні, гідрогеологічні, водогосподарські, гірничо-геологічні, еколого-геологічні та інші умови формування яких вивчені на рівні, достатньому для опрацювання проектів будівництва водозабірних споруд. Основні параметри підрахунку розвіданих експлуатаційних запасів визначаються за даними безпосередніх досліджень і вимірювань водоносної системи в межах родовища і на площі його впливу за щільною системою дослідних і спостережних водопунктів, у поєднанні з обмеженою екстраполяцією, обґрунтованою даними геологічних, гідрогеологічних, геофізичних, геохімічних та інших досліджень. Розвідані експлуатаційні запаси є основою для проектування водозабірних споруд і видобутку питних і технічних підземних вод. Розвідані експлуатаційні запаси питних і технічних підземних вод поділяються на категорії А і В за детальністю геологорозвідувальних робіт і достовірністю.

Запаси категорії А повинні задовольняти такі вимоги:

- потужність, будова й умови залягання водоносних горизонтів, положення рівнів підземних вод, літологічний склад і характер зміни фільтраційних властивостей водовмісних порід по площі і в розрізі, умови живлення і характер взаємозв'язку водоносних горизонтів, що оцінюються, з іншими горизонтами та поверхневими водами вивчені із детальністю, достатньою для достовірної кількісної оцінки джерел формування експлуатаційних запасів підземних вод і обґрунтування граничних умов, що приймаються під час підрахунку запасів;

- розрахункові гідрогеологічні параметри визначені за даними досвіду експлуатації підземних вод на родовищі, що оцінюється, або за даними дослідних відкачок (випусків); здійснена оцінка змінності цих параметрів по площі і в розрізі в межах зони впливу водозабору підземних вод;

- якість підземних вод вивчена за всіма показниками відповідно до вимог цільового їх використання; доведено, що впродовж розрахункового терміну водоспоживання якість води буде постійною або змінюватись у допустимих межах;

- оцінено вплив відбору підземних вод на існуючі водогосподарські об'єкти й навколишнє природне середовище на рівні, що дає змогу проектувати і здійснювати необхідні природоохоронні заходи;

- умови експлуатації підземних вод вивчені на рівні, що забезпечує отримання вихідних даних, потрібних для складання проекту розробки родовища.

Запаси категорії А належить визначати на розвіданих або таких, що розробляються, родовищах (ділянках) у відповідності до наміченої схеми нового або того, що реконструюється, водозабору в кількості:

- за фактичною продуктивністю діючого водозабору на родовищах 1-ї і 2-ї груп за умови підтвердження можливості збереження досягнутого

водовідбору і потрібної якості води в розрахунковий термін експлуатації, а також на родовищах 3-ї групи, якщо за час водовідбору досягнуто сталих гідродинамічного і гідрохімічного режимів;

- за розрахунковою продуктивністю діючих водозаборів у межах подвійної екстраполяції фактичного водовідбору на родовищах 1-ї групи;

- за розрахунковим дебітом випробуваних дослідними відкачками і суміжних з ними проектних виробок (вузлів виробок) у межах потрібної екстраполяції по площі розрахункових дебітів випробуваних виробок (вузлів виробок) на родовищах 1-ї групи і за розрахунковим дебітом випробуваних дослідними відкачками виробок (вузлів виробок) на родовищах 2-ї групи, якщо фактичний дебіт під час випробовування становить не менше половини проектного; розрахунковий дебіт має бути обґрунтований результатами дослідних випробувань;

- за фактичним дебітом виробок, які одночасно випробувані дослідно-експлуатаційними відкачками в умовах усталеного гідродинамічного і гідрохімічного режимів на родовищах 3-ї групи при підтвердженні можливості збереження цих режимів на розрахунковий термін експлуатації;

- за середньодобовим дебітом джерел імовірністю перевищення 95 %, якщо експлуатація передбачається шляхом прямого каптування джерел, або за середньорічним дебітом цих джерел імовірністю перевищення 95 %, якщо передбачається режим водовідбору, що відповідає режиму джерельного стоку за сезонами року; при цьому розрахункові дебіти джерел мають бути обґрунтовані результатами багаторічних спостережень за їх режимом.

Під час визначення необхідної тривалості спостережень за режимом джерельного стоку для обґрунтування підрахунку запасів потрібно враховувати його природну змінність для забезпечення належної точності розрахунків.

Під час підрахунку запасів підземних вод категорії А в розрахунковій схемі слід враховувати лише ті джерела формування експлуатаційних запасів, які достовірно встановлені й оцінені кількісно за досвідом експлуатації підземних вод або за даними розвідувальних гідрогеологічних робіт.

Запаси категорії В повинні задовольняти такі вимоги:

- потужність, будова й умови залягання водоносних горизонтів, положення рівнів підземних вод, літологічний склад і характер зміни фільтраційних властивостей водовмісних порід по площі і перетину, умови живлення і характер взаємозв'язку водоносних горизонтів, що оцінюються, з іншими горизонтами і поверхневими водами вивчені з детальністю, що дає змогу здійснити загальну кількісну оцінку джерел формування експлуатаційних запасів підземних вод, а також установити характер граничних умов, що приймаються під час підрахунку запасів;

- розрахункові гідрогеологічні параметри визначені за даними досвіду експлуатації підземних вод або за даними дослідних відкачок (випусків); установлені основні закономірності зміни цих параметрів по площі і в розрізі;

- якість підземних вод вивчена за всіма показниками відповідно до вимог їх цільового використання; доведено, що впродовж розрахункового терміну

водоспоживання якість води буде постійною або змінюватись у допустимих межах;

- розглянуто можливий вплив розробки родовища на існуючі водогосподарські об'єкти і навколишнє природне середовище з детальністю, що дає змогу проектувати і здійснювати необхідні природоохоронні заходи;

- умови експлуатації підземних вод вивчені на рівні, який забезпечує опрацювання технологічної схеми розробки родовища.

Запаси категорії В належить визначати на розвіданих або тих, що розробляються, родовищах (ділянках) відповідно до запланованої схеми нового або до схеми реконструкції діючого водозабору в кількості:

- за розрахунковою продуктивністю діючих водозаборів у межах потрібної екстраполяції фактичного водовідбору на родовищах 1-ї групи і подвійної екстраполяції фактичного водовідбору на родовищах 2-ї групи за умови підтвердження можливості збереження потрібної якості води впродовж розрахункового терміну експлуатації (за відрахуванням запасів категорії А);

- за розрахунковою продуктивністю діючих водозаборів, яка не перевищує фактично досягнутого водовідбору на родовищах 3-ї групи за умови підтвердження можливості збереження потрібної якості води впродовж розрахункового терміну експлуатації;

- за розрахунковим дебітом проектних виробок (вузлів виробок), віддалених на подвійну відстань від випробуваних на родовищах 1-ї групи і суміжних з випробуваними на родовищах 2-ї групи, якщо випробувані виробки (вузли виробок) обґрунтовують запаси категорії А;

- за фактичним дебітом виробок, які одночасно випробувані дослідно-експлуатаційними відкачками на родовищах 3-ї групи за умови підтвердження можливості одержання досягнутого дебіту і потрібної якості води на розрахунковий строк експлуатації;

- за середньодобовим дебітом джерел імовірністю перевищення 95 %, якщо експлуатація передбачається шляхом прямого каптування джерел, або за середньорічним дебітом цих джерел імовірністю перевищення 95 %, якщо передбачається режим водовідбору, який відповідає режиму джерельного стоку за сезонами року; при цьому розрахункові дебіти джерел мають бути обґрунтовані результатами спостережень за їх режимом упродовж не менше 1 року з використанням даних багаторічних спостережень за джерелами-аналогами.

Під час підрахунку запасів підземних вод категорії В у розрахунковій схемі враховуються тільки ті джерела формування експлуатаційних запасів, яким дана загальна кількісна оцінка за даними експлуатації підземних вод або за даними розвідувальних гідрогеологічних робіт.

Попередньо розвідані експлуатаційні запаси - це запаси питних і технічних підземних вод, кількість, якість, геологічні, гідрогеологічні, водогосподарські, гірничо-геологічні, еколого-геологічні умови формування яких вивчені на рівні, достатньому для визначення промислового значення родовища. Основні параметри підрахунку попередньо розвіданих експлуатаційних запасів оцінюються переважно на основі екстраполяції даних

безпосередніх досліджень і вимірів водоносної системи, виконаних у межах родовища і на площі його впливу за рідкою нерівномірною системою водопунктів. Екстраполяція обґрунтовується даними геологічного, гідрогеологічного, геофізичного, гідрохімічного та іншого вивчення надр, а також аналогією з розвіданими запасами (родовищами). Попередньо розвідані експлуатаційні запаси є основою для обґрунтування подальшої розвідки або дослідно-промислової розробки родовища підземних вод. Попередньо розвідані експлуатаційні запаси питних і технічних підземних вод поділяються на категорії C_1 і C_2 за детальністю геологорозвідувальних робіт і достовірністю.

Запаси категорії C_1 повинні задовольняти такі вимоги:

- потужність, будова й умови залягання водоносних горизонтів, положення рівнів підземних вод, літологічний склад і фільтраційні властивості водовмісних порід по площі і перетину з'ясовані на рівні, що дає змогу приблизно визначити граничні умови, які приймаються під час підрахунку запасів; джерела формування експлуатаційних запасів підземних вод визначені також приблизно або оцінені за аналогією з родовищами, що розробляються або розвідані;

- розрахункові гідрогеологічні параметри визначені за даними дослідних і пробних відкачок (випусків), приблизно з'ясовані основні закономірності змін цих параметрів по площі і перетину;

- якість підземних вод вивчена на рівні, що дає змогу обґрунтувати можливість їх цільового використання і зробити обґрунтовані припущення щодо їх кондиційності впродовж розрахункового терміну;

- умови експлуатації підземних вод вивчені на рівні, що дає змогу попередньо охарактеризувати основні особливості розроблення родовища, його вплив на навколишнє природне середовище для визначення принципових напрямів природоохоронних заходів.

Запаси категорії C_1 кількісно визначаються:

- за розрахунковою продуктивністю водозаборів, визначеною за обмеженим обсягом фактичних даних випробування виробок на родовищах 1-ї і 2-ї груп;

- за розрахунковою продуктивністю водозаборів на родовищах 1-ї і 2-ї груп (за відрахуванням запасів категорій А і В);

- за розрахунковим дебітом різночасно випробуваних виробок з урахуванням їх взаємодії і в межах приблизно встановленої величини забезпеченості експлуатаційних запасів на родовищах 3-ї групи;

- за розрахунковим дебітом виробок, які одночасно випробувані дослідно-експлуатаційними відкачками, у межах полуторної екстраполяції фактично досягнутого дебіту і приблизно встановленої величини забезпеченості експлуатаційних запасів на родовищах 3-ї групи (за відрахуванням запасів категорій А і В);

- за мінімальним добовим дебітом джерел, установленим за даними періодичних вимірювань у меженний період і приведеним до 95 % імовірності перевищення за даними спостережень за режимом джерел-аналогів або зміною різних метеорологічних факторів.

Запаси категорії C_2 повинні задовольняти такі вимоги:

- геологічна будова та гідрогеологічні умови родовища підземних вод установлені в загальних рисах за даними поодиноких розвідувальних виробок або за аналогією з більш вивченими ділянками цього чи іншого подібного родовища;

- якість підземних вод вивчена за поодинокими пробами і задовольняє вимоги їх цільового використання;

- рівень оцінки гідрогеологічних умов формування запасів дає змогу робити висновки щодо доцільності подальшого детальнішого їх вивчення.

Запаси категорії C_2 кількісно визначаються:

- за розрахунковою продуктивністю водозаборів на підставі даних випробування поодиноких виробок у межах загального балансу підземних вод;

- за аналогією гідрогеологічних умов з детальніше вивченими площами;

- за екстраполяцією від запасів більш високих категорій у межах загальної величини забезпеченості експлуатаційних запасів підземних вод.

Перспективні ресурси (категорія P_1) - це оцінена кількість підземних вод певної якості і цільового призначення у межах артезіанських басейнів, гідрогеологічних масивів, областей, районів, площ та ділянок поширення водоносних горизонтів (комплексів), перспективних для подальшого промислово-господарського освоєння, обсяги, якість, геологічні, гідрогеологічні, водогосподарські та інші умови формування яких вивчені на рівні, достатньому для визначення доцільності проведення пошукових та пошуково-оцінювальних робіт.

Перспективні ресурси є основою для проведення пошуково-оцінювальних робіт з метою виявлення нових родовищ підземних вод. При подальшому геолого-гідрогеологічному вивченні перспективні ресурси переводяться в експлуатаційні запаси за категоріями, що відповідають рівню їхнього вивчення. Перспективні ресурси враховуються при складанні схем комплексного використання й охорони надр. Перспективні ресурси є найбільш вивченою частиною прогнозних ресурсів.

Перспективні ресурси (категорія P_1) оцінюються за розрахунковою кількістю підземних вод, яка віддзеркалює можливості використання підземних вод стосовно проектної, а незадіяної частини - стосовно умовної схеми розташування водоспоживачів, з урахуванням природоохоронних обмежень та 85-відсоткової забезпеченості витрат (рівнів) підземних вод.

Розрахунки базуються на результатах різномасштабного геологічного й гідрогеологічного картування, гідрогеологічних, воднобалансових, геофізичних та гідрохімічних досліджень.

Прогнозні ресурси (категорія P_2) віддзеркалюють реальні можливості відбору підземних вод при раціональній схемі розміщення водозаборів і стабільних умовах їхньої експлуатації. Прогнозні ресурси можуть враховуватись при складанні схем комплексного використання підземних вод з метою удосконалення схеми розташування водозаборів підземних вод і раціонального використання водних ресурсів.

Ресурси оцінюють за результатами регіональних гідрогеологічних досліджень на основі загальних уявлень про умови їх формування на площі поширення продуктивного водоносного горизонту з відомими родовищами в межах гідрогеологічних регіонів, басейнів річок, окремих адміністративно-територіальних одиниць, площ, що оцінюються, а також за аналогією з більш вивченими територіями.

Прогнозні ресурси (категорія P_2) оцінюються за розрахунковою кількістю підземних вод, яка може бути отримана на території, що вивчається, на всій площі розповсюдження продуктивних водоносних горизонтів при відстанях між водозабірними спорудами, що забезпечують відносно повне використання всіх джерел формування підземних вод, при максимально можливих зниженнях рівня й розрахункових термінах експлуатації при дебітах проектних свердловин, які забезпечують потреби водоспоживачів на території, що оцінюється.

Розрахунки базуються на результатах різномасштабного геологічного й гідрогеологічного картування, гідрогеологічних, воднобалансових, геофізичних та гідрохімічних досліджень з урахуванням природоохоронних обмежень та обґрунтованої для відповідних природних умов забезпеченості витрат (рівнів) підземних вод.

Розвідані родовища (ділянки) питних і технічних підземних вод слід уважати підготовленими для промислового освоєння, якщо:

- балансові експлуатаційні запаси родовищ (ділянок) затверджені ДКЗ України.

- затверджені в установленому порядку балансові експлуатаційні запаси питних і технічних підземних вод на ділянках, що розвідані для задоволення першочергової потреби у воді, мають таке співвідношення категорій розвіданості (у відсотках):

Категорія запасів	Групи родовищ за складністю геологічної будови		
	1-ша група	2-га група	3-тя група
A + B	80	60	60
у тому числі A не менше	40	20	-
C₁	20	40	40

Балансові запаси, призначені для задоволення перспективної потреби у воді розвідані не нижче категорії C_1 .

До *штучних запасів* рекомендується відносити лише ту кількість води, яка надходить до водоносного горизонту внаслідок цілеспрямованих заходів з підживлення підземних вод, що відрізняє її від інших джерел антропогенного характеру (наприклад, за рахунок зрошення). Таке поділення приймається для більш цілеспрямованого вивчення цього джерела формування ЕЗПВ при розвідці і підрахунку запасів, а також проектуванні водозабірних споруд.

Залучені запаси формуються за рахунок лише тих джерел додаткового живлення водоносної системи, які не існували до початку експлуатації.

3. Визначення ємнісних запасів (ресурсів) підземних вод

Ємнісні запаси підземних вод являють собою масу вільної (гравітаційної) води, яка знаходиться в порах і тріщинах водоносних горизонтів. Частина ємнісних запасів, яка вміщується в напірних водоносних горизонтах за рахунок пружних властивостей води та порід і може бути отримана при зниженні напору, називається *пружними запасами*. Ємнісні запаси, які вміщуються у водоносних горизонтах у безнапірних умовах і можуть бути отримані за рахунок осушення порід або при заміщенні вихідної води водою іншого складу (інтрузія морських солоних вод під час роботи водозабірних споруд), називаються *гравітаційними запасами*. Ємнісні запаси прийнято виражати в одиницях об'єму.

Безнапірні водоносні горизонти вміщують ємнісні гравітаційні запаси, у напірних водоносних горизонтах наявні як гравітаційні, так і пружні запаси.

Ємнісні запаси визначаються геометричними розмірами і ємнісними параметрами водоносної товщі.

Гравітаційна ємність характеризується *коефіцієнтом гравітаційної водовіддачі* μ в разі осушення водоносного пласта або коефіцієнтом нестачі насичення при заповненні (насиченні) пор чи тріщин водою. Величина коефіцієнтів гравітаційної водовіддачі й нестачі насичення являє собою відношення зміни об'єму води в горизонті (ΔV) до осушеного або насиченого при цьому об'єму породи (V):

$$\mu = \frac{\Delta V}{V} \quad (3.1)$$

За результатами дослідних відкачок коефіцієнт водовіддачі визначається за залежностями М.М. Біндемана [1] і М.І. Дробнохода [3]:

$$\mu = 0,358 \frac{Qt_y}{r_1^2(S_1 - S_2)} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^{\frac{2S_1}{S_1 - S_2}} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (3.2)$$

де Q - дебіт свердловини, м³/доб; t_y - час досягнення сталого режиму, доб; r_1 і r_2 - відстань від центральної свердловини до першої і другої спостережної свердловини, відповідно; S_1 і S_2 - зниження рівня підземних вод по спостережним свердловинам.

$$\mu = \frac{Qt_y}{2\pi S_{cp} R_y^2} \quad (3.3)$$

де R_y - радіус впливу, який визначається за допомогою формули $\ln R_y = \frac{S_1 \ln r_2 - S_2 \ln r_1}{S_1 - S_2}$, м; S_{cp} - середнє зниження рівня підземних вод в межах депресійної воронки, що дорівнює $S_{cp} = h - h_{cp}$, де h - потужність водоносного горизонту у непорушених умовах, м; h_{cp} - середньозважене значення потужності водоносного горизонту в межах воронки депресії

$$h_{cp} = h \left[1.5 - \frac{\frac{h^I}{h} + \ln \frac{r_c}{R_y}}{2 \left(1 + \ln \frac{r_c}{R_y} \right)} \right], \quad (3.4)$$

де $h^I = h_0 - S_0$ – потужність горизонту на момент часу t_y при проведенні відкачки.

У безнапірних водоносних горизонтах величина гравітаційних ємнісних запасів безперервно змінюється у зв'язку з добовими, річними, багаторічними коливаннями вільного дзеркала ґрунтових вод під впливом різноманітних метеорологічних і гідрологічних факторів – клімату, режиму річок тощо. Тому для безнапірних горизонтів розрізняють максимальні гравітаційні запаси, які відповідають найвищому положенню рівня ґрунтових вод; мінімальні, які визначаються об'ємом горизонту при найнижчому рівні ґрунтових вод; середні, а також запаси різної забезпеченості (наприклад, 95% забезпеченості). Максимальні гравітаційні запаси (площа досліджень F) визначаються за залежністю

$$V_{z_{max}} = F h_{max} \mu. \quad (3.5)$$

Мінімальні гравітаційні запаси визначаються за залежністю

$$V_{z_{min}} = F h_{min} \mu. \quad (3.6)$$

Об'єм гравітаційної води, яка знаходиться в зоні коливань рівня ґрунтових вод, тобто вище найнижчого положення вільного дзеркала, називають *регульовальними запасами*. Термін «регульовальні запаси» впроваджений у зв'язку з тим, що об'єм гравітаційної води регулює витрати потоку підземних вод. Регульовані запаси – це частина ємнісних запасів ґрунтових вод, тому їх визначають за формулою:

$$V_{z_{рег}} = \mu V_p, \quad (3.7)$$

де $V_{z_{рег}}$ – регульовальні запаси ґрунтових вод; V_p – об'єм водоносної товщі між даним і найнижчим положенням рівня ґрунтових вод.

При розрахунках як показник гравітаційної ємності пластів, а іноді як аналог гравітаційної водовіддачі, приймається значення безрозмірного коефіцієнта активної пористості n_a . Він являє собою відношення об'єму пор і тріщин V_a , через який здійснюється фільтрація води, до об'єму породи V :

$$n_a = \frac{V_a}{V} \quad (3.8)$$

Показником пружної ємності пласта є *коефіцієнт пружної водовіддачі* μ^* . Цей коефіцієнт являє собою зміну об'єму води при одиничній зміні напору в елементі пласта одиничної площі і висотою, яка дорівнює потужності пласта. З цього випливає, що

$$\mu^* = m \beta^* \quad (3.9)$$

де m – потужність пласта, β^* – коефіцієнт об'ємного стиснення (розширення) породи, що характеризує пружні характеристики води і породи.

Коефіцієнт пружної водовіддачі є безрозмірним параметром і, за аналогією з коефіцієнтом гравітаційної водовіддачі, являє собою відношення об'єму води V_y , яка виділяється з водоносного пласта при зниженні напору за

рахунок пружних властивостей води і деформації гірських порід, до об'єму депресії V_∂ , яка сформувалася при цьому:

$$\mu^* = \frac{V_y}{V_\partial} \quad (3.10)$$

Значення коефіцієнта пружної водовіддачі μ^* для пухких порід складають $10^{-3} \dots 10^{-4}$, для тріщинуватих порід – $10^{-4} \dots 10^{-6}$.

Слід відзначити, що гравітаційні запаси напірних водоносних горизонтів у часі практично постійні.

Коефіцієнт пружної водовіддачі розраховується за залежністю М.І. Дробнохода

$$\mu^* = \frac{Qt_y}{2\pi S_{cp} R_y^2} \quad (3.11)$$

де Q - дебіт свердловини, м³/доб; t_y - час досягнення сталого режиму, доб; R_y - радіус впливу, м; S_{cp} - середнє зниження рівня підземних вод в межах депресійної воронки, м.

Радіус впливу визначається за допомогою формули

$$\ln R_y = \frac{S_1 \ln r_2 - S_2 \ln r_1}{S_1 - S_2}, \quad (3.12)$$

Середнє зниження рівня підземних вод в межах депресійної воронки дорівнює

$$S_{cp} = \frac{S_0}{2 \ln \frac{R_y}{r_c}}, \quad (3.13)$$

де S_0 - зниження рівня підземних вод у центральній свердловині, м; r_c - радіус центральної свердловини.

Пружні запаси підземних вод розраховуються за залежністю

$$V_y = \mu^* F H'_{cp}, \quad (3.14)$$

де H'_{cp} - середній тиск над покрівлею.

4. Особливості формування динамічних ресурсів (запасів) підземних вод

Динамічні запаси підземних вод являють собою величину сумарного відновлюваного живлення підземних вод і дорівнюють сумі всіх прибуткових елементів водного балансу в межах водоносної системи (водоносний горизонт, басейн, район тощо).

Середньобагаторічне живлення підземних вод чисельно дорівнює сумарному розвантаженню підземних вод, що може бути виражене таким балансовим рівнянням:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = \sum_{j=1}^N Q_j \quad (4.1)$$

де Q_i - витрата i -того ($i=1,2,\dots,n$) джерела живлення підземних вод; Q_j - витрата j -тої ($j=1,2,\dots,N$) складової розвантаження підземних вод.

Практично завжди живлення підземних вод істотно змінюється у часі, зазнаючи добових, сезонних і багаторічних коливань. Ємнісні запаси відіграють

регулюючу роль у будь-якій гідрогеологічній системі, компенсуючи тією чи іншою мірою нерівномірність живлення в часі. Величина регулюючої ємності водоносних систем визначає ступінь інертності системи по відношенню до збалансованості живлення і розвантаження у часі.

Характеризуючи динамічні запаси (ресурси) часто використовують поняття «*підземний стік*» і «*підземний стік у річки*».

Підземний стік ($Q_{п.с}$) являє собою витрату підземного потоку в тому чи іншому перетині водоносної системи, забезпечений живленням на площі, яка розташована вище по потоку від цього перетину. На відміну від динамічних запасів підземний стік кількісно відображає не загальне живлення гідрогеологічної системи, яка розглядається, а лише ту частину сумарного живлення, яка залишається за мінусом розвантаження підземних вод на площі вище розрахункового перетину потоку.

Підземний стік у річки ($Q_{п.с.р}$) являє собою ту частину підземного стоку, яка розвантажується в річки. Враховуючи, що можуть бути й інші види розвантаження (наприклад, латеральний відтік, випаровування тощо), підземний стік у річки, як правило, менший, ніж підземний стік. Ця різниця визначається ступенем гідродинамічної недосконалості русел або ступенем дренажу річкою водоносної системи.

Формування динамічних запасів підземних вод – це природно-історичний процес надходження, змін і витрат води в літосфері в природних і порушених антропогенною діяльністю умовах. У вивченні цього процесу виділяються три основні виміри: гідрогеодинамічний, гідрогеохімічний, гідрогеотермічний.

Гідрогеодинамічний вимір передбачає якісну і кількісну оцінку живлення, руху і розвантаження підземних вод. Гідрогеохімічний і гідрогеотермічний виміри пов'язані з вивченням властивостей і складу підземних вод.

Динамічні ресурси (запаси) вимірюються в одиницях витрати (л/с, м³/доб, км³/рік). Крім того, вони можуть бути представлені величиною стовпчика води (h_{cm}), яка надходить до водоносного горизонту одиницю часу (мм/доб, мм/рік, м/рік). Для характеристики динамічних запасів використовують модуль динамічних запасів M_0 , який характеризує величину живлення водоносного горизонту (або системи водоносних горизонтів) на одиничній площі його поширення. Ця величина вимірюється в л/с·км² і пов'язана із потужністю шару води залежністю

$$M_0 = 0,0317 h_{cm}, \quad (4.2)$$

де h_{cm} - потужність шару води, яка йде на живлення підземних вод, мм/рік.

Модуль динамічних запасів M_0 визначається як для окремого водоносного горизонту, так і для системи водоносних горизонтів балансового району, окремої ділянки району, басейну стоку за формулою:

$$M_0 = Q_0 / F, \quad (4.3)$$

де Q_0 – динамічні запаси, л/с, які формуються на площі F , км².

Для визначення динамічних запасів підземних вод застосовуються методи, які можна об'єднати у три групи:

- 1) методи визначення живлення підземних вод;
- 2) методи визначення розвантаження підземних вод;

3) методи визначення витрати потоку підземних вод.

При визначенні величини динамічних запасів за сумарним живленням підземних вод використовується залежність:

$$Q_a = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i F_i + Q_0 \quad (4.4)$$

де ε_i - інтенсивність живлення підземних вод за рахунок i -того джерела живлення; F_i - площа, на якій відбувається живлення за рахунок i -того джерела; Q_0 - притік із суміжних систем (притік із боку).

Об'єктом оцінки динамічних запасів може виступати гідрогеологічний район, водоносна система, водоносна структура або окремий водоносний горизонт (комплекс).

Багаторічний період живлення характеризується середньобагаторічною величиною, яка чисельно дорівнює розвантаженню, оскільки прибуткові й витратні статті у природних умовах збалансовані. У зв'язку з наведеним динамічні запаси можуть бути визначені також за сумою витратних елементів їх балансу (фізичне випарування і транспірація, джерельний стік, фільтрація в поверхневі водотоки і водойми, відтік у сусідні водоносні системи).

5. Визначення витрати потоку на основі розчленування гідрографа загального стоку річки

Як відомо, річний стік формується за рахунок поверхневого і підземного стоку. Вивчення закономірностей підземного стоку до річок дозволило знайти спосіб його виділення на гідрографі річки та розробити метод регіональної оцінки природних ресурсів підземних вод зони інтенсивного водообміну.

Гідрограф річки – це графік зміни в часі витрат води в річці за рік, декілька років або частину року (сезон, повінь або паводок). Гідрограф будується на підставі даних про щоденні витрати води в місці спостереження за річним стоком. На осі ординат відкладається величина витрати води, на осі абсцис - відрізки часу.

Підземний стік у районах з постійно діючою гідрографічною мережею формується під дренажним впливом річкових систем. Отже, ресурси підземних вод можуть бути охарактеризовані величиною підземного стоку до річки, яка визначається на основі генетичного розчленування гідрографа загального стоку річок. Це досягається шляхом аналізу конкретної гідрогеологічної обстановки річкового басейну і гідрографа річки, із загального річкового стоку виділяється підземна складова живлення річки.

Підземний стік набуває особливого значення в режимі річок влітку і взимку (межень), коли річки в основному живляться підземними водами. Тому в межень витрата річки в будь-якому створі являє собою загальну кількість підземних вод, що стікають з площі річкового басейну вище цього створу.

Для регіональної оцінки природних ресурсів підземних вод з використанням методу розчленування гідрографа річки не потрібно проведення польових розвідувальних і дослідних робіт. Для цього використовують матеріали Гідрометеослужби. Оскільки для багатьох річкових

басейнів є дані по стоку за багаторічний період спостережень, використання методу розчленовування гідрографа річки для визначення підземного стоку дає можливість отримати надійні середньобагаторічні кількісні характеристики природних ресурсів підземних вод зони інтенсивного водообміну.

Динаміка підземного стоку окремих водоносних горизонтів, що дрениються річкою, визначається ступенем гідравлічного зв'язку цих горизонтів з річкою. Схеми розчленування гідрографів річок розглядаються для наступних умов живлення річок підземними водами:

1. річка отримує живлення за рахунок ґрунтових вод, які мають постійний гідравлічний зв'язок з нею;
2. річка отримує живлення за рахунок ґрунтових вод, які не мають постійного гідравлічного зв'язку з нею;
3. річка отримує змішане ґрунтове живлення з водоносних горизонтів, при цьому частина горизонтів має з нею гідравлічний зв'язок, а частина – ні;
4. річка отримує живлення за рахунок ґрунтових і артезіанських вод.

Під ґрунтовими водами, в даному випадку, розуміють усі безнапірні і з місцевим напором підземні води, які розкриваються ерозійної мережею, дрениються річками, ярами або озерами і формують ґрунтовий стік.

Стік глибоких артезіанських вод у річки, на відміну від стоку ґрунтових вод, характеризується значною стабільністю режиму. Його величина в часі не має таких коливань, які характерні для ґрунтового стоку. Величина стоку артезіанських вод може бути визначена балансовим або гідравлічним методами.

Розглянемо методику розчленовування гідрографа річки для випадку, коли річка отримує живлення з водоносних горизонтів, які мають з нею постійний гідравлічний зв'язок. Характер гідравлічного зв'язку ґрунтового потоку з річкою в межень і повінь показано на рис.1.

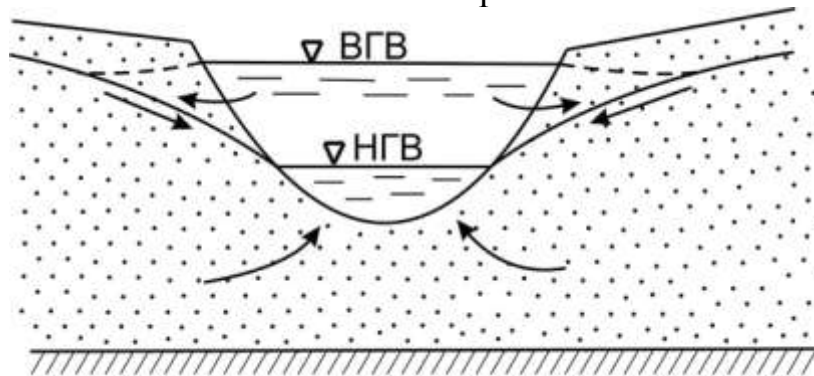


Рис. 1. Схема постійного гідравлічного зв'язку водоносного горизонту з річкою

При розчленовуванні гідрографа керуємося наступними положеннями:

1) в меженний період живлення річки здійснюється головним чином за рахунок ґрунтових вод (витрата річки дорівнює стоку ґрунтових вод з площі водозбору вище гідрометричного створу, ділянка А-В, Е-М і N-L рис.2);

2) при підвищенні рівня води в річці спостерігається зменшення гідравлічних ухилів і витрат підземних вод у річку (явище підпору). В період весняної повені в прибережній зоні утворюються зворотні гідравлічні ухили ґрунтового потоку. У період спаду, коли рівень в річці швидко падає, дзеркало

грунтового потоку знову набуває нахил до річки та її підземне живлення знову відновлюється. На гідрографі річки період відсутності підземного її живлення в даному створі виділяється прямими вертикальними лініями ВС і EG, проведеними через точки гідрографа, що відповідають початку і закінченню повені;

3) при досить великій довжині річки в створі вимірювальної станції можуть проходити ґрунтові води, що дренуються у верхній частині річкового басейну, тобто води надійшли в русло річки вище створу до початку повені на даній ділянці (точка В). Знаючи швидкості течії в пік повені і відстань від верхів'я до гідрометричного створу, можна знайти час t , протягом якого ґрунтові води будуть стікати з найвіддаленіших частин басейну після початку повені. Визначивши час, знаходять точку Д, відповідну даті закінчення проходження цих вод через створ. З початком повені у верхів'ї річки витрата ґрунтових вод, що проходять через створ транзитом, буде зменшуватися. Це зниження відображається на гідрографі прямою ВД;

4) повінь у верхів'ї річки закінчується раніше, ніж повінь на ділянці розглянутого створу. Після закінчення повені у верхів'ї річки в неї тут знову почнуть надходити ґрунтові води, які досягнуть розрахункового створу через час t . Знаючи дату закінчення повені у верхів'ї річки і додавши до неї час t , знаходять на гідрографі точку, що відповідає даті проходження через створ ґрунтових вод, які надійшли в річку після закінчення повені у верхній її частині. При цьому збільшення ґрунтового потоку у часі відображається на гідрографі прямою FE. Із закінченням повені в створі вимірювальної станції (точка Е) річка знову переходить на підземне живлення;

5) у період літніх і осінніх паводків підземний стік у річку не припиняється, відбувається лише зменшення його величини. Тому ґрунтовий потік відділяється на гідрографі від поверхневого паводком лінією MN, що відбиває зменшення стоку ґрунтових вод в річку на початку паводка і подальше його збільшення до часу закінчення паводку.

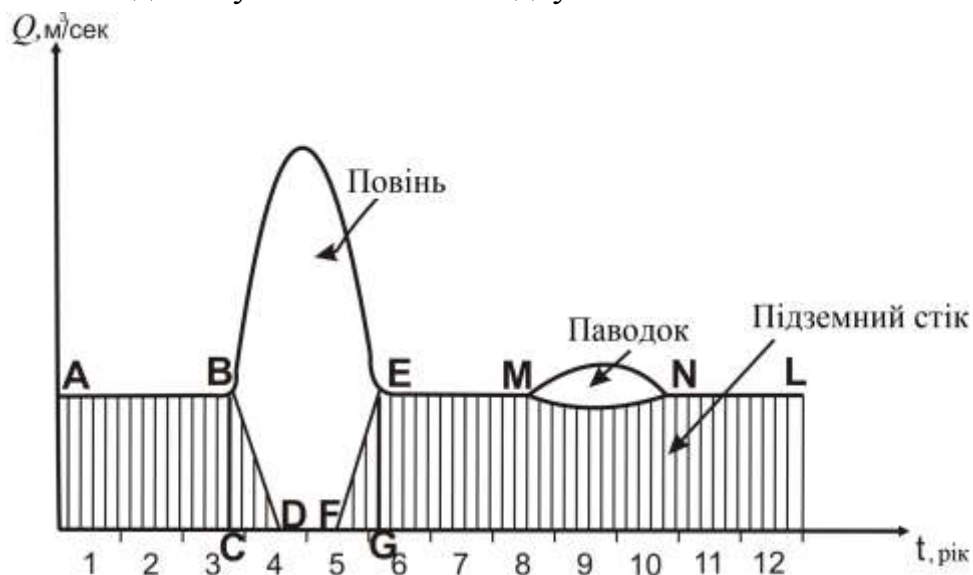


Рис. 2. Виділення на гідрографі підземного стоку з водоносних горизонтів, які мають гідравлічний зв'язок з річкою

Площа, що обмежена на гідрографі річки віссю абсцис (час) і крайніми ординатами (витратою), дорівнює обсягу загального стоку річки за відповідний період часу. Площа F_c , що обмежена координатними осями і лінією гідрографа підземного стоку, одержаного при розчленуванні гідрографа загального стоку річки, буде дорівнювати обсягу підземного стоку за досліджуваний час.

Об'єм підземного стоку, виділеного в нижній частині розчленованого гідрографа річки, обчислюють за допомогою планіметрування. Спочатку розраховують масштабний коефіцієнт стоку m_c шляхом множення масштабу витрати m_p на масштаб часу m_e , які прийняті при побудові гідрографа

$$m_c = m_p \cdot m_e \quad (5.1)$$

Цей коефіцієнт чисельно дорівнює обсягу стоку, відповідного одиниці площі гідрографа.

Визначивши площу за допомогою планіметрії, знаходять обсяг підземного стоку в м^3 за рік

$$Q_n = m_c \cdot F_c, \quad (5.2)$$

який характеризує річну витрату підземних вод зони дренивання, що надходить в річку з площі підземного водозбору вище створу виміральної станції.

Характеристиками величини підземного стоку є модуль, шар і коефіцієнт підземного стоку. Середньорічний модуль підземного стоку обчислюється за формулою

$$M_o = \frac{1000 \cdot Q_e}{F_n \cdot 31 \cdot 10^6} \quad (5.3)$$

де Q_e – підземний стік за рік, визначений за гідрографом, $\text{м}^3/\text{рік}$; F_n – площа водозбору підземних вод, км^2 ; 1000 – перехідний коефіцієнт від м^3 до літрів; $31 \cdot 10^6$ – число секунд у році.

6. Рекомендації для визначення природних запасів і ресурсів підземних вод

На прикладі розглянемо методику визначення природних запасів і ресурсів підземних вод (за різницею меженних витрат річки в двох створах і за витратою підземного потоку).

Дослідна ділянка знаходиться у долині річки (Рис.3). Правий схил долини річки складений корінними породами (щільними глинами). Лівий схил складений алювіальними пісками потужністю 10...16 м. У пісках знаходиться водоносний горизонт, потужність якого змінюється від 8 м до 12 м. Коефіцієнт фільтрації пісків 10 м/доб, коефіцієнт водовіддачі 0,1. Потік ґрунтових вод має напрямок до річки, яка на дослідній ділянці повністю дрениє підземні води. У межах дослідної ділянки на річці знаходяться два водомірних поста. У меженний період на цих постах були заміряні витрати річки: $Q_1 = 72$ л/с і $Q_2 = 57,8$ л/с.

Для визначення природних запасів підземних вод на карті гідроізогіпс необхідно визначити площу підземного водозбору, що обмежена річкою між водомірними постами, лініями току, що проведені від водомірних постів до

лінії підземного вододілу та лінією підземного вододілу. Площа підземного водозбору в даному випадку складає 40,1 км².

Природні запаси ґрунтових вод V_e у межах площі водозбору визначаємо за формулою

$$V_e = \mu V$$

де V – об'єм водоносного пласта, м³; μ – коефіцієнт водовіддачі.

Для розрахунку об'єму водоносного пласта спочатку визначаємо площі зон f з різною потужністю пласта, після цього множимо площу зони на середню потужність пласта h_{cp} і складаємо отримані дані:

$$V = f_1 h_{cp1} + f_2 h_{cp2} + f_3 h_{cp3}.$$

Отримуємо $f_1=4,3$ км², $h_{cp1}=8$ м, $f_2=31,2$ км², $h_{cp2}=10$ м, $f_3=4,6$ км², $h_{cp3}=12$ м. Тоді об'єм водоносного пласта складає

$$V = (4,3 \cdot 8 + 31,2 \cdot 10 + 4,6 \cdot 12) \cdot 10^6 = 4,02 \cdot 10^8 \text{ м}^3.$$

Природні запаси ґрунтових вод на площі підземного водозбору складають $V_e = 0,1 \cdot 4,02 \cdot 10^8 = 4,02 \cdot 10^7 \text{ м}^3$.

Природні ресурси підземних вод визначаємо гідрометричним (за різницею меженних витрат річки в двох створах) та гідродинамічним (за витратою підземного потоку) методами.

Гідрометричний метод. Оскільки ґрунтовий потік існує тільки на лівобережжі річки (правий берег складний глинами), приріст витрат річки в межень між створами 1 і 2 буде визначатися тільки розвантаженням потоку ґрунтових вод з лівобережжя. Ця різниця витрат річки становить

$$\Delta Q = 72 - 57,8 = 14,2 \text{ л/с.}$$

При площі водозбору 40,1 км² модуль підземного стоку буде дорівнювати

$$M_\sigma = \frac{\Delta Q}{F} = \frac{14,2}{40,1} = 0,35 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2.$$

Гідродинамічний метод. Для визначення природних ресурсів за витратою підземного потоку, що формується на площі підземного водозбору, приймається розрахунковий переріз потоку по найближчій до річки гідроізогіпсі з відміткою 20 м (див. рис.3). Ширина потоку ґрунтових вод B між водомірними постами по цій гідроізогіпсі дорівнює 5,7 км, середня потужність потоку $h_{cp} = 10$ м. Визначаємо середній ухил потоку підземних вод між гідроізогіпсами з відмітками 20 і 21 м. При середній відстані між гідроізогіпсами 500 м ухил потоку I_{cp} дорівнює 0,002. Витрата потоку ґрунтових вод визначається за формулою

$$Q_n = k I_{cp} \cdot h_{cp} \cdot B = 10 \cdot 0,002 \cdot 10 \cdot 5700 = 1140 \text{ м}^3/\text{добу або } 13,2 \text{ л/с.}$$

Модуль підземного стоку буде дорівнювати

$$M_\sigma = \frac{\Delta Q}{F} = \frac{13,2}{40,1} = 0,33 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2.$$

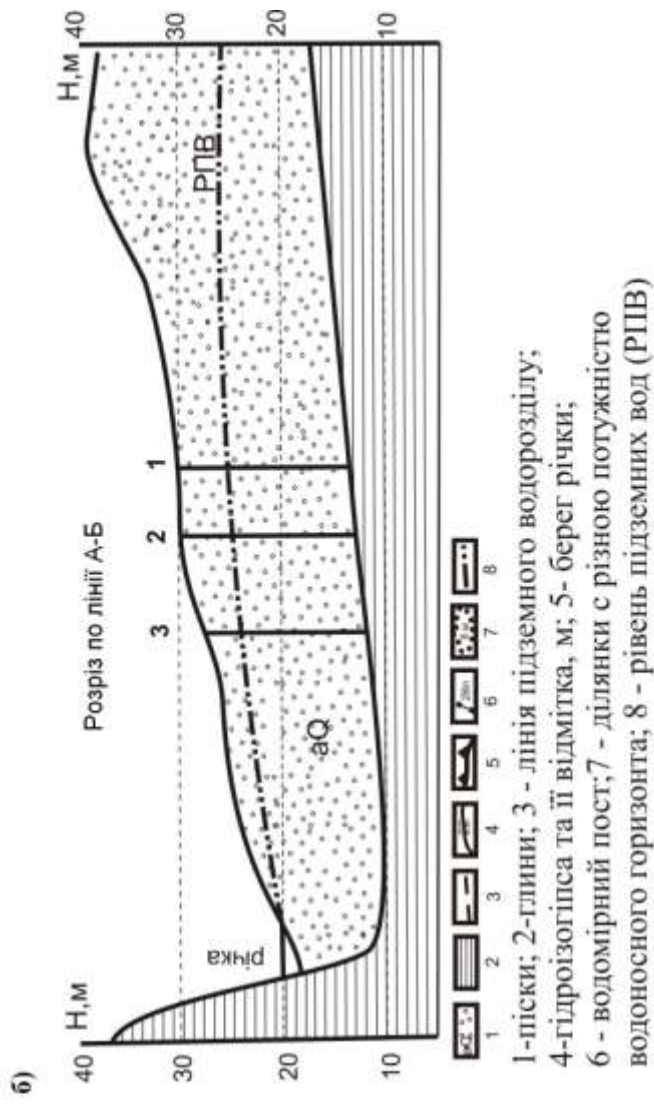
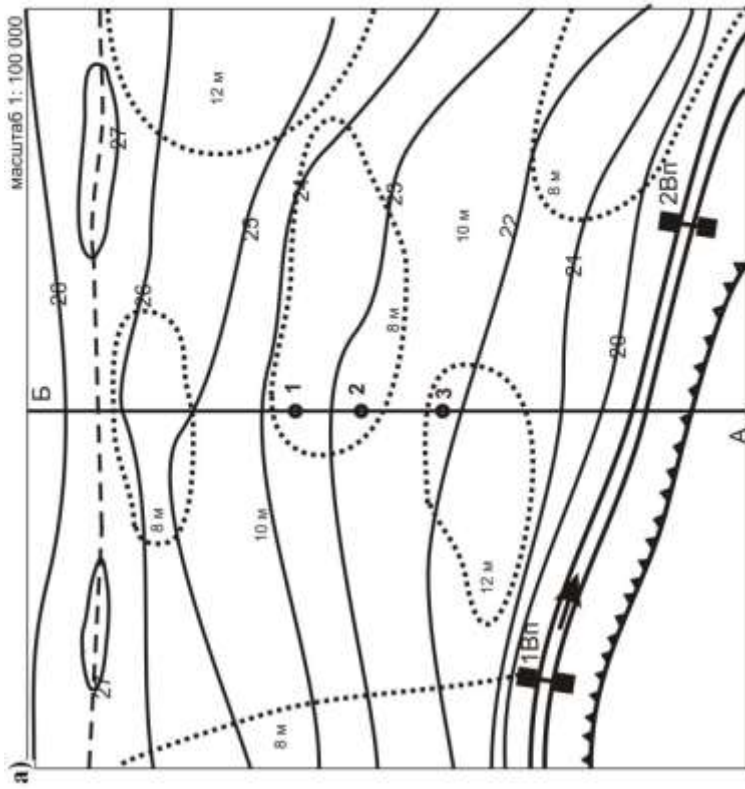


Рис.3. а) Карта гідрозоопіса і потужності водоносного горизонту на ділянці розвідки
 б) Гідрогеологічний розріз

На прикладі оцінимо природні ресурси підземних вод річки шляхом розчленування гідрографа цієї річки.

Загальна площа басейну річки F складає 710 км^2 . Для розчленування гідрографа були використані дані спостережень за дебітом джерела (табл.1).

Таблиця 1

Дані спостережень за дебітом джерела

місяць	дебіт джерела, л/с	коефіцієнт динамічності, k	витрата підземного стоку в річку, Q_n , $\text{м}^3/\text{с}$	місяць	дебіт джерела, л/с	коефіцієнт динамічності, k	витрата підземного стоку в річку, Q_n , $\text{м}^3/\text{с}$
1	9,6	1,2	1,2	7	11,2	1,4	1,4
2	9,2	1,15	1,15	8	9,6	1,2	1,2
3	8,0	1,0	1,0	9	10,4	1,3	1,3
4	10,0	1,25	1,25	10	11,2	1,4	1,4
5	13,6	1,7	1,7	11	11,2	1,4	1,4
6	12,0	1,5	1,5	12	10,0	1,25	1,25

Мінімальний дебіт джерела спостерігався в березні й склав 8 л/с . Ставлення середньомісячних значень дебіту джерела до його мінімального дебіту дає коефіцієнт динамічності підземного стоку k . Множачи мінімальну меженну витрату річки ($Q_{min} = 1,0 \text{ м}^3/\text{с}$ у березні) на коефіцієнт динамічності підземного стоку, одержимо витрати підземного стоку Q_n за кожен місяць. Відклавши ці значення на гідрографі річки і з'єднавши їх прямою лінією, виділимо підземний стік (див. рис.2).

Розрахуємо масштабний коефіцієнт стоку m_c (за формулою 5.1), який чисельно дорівнює обсягу стоку, відповідного одиниці площі гідрографа:

$$m_c = 1,0 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 86400 \text{ с} = 2,628 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

За допомогою планіметра визначимо площі, що відповідають загальному річковому стоку ($F_{заг} = 20,6 \text{ см}^2$) і підземному стоку ($F_n = 15,7 \text{ см}^2$).

Множачи площі $F_{заг}$ і F_n на масштабний коефіцієнт стоку m_c , отримуємо відповідно об'єм загального річкового стоку $w_{заг}$ і об'єм підземного стоку w_n за рік:

$$w_{заг} = 20,6 \cdot 2,628 \cdot 10^6 = 5,41 \cdot 10^7 \text{ м}^3;$$

$$w_n = 15,7 \cdot 2,628 \cdot 10^6 = 4,13 \cdot 10^7 \text{ м}^3.$$

Розрахуємо модуль підземного стоку, враховуючи, що в році $31,54 \cdot 10^6 \text{ с}$

$$Q_n = \frac{w_n}{T} = \frac{4,13 \cdot 10^7}{31,54 \cdot 10^6} = 1,31 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$M_\sigma = \frac{Q_n \cdot 10^3}{F} = \frac{1,31 \cdot 10^3}{710} = 1,84 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2.$$

Таким чином, за допомогою гідрографа річки маємо можливість достатньо точно визначити величину підземного стоку і модуль підземного стоку.

Список літератури

1. Биндеман Н.Н. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод [Текст] / Н.Н. Биндеман. – М.: Госгеоиздат, 1963. – 204 с.
2. Биндеман Н.Н. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод [Текст] / Н.Н. Биндеман, Л.С. Язвин. – М.: Недра, 1970. – 215 с.
3. Дробноход Н.И. Оценка запасов подземных вод [Текст] / Н.И. Дробноход, Л.С. Язвин. – Киев: Вища школа, 1982. – 301 с.
4. Гавич И.К. Практикум по гидрогеологии [Текст] / Гавич И.К., Жемерикина Л.В., Крысенко А.М., Чумакова Д.М. – М.: Недра, 1995. – 253 с.
5. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод від 4 лютого 2000 р. Із змінами і доповненнями внесеними 10 листопада 2003 р., від 5 грудня 2005 р., від 1 листопада 2006 р.

Садовенко Іван Олександрович
Прокопенко Тетяна Дмитрівна
Подвігіна Олена Олегівна

ОЦІНКА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД ШЛЯХОМ РОЗЧЛЕНУВАННЯ ГІДРОГРАФА РІЧКИ

**Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Оцінка запасів підземних вод»**

для студентів напряму підготовки 6.040103 Геологія

Редактор

Підписано до друку __.__.__. Формат 30×42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,5.
Обл.-вид. арк. 1,5. Тираж ... прим. Зам. №

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.